

Efecto del cambio climático sobre la adaptación y diseminación de *Nacobbus aberrans* en Bolivia

Noel Ortuño ¹; Antonio Gandarillas ²; Pablo Franco ³; Jesus Sejas ⁴

¹ Responsable Laboratorio de AgroMicrobiología y Bioinsumos FCAyP-UMSS,

² Ex Director de PROINPA † ³ Coordinador BASF-Santa Cruz; ⁴ Consultor independiente

E - mail: n.ortuno@umss.edu.bo

Resumen. Ante los cambios del clima y con el fin de establecer la adaptación de nematodos de altura a las zonas de valle, se inóculo *Nacobbus aberrans* de zonas altas (3500 msnm) y zonas de valles o zonas bajas (1800 msnm); en ambas altitudes, tradicionalmente se cultiva papa. Se hicieron bioensayos en dos localidades de los valles y se replicó en dos localidades de la zona alta, utilizando cuatro variedades de papa, susceptibles al nematodo. En la zona alta se observó un ataque de 9 a 70 nódulos/planta; en la zona baja de 7 a 70 nódulos/planta. Posteriormente, en 100 parcelas de papa en 20 comunidades, se determinó que el 32% están infestadas con *N. aberrans*, con 1 a 25 nódulos/planta. Adicionalmente, se detectó como hospedantes, en los valles, a: betarraga (*Beta vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*), sandía (*Citrulus vulgaris*), lacayote (*Cucurbita* sp.), escariote (*Cucurbita pepo*) y pimentón (*Capsicum* sp.) y a las malezas verdolaga (*Portulaca oleracea*), cojo pollo (*Amaranthus* sp.), piqui pichana (*Schkunia pinnata*), quinoa silvestre (*Chenopodium* sp.), payk'o (*Chenopodium ambrosioides*), chamico (*Datura* sp.), puchun kora (*Polygonum lapatifolium*), kellu t'ica (*Gallisonga palviflora*), waych'a (*Senecio* sp.), lasth'a kora (no identificada) y la gramínea *Lolium* sp. Estos hechos demuestran que con el flujo de tubérculo-semilla de papa, infestada con *N. aberrans*, de zonas altas hacia los valles, el peligro de estar diseminando y dando opciones de una adaptación del nematodo, hacia otras zonas que no son hábitat original, es permanente.

Palabras clave: Nematodos; *Solanum tuberosum*; rosario de la papa; infestación en suelos

Abstract: Effect of Climate Change on the Adaptation and Spread of *Nacobbus aberrans* in Bolivia. In response to climate change and to determine the adaptation of high-altitude nematodes to valley regions, *Nacobbus aberrans* populations from high-altitude areas (3,500 m above sea level) and from valley or lowland areas (1,800 m above sea level) were inoculated. Potato is traditionally cultivated at both altitudes. Bioassays were conducted at two locations in the valleys and replicated at two locations in the highlands, using four potato varieties susceptible to the nematode. In the high-altitude zone, infestations ranging from 9 to 70 galls per plant were observed, while in the low-altitude zone, infestations ranged from 7 to 70 galls per plant. Subsequently, an assessment of 100 potato plots in 20 communities revealed that 32% were infested with *N. aberrans*, with 1 to 25 galls per plant. Additionally, in the valleys, the following crops were identified as hosts: beetroot (*Beta vulgaris*), cucumber (*Cucumis sativus*), watermelon (*Citrullus vulgaris*), lacayote (*Cucurbita* sp.), zucchini (*Cucurbita pepo*), and sweet pepper (*Capsicum* sp.). The weed hosts identified were purslane (*Portulaca oleracea*), pigweed (*Amaranthus* sp.), piqui pichana (*Schkuhria pinnata*), wild quinoa (*Chenopodium* sp.), payk'o

(*Chenopodium ambrosioides*), jimsonweed (*Datura* sp.), puchun kora (*Polygonum lapathifolium*), kellu t'ica (*Galinsoga parviflora*), waych'a (*Senecio* sp.), lasth'a kora (unidentified species), and the grass *Lolium* sp. These findings demonstrate that the movement of potato seed tubers infested with *N. aberrans* from high-altitude areas to valley regions poses a continuous risk of spreading the nematode and facilitating its adaptation to areas outside its original habitat.

Keywords: Nematode; *Solanum tuberosum*; potato false root-knot nematode; soil infestation

Introducción

Ante los cambios climáticos en el planeta, hay zonas que tienden a calentarse más en el verano y otras a enfriarse más en el invierno, este efecto está sucediendo en los valles interandinos (1800 msnm) de Bolivia, lo que puede estar estimulando a que micro organismos como los nematodos, estén en un proceso de adaptación a estas zonas, donde los inviernos fríos predisponen el ambiente para nematodos de altura (3500 msnm) y además tradicionalmente existen hospedantes que también predisponen el proceso de adaptación de las plagas a ambientes diferentes a los que normalmente tenían.

Los cambios ocurridos sobre los ecosistemas, están permanentemente influenciados por la variabilidad climática, generando cambios en un corto tiempo. Frente a esto, científicos del IPCC (2002), indican que los cambios en el clima pueden afectar la ubicación geográfica de los ecosistemas, la variedad de especies que contienen y la capacidad de éstos para aportar bienes y servicios, propiciando cambios estructurales de amplia magnitud en los ecosistemas.

Los principales efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, se verán reflejados en la rapidez y magnitud con que cambien los valores medios y extremos de los factores climáticos como la temperatura, precipitación y evapotranspira-

ción, entre otros, ya que se espera que el cambio climático sea más rápido que el proceso de adaptación y re-asentamiento de los ecosistemas. Estos cambios de las características de los suelos y de los regímenes de perturbación (factores que perturban la situación natural de los ecosistemas como los incendios, plagas o enfermedades), favorecerían el desarrollo de algunas especies más que otras, alterando la composición de los ecosistemas. Los cambios en la diversidad, composición, interacción y funcionamiento de los ecosistemas, provocan la pérdida de especies y aparición de otras. La alteración de la temperatura del agua, modifica el régimen de flujo y el nivel del agua en los ecosistemas acuáticos de tierra adentro. En los lagos y cursos de agua, los efectos biológicos del calentamiento serían una disminución de la calidad del agua, productividad biológica y hábitats, debido a la variabilidad de los cursos de agua en términos de duración de grandes crecidas y sequías. Estos fenómenos están sucediendo en todo el planeta y también en los valles de Bolivia.

Por otro lado, la semilla de papa (*Solanum tuberosum*) en Bolivia, es cultivada tradicionalmente en zonas altas superiores a los 3000 msnm, en la cual, gran parte de los suelos, están infestados por el nematodo del “rosario de la papa” *Nacobbus aberrans* (Franco, 1994).

El flujo de semilla de estas zonas altas (mayor a 3000 msnm.) ocurre normal-

mente hacia lugares bajos, productores de papa de consumo (Rojas *et al.*, 1997), como los valles mesotérmicos de Mizque y Campero, en el departamento de Cochabamba, con altitudes menores a 2000 msnm, temperatura promedio de 23°C y 800 mm/año de precipitación, donde se produce papa para consumo alimentario.

El hecho de utilizar semilla infestada con *N. aberrans*, conlleva el peligro permanente de estar diseminando el nematodo y que este se establezca en las zonas bajas y pueda parasitar a otros cultivos además de la papa (Otazú *et al.*, 1982; Rojas *et al.*, 1997; Ramos *et al.*, 1998).

El flujo de semilla y la diseminación del nematodo, pueden permitir la adaptación o la aparición de una raza en nuevos ecosistemas. Internacionalmente se han detectado razas de *N. aberrans* diferenciadas a través de la reacción en diferentes especies vegetales como el tomate, beta-ruga, chile, frijol, papa y otros (Toledo *et al.*, 1993), manifestándose estas reacciones diferentes en ecosistemas diferentes donde se desarrollan cada uno de estos cultivos (Franco *et al.*, 1992).

Por lo mencionado es importante determinar si *N. aberrans* se establece y adapta en zonas bajas de valles interandinos de Mizque, Aiquile y Omereque, que son zonas productoras de papa de consumo en el departamento de Cochabamba, además, evaluar su grado de incidencia e identificar la existencia de cultivos y malezas hospedantes alternantes de *N. aberrans* en las zonas de valle.

Materiales y métodos

Se consideró dos componentes: **ADAPTACIÓN** y **DISEMINACIÓN** de *N. aberrans*, en zonas que no son propias de su hábitat natural.

Adaptación

Ubicación. Para el estudio se consideró a dos zonas ecológicamente diferentes: **zona alta** que es el centro de origen del nematodo y la **zona de valles**, donde el nematodo se está adaptando y diseminando.

a. Zona alta. Lugar de origen del nematodo y regiones tradicionalmente productoras de semilla-tubérculo de papa. Ecológicamente corresponde a zonas de Puna. Se implementó el ensayo en dos localidades, la primera en la comunidad de **Lope Mendoza** (provincia Carrasco) ubicada a 3200 msnm y la segunda en **Raqay Pampa** (provincia Campero), a una altitud de 3000 msnm, con una temperatura media anual de 11°C y 531 mm/año de precipitación.

b. Zona de valle. Lugar donde se realizó la prueba de adaptación y diseminación en dos comunidades. Ecológicamente esas zonas son consideradas como Valle Interandino. Se implementó el ensayo en la comunidad **Sauces** (provincia Mizque) ubicada a 2057 msnm., con una temperatura media anual de 19.8 °C y precipitación pluvial de 537 mm/año. La otra comunidad fue **Chingurí** en Aiquile (provincia Campero), zona productora de papa consumo, con una temperatura media anual de 18,3°C y 561.0 mm/año de precipitación pluvial.

Inoculación. Se utilizó como fuente de inóculo del nematodo, a la semilla-tubérculo infectada con el nematodo; también se utilizó suelo naturalmente infestado, provenientes de parcelas con *N. aberrans*, lo cual fue verificado en laboratorio por centrifugación.

El inóculo se obtuvo de las zonas altas (**Lope Mendoza** y **Raqay Pampa**) de suelos naturalmente infestados (Tabla 1),

localidades productoras de semilla de papa y hábitat natural del nematodo. Los inóculos fueron trasladados hacia la zona de valle, a *Mizque (Sauces)* y *Aiquile (Chingurí)* (Tabla 2), lugares considerados libres del nematodo (naturalmente no coexiste en los cultivos) y donde probablemente se está diseminando, debido a que existe un flujo permanente de semilla infectada, con el nematodo, hacia esas zonas. También se utilizó suelo esterilizado (libre) con vapor a presión proveniente de la *Estación Experimental de Toralapa*.

El ensayo en ambas zonas, se implementó con cinco repeticiones en macetas de 10 litros de capacidad y enterradas a nivel del suelo, donde se depositó el suelo libre e infestado con *N. aberrans*, ahí se sembraron tubérculos de papa infestados y libres del nematodo (testigo), de las variedades: *Runa*, *Waych'a* e *Imilla Blanca* (*Solanum tuberosum andigena*) y *Puca Toralapa* (*Solanum tuberosum tuberosum*); la semilla fue obtenida de agricultores.

Por seguridad, una vez concluido el estudio, los suelos y tubérculos utilizados en el estudio fueron incinerados y trasladados a la zona alta, para ser eliminados, de forma de evitar cualquier riesgo de diseminación del nematodo, en los valles.

Diseminación

Valles de Cochabamba

Para determinar la distribución del nematodo en los valles interandinos, se realizó un diagnóstico nematológico en las zonas de *Mizque*, *Aiquile* y *Omereque* del departamento de Cochabamba, con altitudes que varían de 1900 a 2377 msnm. En estas zonas se cultiva, principalmente durante los meses de verano, papa, toma-

te, maní, cucúrbitas, zanahoria y maíz; en cambio, en los meses de invierno, en zonas con riego, se cultiva papa, cebolla y ajo, constituyendo así una agricultura intensiva, además de ser zonas tradicionalmente productoras de papa de consumo. Paralelamente, se extrajo muestras de malezas de las mismas parcelas de diagnóstico para determinar la gama de hospedantes que pueda tener el nematodo. Los análisis nematológicos se realizaron en laboratorio, utilizando técnicas convencionales (Díaz, 1996).

En la provincia Mizque se hizo el diagnóstico en 15 localidades: *Buena Vista*, *Cazorla*, *Capitana*, *Sauces*, *Inca Wasi*, *Polígono*, *Maira*, *Callejas Alta*, *Callejas Baja*, *Tujma Alta*, *Visa Perdida*, *Taboada*, *Aguada*, *Kuru Mayu* y *Puca Pila*. En la provincia Campero, en siete localidades: *Aiquile*, *Chingurí*, *Novillero*, *Miraflores*, *Común Pampa*, *Omereque* y *Esquina*.

En cada localidad se muestreó cinco parcelas de cultivo de papa y/o tomate, las parcelas fueron elegidas al azar y de cada una se extrajo el equivalente a 40 submuestras por hectárea, como lo recomiendan Barker (1985) y Canto (1987).

Valles interandinos de Santa Cruz

Asimismo se analizaron parcelas de papa en los valles mesotérmicos de Santa Cruz, en la provincia Manuel María Caballero (1500 a 2100 msnm), en 13 localidades: *San Rafael*, *Saipina*, *Chilón*, *Bañado del Rosario*, *Bañado de la Cruz*, *Pulquina Abajo*, *Palizada*, *San Isidro*, *Tambo*, *Vado Hondo*, *Pulquina Arriba*, *Cabra Cancha* y *Río Arriba*.

Se consideraron 50 parcelas de muestreo al azar, establecidas con cultivo de papa en toda la zona de estudio, se tomaron

tubérculos al azar y suelo de 15 cm de profundidad (rizósfera), para su posterior análisis en laboratorio. Para la toma de muestras, se siguió el siguiente procedimiento: en cada parcela se examinaron cinco puntos de muestreo dispuestos al azar en forma diagonal de la parcela (transecto), en cada punto se examinaron dos plantas enteras, haciendo un total de 10 muestras por parcela. La recolección de muestras de suelo y tejidos, se realizaron a partir de la fase de floración hasta la fase de madurez del cultivo. Para todos los casos, se utilizó la calificación descrita en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala utilizada para calificar la incidencia y severidad de *Nacobbus aberrans*

Grado de ataque	Nódulos por planta	Grado de infestación
0	0	Libre*
1	1-10	Ligera
2	11-30	Moderada
3	31-75	Elevada
4	>-75	Intensa

* Ausencia del nematodo. Fuente: Ramos *et al.*, 1998

Evaluaciones

Para verificar la presencia de *N. aberrans* en todas las muestras, se las analizó en laboratorio, utilizando la técnica del *macerado en licuadora* para extraer nematodos de tejidos vegetales y para la extracción de muestras de suelo, el método de la *bandeja modificada* (posillo) (Coscilla, 1985 y Díaz, 1996). En campo se evaluó la presencia del nematodo a través de síntomas (nódulos radicales), calificando en porcentaje, posteriormente se verificó en laboratorio.

Para el análisis de datos del grado de infección en tubérculos y la infestación del suelo, en zonas altas y de valle, se aplicó un diseño completamente al azar

comparando las medias con la prueba de de rango múltiple de Tukey (0.05).

Resultados y discusión

ADAPTACIÓN

En las zonas altas de *Raqay Pampa* y *Lope Mendoza*, se observó nodulaciones radicales en suelo libre de *N. aberrans*, en las variedades de papa *Runa* (56 y 68), *Imilla Blanca* (15 y 8), *Waych'a* (38 y 55) y *Puca Toralapa* (7 y 9, respectivamente) (Tabla 2).

Este hecho demuestra que todos los tubérculos estaban infectados con el nematodo, lo cual dio seguridad que la semilla llevada hacia los valles de *Sauces* y *Chingurí*, estaba infestada con el parásito.

El hecho de presentarse una mayor nodulación en las raíces de papa en suelo infestado, confirma que el suelo también estaba infestado con el nematodo, tanto en las zonas altas como en los valles, corroborando lo observado en laboratorio.

En el valle de *Sauces* (*Mizque*), los tubérculos-semilla de las diferentes variedades de papa sembradas, en suelo libre e infestado con *N. aberrans*, muestran diferente grado de ataque en las raíces (Tabla 3), observándose a las variedades *Runa* con 22, *Imilla Blanca* con 28, *Waych'a* con 15 y *Puca Toralapa* con 7 nódulos por planta.

En la localidad de *Chingurí* (Tabla 3), la variedad *Waych'a* se pudrió por exceso de humedad. Las otras tres variedades presentaron diferentes grados de nodulación radical en suelo libre del nematodo, porque los tubérculos tenían distintos niveles iniciales de población de *N. aberrans* y también pudo haber respuesta varietal.

Tabla 2. Grado de nodulación en las variedades de papa sembradas en las zonas altas, localidades de Raqay Pampa y Lope Mendoza

Localidad	Variedad	Condición del suelo	Número de nódulos/planta (promedio)
Raqay Pampa	<i>Runa</i>	Libre	56
	<i>Runa</i>	Infestado	70
	<i>Imilla Blanca</i>	Libre	15
	<i>Imilla Blanca</i>	Infestado	45
	<i>Waych'a</i>	Libre	38
	<i>Waych'a</i>	Infestado	52
	<i>Puca Toralapa</i>	Libre	7
	<i>Puca Toralapa</i>	Infestado	21
Lope Mendoza	<i>Runa</i>	Libre	68
	<i>Runa</i>	Infestado	70
	<i>Imilla Blanca</i>	Libre	8
	<i>Imilla Blanca</i>	Infestado	62
	<i>Waych'a</i>	Libre	55
	<i>Waych'a</i>	Infestado	60
	<i>Puca Toralapa</i>	Libre	9
	<i>Puca Toralapa</i>	Infestado	19

Tabla 3. Grado de infestación y ataque en cultivo de papa en las localidades de Sauces (Mizque) y Chingurí-Aiquile (Manuel María Caballero)

Localidad	Variedad	Condición del suelo	Número de nódulos/planta (promedio)
Sauces	<i>Runa</i>	Libre	22
	<i>Runa</i>	Infestado	49
	<i>Imilla Blanca</i>	Libre	28
	<i>Imilla Blanca</i>	Infestado	53
	<i>Waych'a</i>	Libre	15
	<i>Waych'a</i>	Infestado	70
	<i>Puca Toralapa</i>	Libre	7
	<i>Puca Toralapa</i>	Infestado	25
Chingurí	<i>Runa</i>	Libre	18
	<i>Runa</i>	Infestado	42
	<i>Imilla Blanca</i>	Libre	8
	<i>Imilla Blanca</i>	Infestado	33
	<i>Waych'a</i>	Libre	Pudrición
	<i>Waych'a</i>	Infestado	70
	<i>Puca Toralapa</i>	Libre	8
	<i>Puca Toralapa</i>	Infestado	17

En la Tabla 4, se observa que las variedades de papa *Runa* y *Waych'a*, mostraron mayor nodulación radical (p 0.05), respecto a las otras dos variedades. Esto demuestra que las variedades de papa tenían originalmente mayor población de *N. aberrans*, indicando que la semilla estaba infestada con el nematodo.

Tabla 4. Tubérculos de variedades evaluadas en las zonas altas y de valles

Zona	Variedad	Número de nódulos por planta
Alta	<i>Runa</i>	66 a
	<i>Imilla Blanca</i>	32 c
	<i>Waych'a</i>	51 a
	<i>Puca Toralapa</i>	14 d
Valles	<i>Runa</i>	32 c
	<i>Imilla Blanca</i>	30 c
	<i>Waych'a</i>	38 b
	<i>Puca Toralapa</i>	14 d

Valores con letras similares son iguales estadísticamente (p 0.05)

En general (Tabla 5) se observó mayor grado de nodulación radical en suelos infestados (p 0.05), en la zona alta y el valle, respecto al suelo libre del nematodo, demostrándose que los tubérculos estaban infestados con *N. aberrans*.

Tabla 5. Infestación de suelos en las zonas altas y de valles

Zona	Condición del suelo	Número de nódulos por planta
Alta	Libre	32 b
	Infestada	50 a
Valles	Libre	13 c
	Infestada	49 a

Valores con letras similares, son iguales estadísticamente (p 0.05)

La nodulación radical registrada en las diferentes variedades de papa, en las

zonas de los valles interandinos, indica que *N. aberrans* tiene el potencial para adaptarse a zonas bajas (menores a los 2000 msnm) productoras de papa consumo. Aunque en las zonas altas de *Raqay Pampa* y *Lope Mendoza* (altitud mayor a los 3000 msnm) se registraron grados más altos de nodulación, en relación a las zonas bajas, estos resultados inducen a asegurar que *N. aberrans* prospera significativamente (p 0.05) mejor y en zonas altas sobre los 3000 msnm.

El hecho que el índice de nodulación sea menor en zonas bajas, en comparación a las zonas altas, se puede atribuir a las variaciones de temperatura, al mismo tiempo éstas afectarían en la producción de huevos de las hembras de *N. aberrans* (Sousa y Baldwin, 2000).

Al respecto, Manzanilla *et al.* (2002), indica que el ciclo de vida toma 48 días a 25°C en betarraga, en papa, 37 y 48 días a 22-24°C, respectivamente. En tomate, el ciclo de vida se completa en 36 días a 25°C y en 43 días a 20-30°C. A 25°C se pueden producir numerosas generaciones si el hospedante está disponible. Los J2, J3 y J4 hembras y hembras adultos vermiformes, también infectan tubérculos de papa donde ellos pueden completar el ciclo de vida en 8-10 meses. La variación, en términos de duración del ciclo de vida, y considerando una misma temperatura, puede deberse al tiempo que necesita la hembra vermiforme para abandonar la raíz donde desarrolla y reingresar a otra raíz para formar una agalla y completar su ciclo de vida (Manzanilla *et al.*, 2002). También hay variaciones entre poblaciones de nematodos. Así, en suelos de *Guayllabamba* en Ecuador, el nematodo completa su ciclo de vida en 60 días, mientras que en suelos de *Berkahire* en Inglaterra, lo hace en solo 45 días (ambos en invernadero con 15°C como mínimo y

34°C como máximo). A 19°C, el ciclo de vida demora 60 días para *Guallabamba* y 70 días para *Barkahire* (Sousa y Baldwin., 2000).

Por lo analizado, *N. aberrans* se está adaptando en zonas de valles interandinos, como *Mizque* y *Aiquile* con altitudes aproximadas a los 2000 msnm, mostrando que las temperaturas registradas en estos lugares, no son letales para este nematodo, por lo que es necesario -en trabajos posteriores-, evaluar el nivel de daño que pueda ocasionar en los valles interandinos de Bolivia.

DISEMINACIÓN

En la provincia Mizque se evaluaron 70 parcelas de cultivo de papa, encontrando que 32% estaban infestadas con *N. aberrans*. Las localidades donde se evaluó fueron: *Buena Vista, Inka Wasi, Cazorla, Capitana, Sauces, Viña Perdida, Polígono, Maira, Callejas Alta, Callejas Baja, Taboada, Aguada, Kuru Mayu, Tujma Alta y Puca Pila*, variando las altitudes de 2027 a 2271 msnm. Los grados más altos de infestación se presentaron en parcelas en las cuales la semilla de papa provenía de *Raqay Pampa*, que está a una altitud de 3000 msnm.

En la provincia Campero, se evaluaron 30 parcelas de cultivo de papa y de estas el 27% presentaron infestación con *N. aberrans*, las localidades evaluadas fueron: *Miraflores, Chingurí, Común Pampa, Novillero, Omereque y Esquina*, con altitudes que varían de 1900 a 2377 msnm. También se determinó que en estas parcelas de papa, en la mayoría de los casos, utilizaban semilla proveniente de *Lagunas*, zona alta (3100 msnm.) productora de semilla de papa y altamente infestada con *N. aberrans*.

La incidencia del “*rosario de la papa*” causada por *N. aberrans*, con diferentes grados de nodulación radical en las zonas de valle, resulta una confirmación de lo obtenido en la prueba de adaptación, al verificarse el establecimiento y diseminación del nematodo en zonas de valle.

Las parcelas más infestadas se registraron en localidades en las cuales existe un flujo permanente de semilla de papa de las regiones de *Raqay Pampa y Lagunas*, zonas altas (más de 3100 msnm) y semilleras detectadas como altamente infestadas con *N. aberrans*, constituyéndose en fuente de diseminación permanente del nematodo hacia zonas de valle productoras de papa consumo.

Una situación similar estaría sucediendo en otras zonas de altitudes similares a Mizque y Aiquile, donde existe flujo de semilla de papa de zonas infestadas con *N. aberrans*. Este problema se agrava con la rotación que se practica, (papa, tomate) siendo ambas solanáceas y hospedantes de *N. aberrans*, lo cual favorece su establecimiento.

En parcelas de cultivos de tomate, en la provincia Mizque, las localidades donde se encontró infestación de *N. aberrans* fueron *Kuru Mayu y Puca Pila*. En la provincia Campero, las localidades que presentaron infestaciones por dicho nematodo fueron *Miraflores, Omereque y Esquina*. En ambas comunidades las parcelas estaban ubicadas a una altitud que varía de 1900 a 2037 msnm.

En las zonas donde se trabajó, el clima es favorable para el cultivo de papa y de tomate; *N. aberrans* parasita ambos cultivos, lo cual no concuerda con Costilla (1996) quien indica que en zonas bajas de Argentina (0-800 msnm.) *N. aberrans* no parasita al cultivo de papa, lo cual sugie-

re que en las zonas de Mizque y Aiquile, podría tratarse de una raza de nematodo diferente al reportado en Argentina.

En las localidades de Mizque y Aiquile, los niveles más bajos de infestación se registraron en lotes con suelos de textura pesada, pudiendo atribuirse a la falta de aireación que reduce la supervivencia y densidad de población de nematodos, limitando así la actividad parasítica de *N. aberrans*, tal como afirma Barker (1985). Además, se debe considerar que es el hábitat del nematodo nodulador de la raíz (*Meloidogyne* sp.), donde su tasa de reproducción es elevada y tiene una amplia gama de hospedantes.

Otros cultivos hospedantes de *N. aberrans* encontrados en la zona de trabajo fueron: betarraga (*Beta vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*), sandía (*Citrulus vulgaris*), lacayote (*Cucurbita* sp.) escariote (*Cucurbita pepo*) y pimentón (*Capsicum* sp.), como consecuencia estos cultivos al ser hospedantes de *N. aberrans*, estarían favoreciendo el establecimiento y la supervivencia del nematodo en los valles interandinos. La nodulación causada por *N. aberrans* en la cucúrbitas, demuestra que son hospedantes del nematodo, lo cual es confirmado por Roman (1976) y Toledo *et al.* (1993).

Las malezas identificadas como hospedantes de *N. aberrans* en las zonas de estudio (altas y bajas) son: verdolaga (*Portulaca oleracea*), cojo pollo (*Amaranthus* sp.), piqui pichana (*Schkunia pinnata*), quinoa silvestre (*Chenopodium* sp.), payk'o (*Chenopodium ambrosioides*), chamico (*Datura* sp.), puchun kora (*Polygonum lapatifolium*), kellu t'ica (*Gallisona palviflora*), waych'a (Se-

necio sp.), lasth'a kora (no identificada) y la gramínea *Lolium* sp.

Las malezas identificadas en las zonas bajas, como hospedantes de *N. aberrans*, favorecen a que el nematodo se establezca y se reproduzca, lo cual se constituye en un peligro potencial para la agricultura de dichas zonas. *N. aberrans* además de parasitar la papa, también parasita otros cultivos de importancia económica para la zona y muchas malezas frecuentes en parcelas de papa. Esta situación favorece al establecimiento y supervivencia de este nematodo, haciendo más difícil su control.

Incidencia y severidad en los valles mesotérmicos de Santa Cruz

En los valles de Santa Cruz se observó que, en toda la zona, están presentes los tres géneros principales de nematodos que atacan al cultivo de papa: *Meloidogyne* sp., *Globodera* sp. y *Nacobbus aberrans* (Tabla 6), los cuales ocasionan la disminución de rendimientos, afectando el nivel de ingresos del agricultor.

De acuerdo con el monitoreo y análisis de muestras, se observa que el 53% de las parcelas consideradas presentan nematodos y el 47% se encuentran libres de nematodos; el detalle se presenta en la Tabla 7.

También se observó que el 33.5% de las parcelas estudiadas, están infestadas con *Meloidogyne* sp., lo cual representa la mayor infestación de nematodos; seguido de *Globodera pallida* con 20% de infestación y *Nacobbus aberrans* con 17.8% de infestación (Tabla 8).

Tabla 6. Nematodos identificados en las principales localidades (provincia Manuel M. Caballero)

Valle	Localidad	Nematodos identificados
Alto	Río Arriba	<i>Globodera pallida</i>
Medio	Cabra Cancha	<i>Meloidogyne incognita</i> y <i>Nacobbus aberrans</i>
	Pulquina Arriba	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Globodera pallida</i> y <i>Nacobbus aberrans</i>
	San Isidro	<i>Nacobbus aberrans</i>
	Pulquina Abajo	<i>Nacobbus aberrans</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>
Bajo	San Rafael	<i>Globodera pallida</i>
	Saipina	<i>Meloidogyne incognita</i> y <i>Globodera pallida</i>
	Montegrande	<i>Nacobbus aberrans</i> y <i>Meloidogyne incognita</i>
	Chilón	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Globodera pallida</i> y <i>Nacobbus aberrans</i>
	Bañado del Rosario	<i>Globodera pallida</i>
	Bañado de la Cruz	<i>Nacobbus aberrans</i>

Tabla 7. Relación de parcelas con y sin nematodos en las localidades de estudio

Valle	Localidad	Nro. de muestras	Parcelas libres		Parcelas infestadas	
			Nro.	%	Nro.	%
Alto	Río Arriba	5	4	80	1	20
Medio	Cabra Cancha	4	2	50	2	50
	Pulquina Arriba	6	1	17	5	83
	Tambo	3	3	100	0	0
	San Isidro	3	1	33	2	67
	Pulquina Abajo	4	2	50	2	50
Bajo	San Rafael	4	1	25	3	75
	Saipina	4	2	50	2	50
	Montegrande	4	3	75	1	25
	Chilón	9	3	33	6	66
	Bañado del Rosario	2	0	0	2	100
	Bañado de la Cruz	2	1	50	1	50
Total en 12 localidades		50	23	47	27	53

Tabla 8. Incidencia de los principales nematodos, en las localidades de estudio

Localidad	Nro. de muestras	Parcelas con <i>N. aberrans</i>		Parcelas con <i>M. incognita</i>		Parcelas con <i>G. pallida</i>	
		Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%
Río Arriba	5	0	0	0	0	1	20
Cabra Cancha	4	1	25	1	25	0	0
Pulquina Arriba	6	1	17	5	83	1	17
San Isidro	10	3	30	1	10	0	0
Saipina	21	2	10	7	33	7	33
Bañado	4	1	25	2	50	2	50
Total	50	8	18	16	34	11	20

N. aberrans, por su amplia gama de hospedantes en cultivos de importancia económica y en malezas, constituye un problema real y potencial para la zona y regiones de características climáticas similares a las zonas de estudio, siendo importante destacar que en el invierno -donde se cultivan hortalizas que son hospedantes del nematodo-, las temperaturas frías y la producción de cultivos como la papa, permiten la reproducción del nematodo, con sus típicos síntomas característicos en sus hospedantes (Iriarte *et al.* 1999, Ortuño *et al.* 2004 y Plouganou, 2018).

Es importante considerar que en las zonas de expansión para estos nematodos nativos de zonas altoandinas, se puede encontrar enemigos naturales en los valles interandinos, lo cual también puede condicionar su establecimiento en nuevas zonas y barreras biológicas que tienen que superar estos parásitos (Betancourt y Fabián, 2020).

En general, ante las evidencias presentadas, se demuestra que hay plagas como *N. aberrans* y *Globodera* spp. que son originarias evolutivamente de zonas altas y frías (arriba de 3000 msnm), se están adaptando a zonas paperas de valles in-

terandinos (menos de 1800 msnm), como Mizque, Aiquile, Saipina, Omereque y Comarapa, que no eran su hábitat original.

Complementariamente, se indica que el invierno era más caliente (SENAMHI, 2026), lo cual restringía el parasitismo de estos nematodos en los valles, porque eran temperaturas que no permitían prosperar a las poblaciones de estas plagas, sin embargo, a medida que se fue enfriando el invierno en los valles interandinos, debido al cambio climático, estos nematodos se fueron adaptando a altitudes menores a 1800 msnm, donde se los encontró infestando suelos agrícolas en cultivos tradicionales.

Conclusiones

- Con el análisis realizado en las diferentes zonas paperas de los valles mesotérmicos de Bolivia, se puede aseverar que *Nacobbus aberrans* se adaptó en los valles interandinos, en particular en la época de invierno, siendo importante determinar las pérdidas económicas causadas.

Referencias citadas

- Barker, K. R., Carter, C., y Sasser, J. (1985). An advanced treatise on *Meloidogyne*: Sampling nematode communities (Vol. 2). North Carolina State University.
- Betancourt T., F., H. (2020). *Sinergismo entre hongos micorrícicos y Trichoderma harzianum en el control del nematodo Nacobbus aberrans en plantas de tomate (Solanum lycopersicum L.)* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio Institucional de la UNLP. <https://doi.org/10.35537/10915/101157>
- Canto, M. (1987). El cultivo de papa con énfasis en producción de semilla: Los nematodos y la producción de papa. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.

- Costilla, M. (1985). Un método rápido para la extracción y observación de estados juveniles de *Nacobbus aberrans* en tubérculos de papa. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 62, 163–170.
- Costilla, M. (1996). Physiological races, parasitism, and management of *Nacobbus aberrans* on vegetable and field crops in Argentina. *Nematropica*, 26, 199.
- Díaz, O. (1996). Técnicas de laboratorio para la extracción de nematodos *Nacobbus aberrans* [Monografía técnica]. Tecnológico Agropecuario Tarata.
- Franco, J., Montecinos, R., y Ortuño, N. (1992). *Nacobbus aberrans* nematodo fitoparásito del cultivo de la papa en Bolivia: Desarrollo de una estrategia para su manejo integrado. *Revista de Agricultura*, 21, 11–22.
- Franco, J. (1994). Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados en la región andina. *Nematropica*, 24, 179–195.
- Iriarte, L., Franco, J., y Ortuño, N. (1999). Influencia de las épocas de siembra sobre la población de *Nacobbus aberrans* y el rendimiento de papa. *Fitopatología*, 34(2), 77–82.
- Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático. (2002). *Cambio climático y biodiversidad* (Documento Técnico V). <http://www.ipcc.ch>
- Manzanilla-López, R., Costilla, M., Doucet, M., Franco, J., Inserra, R., Lehman, P., Cid del Prado-Vera, I. I., Souza, R., y Evans, K. (2002). The genus *Nacobbus* Thorne 1948; Allen, 1944 (NEMATODA: PRATYLENCHIDAE): Systematics, distribution, biology and management. *Nematropica*, 32(2), 149–193.
- Ortuño, N., Franco, J., Main, G., Oros, R., y Montecinos, R. (2004). *Desarrollo del manejo integrado del nematodo “rosario de la papa” Nacobbus aberrans en Bolivia*. Fundación PROINPA.
- Otaú, V., Caero, G., y Hoops, R. (1982). *El rosario de la papa y medidas para su control* [Mimeografiado]. MACA-IBTA-AID.
- Plouganou, L. (2018). *Caracterización de los daños producidos por Nacobbus aberrans en variedades comerciales de tomate y pimiento* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio Institucional UNNOBA.
- Ramos, J., Franco, J., Ortuño, N., Oros, R., y Main, G. (1998). *Incidencia y severidad de Nacobbus aberrans y Globodera spp. en el cultivo de la papa en Bolivia: Pérdidas en el valor bruto de su producción* (Documento de Trabajo No. 7). IBTA-PROINPA (Convenio IBTA-CIP-COSUDE).
- Rojas, F., Franco, J., y Ortuño, N. (1997). Las ferias agrícolas: Fuente de diseminación de *Nacobbus aberrans*. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 9-10, 35–48.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2026). *Atlas climatológicos Bolivia-final*. https://senamhi.gob.bo/visor_agromet_investigaciones_pdf/AtlasClimatologicosBolivia_final.pdf/investigaciones/AtlasClimatologicosBolivia_final.pdf
- Sousa, R., y Baldwin, J. (2000). Differential behaviour of the survival stages of *Nacobbus aberrans* (Nemata: Pratylenchidae) under sub-optimal environments. *Nematologica*, 2, 211–215.
- Toledo, J., Sosa-Moss, R., y Zabaleta, E. (1993). Gama de hospedantes de cinco poblaciones mexicanas de *Nacobbus aberrans*. *Nematropica*, 23(1), 105–108.

Agradecimientos

Los Autores manifestamos nuestro agradecimiento a la Fundación PROINPA y al CIAT de Santa Cruz, por las facilidades brindadas para la investigación, y al Department for International Development (DFID), por el financiamiento que permitió ejecutar esta investigación