

**PROBLEMAS DE NEMATODOS EN LA PRODUCCION DE PAPA EN CLIMAS
TEMPLADOS EN LA REGION ANDINA**

J. Franco

Programa de Investigación de la Papa (PROINPA), Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia.

RESUMEN

Franco, J. 1994. Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados en la región andina. *Nematropica* 24:179-195.

La papa se cultiva en un amplio rango de altitud, latitud y condiciones climáticas que no se encuentra en otro cultivo de importancia económica. Sin embargo, los principales factores limitantes del cultivo se presentan en las condiciones agroecológicas de las zonas templadas y de las tierras altas que ocurren en los países andinos. Entre los problemas nematológicos que limitan su producción se destacan los nematodos quiste de la papa (*Globodera rostochiensis* y *G. pallida*) y el nematodo del rosario de la papa (*Nacobbus aberrans*). Se analiza la importancia de estos nematodos en la producción de papa, pérdidas económicas, distribución, razas, hospedantes, dispersión, diagnóstico, cultivos alternantes, medidas de control, resistencia e interacción con otros organismos, así como las estrategias que para un manejo integrado se vienen empleando en algunos países de América Latina.

Palabras claves: diagnóstico, distribución, *Globodera* spp., hospedantes, manejo integrado, medidas de control, *Nacobbus aberrans*, nematodo quiste de la papa, nematodo rosario de la papa, pérdidas, razas, resistencia.

ABSTRACT

Franco, J. 1994. Nematode potato production problems in temperate climates of the Andean region. *Nematropica* 24:179-195.

Potatoes are grown in a broader range of altitudes, latitudes, and climatic conditions than any other major food crop. However, most major potato crop constraints cut across ecoregions, that is, across specific geographical areas and the agroecologies they comprise, such as the temperate zones and the tropical and subtropical highlands in the Andean countries of Latin America. Without any doubt, among the most important potato problems related to plant parasitic nematodes as production limiting factors are the potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) and the potato rosary nematode (*Nacobbus aberrans*). The factors which make these nematodes so important in potato production (i.e., losses, distribution, races, hosts, dissemination, diagnosis, alternative crops, efficient control measures, resistance and interaction with other organisms) as well as the development of strategies for their integrated management being conducted in several Andean countries of Latin America are analyzed and discussed.

Key words: control measures, diagnosis, distribution, *Globodera* spp., host range, integrated management, *Nacobbus aberrans*, potato cyst nematodes, potato rosary nematode, races, resistance.

**EL CULTIVO DE LA PAPA
EN AMERICA LATINA**

La papa en relación con otros cultivos importantes se cultiva en un rango amplio

de altitud, latitud y condiciones climáticas que definen una serie de ambientes agroecológicos (Fig. 1), entre los que destacan las tierras bajas sub-tropicales con estaciones frías, las zonas templadas, las

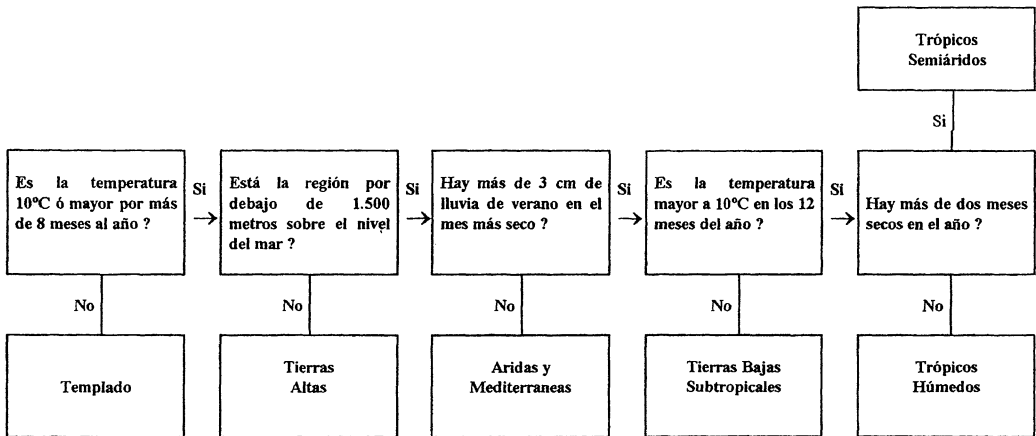


Fig. 1. Criterios para la clasificación de ambientes agroecológicos (CIP, 1991).

tierras altas tropicales y subtropicales, y las tierras bajas mediterráneas y áridas (Fig. 2). La producción en las zonas templadas está concentrada esencialmente en Asia, pero es también importante en América Latina. La producción en las tierras altas como en las áridas y mediterráneas es dispersa (Fig. 3).

La región andina se extiende desde la costa del mar Caribe en el extremo norte de Venezuela y Colombia a 11° de latitud norte hasta la Tierra del Fuego a 55° de latitud sur (20). Tiene 7 250 km de longitud y cubre un área continua superior a los 200 millones de hectáreas. Se ubica en un gradiente latitudinal que abarca desde climas tropicales hasta meridionales de clima frío. A pesar de la diversidad climática, geomorfológica y edáfica, constituye un macizo montañoso con características ecológicas y de usos comunes a lo largo de toda su extensión, aunque las variaciones altitudinales y latitudinales tan marcadas le da una alta diversidad ambiental. Esta diversidad permite reconocer numerosas ecorregiones. Algunas características de los Andes son únicas en relación a otras áreas de gran altitud del mundo, presen-

tando cambios altitudinales bruscos, amplio rango de latitud y amplitud longitudinal, compensación del incremento latitudinal por el incremento altitudinal, diversidad de escenarios ecorregionales, y predominio de climas templados, boreales y nivales.

El 97% de la producción, y el 96% del área cultivada de papa en América Latina se concentra en diez países, que abarca países andinos (44.7%), países de influencia andina (25.2%) y países no andinos (30.1%) (Cuadro 1).

Sin contar con una información precisa sobre el área real andina dentro de los países considerados como andinos o parcialmente andinos, tenemos que en producción (x 000 TM) y en área (x 000 ha) cultivada de papa les corresponde a los primeros 44.7 y 56.4% respectivamente; a los segundos 25.2 y 15.8% respectivamente y a los no andinos 30.1 y 27.8% respectivamente. Sin embargo, aún cuando los valores más altos en producción total y áreas destinadas al cultivo de la papa corresponden a los países andinos, los rendimientos promedio por hectárea son más bajos (9.3 TM/ha) que los estimados para los países

REGION CONTINENTAL					REGION CONTINENTAL					
TOTAL	AMERICA LATINA Y ASIA OCCIDENTAL	AFRICA DEL NORTE Y ASIA OCCIDENTAL	ASIA	AFRICA SUB-SAHARANA	AGROECOLOGIA	AFRICA SUB-SAHARANA	ASIA	AFRICA DEL NORTE Y ASIA OCCIDENTAL	AMERICA LATINA	TOTAL POR AGROECOLOGIA
100	73.9	0.0	0.0	26.1	Trópicos Semiáridos	5.3	0.0	0.0	2.9	0.7
100	6.1	0.0	90.7	3.2	Trópicos Húmedos	0.9	1.3	0.0	0.3	0.9
100	3.0	0.0	97.0	0.0	Tierras Bajas Subtropicales	0.0	58.6	0.0	6.8	38.7
100	15.5	54.7	29.6	0.2	Arida y Mediterranea	0.7	6.7	52.0	13.2	14.6
100	55.6	15.6	12.5	16.3	Tierras Altas	93.1	3.7	19.2	61.5	19.0
100	10.0	17.0	73.0	0.0	Templado	0.0	29.7	28.8	15.3	26.1
100	17.2	15.4	64.1	3.3		100	100	100	100	100
CONTRIBUCION TOTAL DE LA REGION					TOTAL					

Fig. 2. Porcentajes de producción de papa por áreas agroecológicas y por regiones continentales de países en vía de desarrollo (CIP, 1991).

parcialmente o no andinos (18.6 y 12.7 TM/ha, respectivamente).

Aún cuando en los últimos años estas diferencias se han venido reduciendo, ellas dependen de la incidencia de una serie de factores de tipo social, económico, político, institucional, tecnológico, geomórfico, climático, etc., que de una u otra forma afectan más o menos a cada uno de los países andinos. Sin embargo, al no ser posible analizar todos estos factores nos centraremos en los factores abiótico y biótico más importantes que limitan la producción del cultivo de la papa en la región.

FACTORES ABIOTICOS Y BIOTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCCION DE PAPA

Las principales limitantes de la producción de papa en la mayoría de los países de América Latina están representadas en la Figura 4. En esta figura se indican las enfermedades, plagas, nematodos y factores ambientales más comunes en las principales regiones agroecológicas, es decir, las tierras bajas áridas y mediterráneas, y las tierras altas y templadas, así como aquellas identificadas indistintamente como comunes para ambas regiones. Entre los factores abióticos que ocupan una alta prioridad

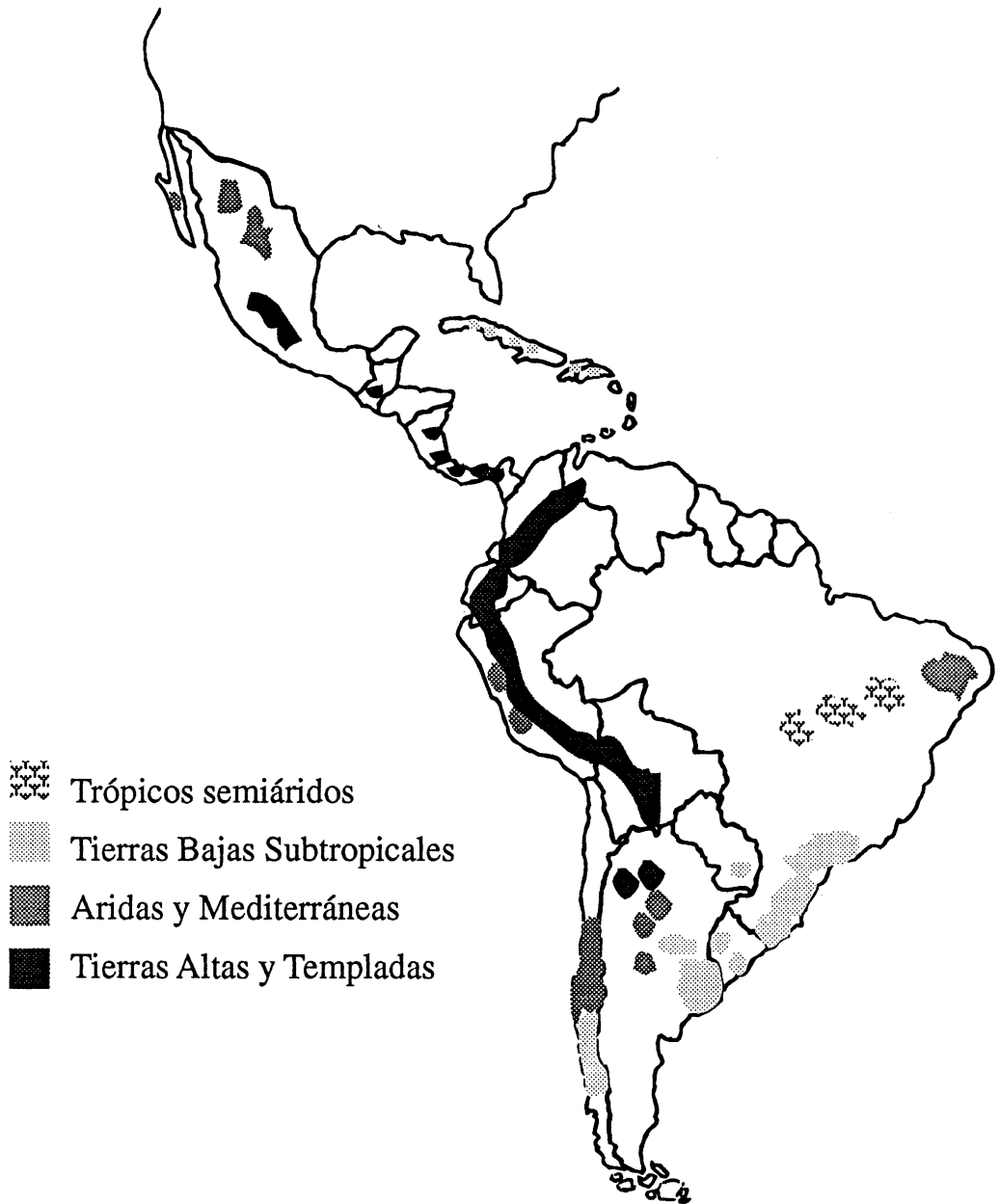


Fig. 3. Zonas de producción de papa y áreas agroecológicas en América Latina (CIP, 1991).

Cuadro 1. Promedios anuales de producción de papa en América Latina (1986-1988), según Herrera y Scott.

Países	Producción (x 000 TM)	Area (x 000 ha)	Rendimiento (TM/ha)
Colombia ^x	2 284	161	14.2
Argentina ^y	2 268	109	20.8
Brazil ^z	2 161	170	12.7
Perú ^x	1 824	214	8.5
Mexico ^z	908	68	13.4
Chile ^y	816	57	14.3
Bolivia ^x	781	143	5.5
Ecuador ^x	360	52	6.9
Cuba ^z	281	15	18.7
Venezuela ^x	211	19	11.1
Otros ^z	334	37	9.0
América Latina	12 228	1 045	11.7

^xPaíses andinos: 5 460 000 TM (44.7%); 589 000 ha (56.4%); 9.3 TM/ha.

^yPaíses parcialmente andinos: 3 084 000 TM (25.2%); 166 000 ha (15.8%); 18.6 TM/ha.

^zPaíses no andinos: 3 684 000 TM (30.1%); 290 000 ha (27.8%); 12.7 TM/ha.

en las áreas templadas, tenemos las heladas y sequías. Entre los bióticos tenemos el tizón tardío, rancho o lancha (*Phytophthora infestans*), la verruga de la papa (*Synchytrium endobioticum*), los virus (Y, X y PLRV), el gorgojo de los andes (*Premnotrypes latithorax* y *Rhigopsidius tucumanus*), la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*), los nematodos quiste de la papa (*Globodera rostochiensis* y *G. pallida*) y el nematodo del rosario de la papa (*Nacobbus aberrans*).

PRINCIPALES NEMATODOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE LA PAPA EN LA REGION ANDINA

Indudablemente tanto *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*, como, *Nacobbus aberrans*, representan los problemas nematológicos más importantes del cultivo de la papa en la región andina. Sin

embargo, si se encuentran separados o asociados en un mismo cultivo, representan problemas diferentes de acuerdo a sus características biológicas: pérdidas en el rendimiento, distribución, diagnóstico, hospedantes, sobrevivencia, dispersión, razas, interacción con otros organismos, etc y por lo tanto los métodos de control cultural, físico, biológico, resistencia, químico y legal deben ser también diferentes. Estas características que diferencian a estos nematodos se presentan a continuación en forma comparativa (Cuadro 2) para ser analizados posteriormente.

Perdidas en rendimiento: Mediante estudios realizados bajo las condiciones agroecológicas de Perú (Cuzco y Puno) y Bolivia (Potosí y Cochabamba) se ha demostrado que tanto *Globodera* spp. como *N. aberrans* son capaces de ocasionar pérdidas cuantitativas severas (Figs. 5 a,b y 6

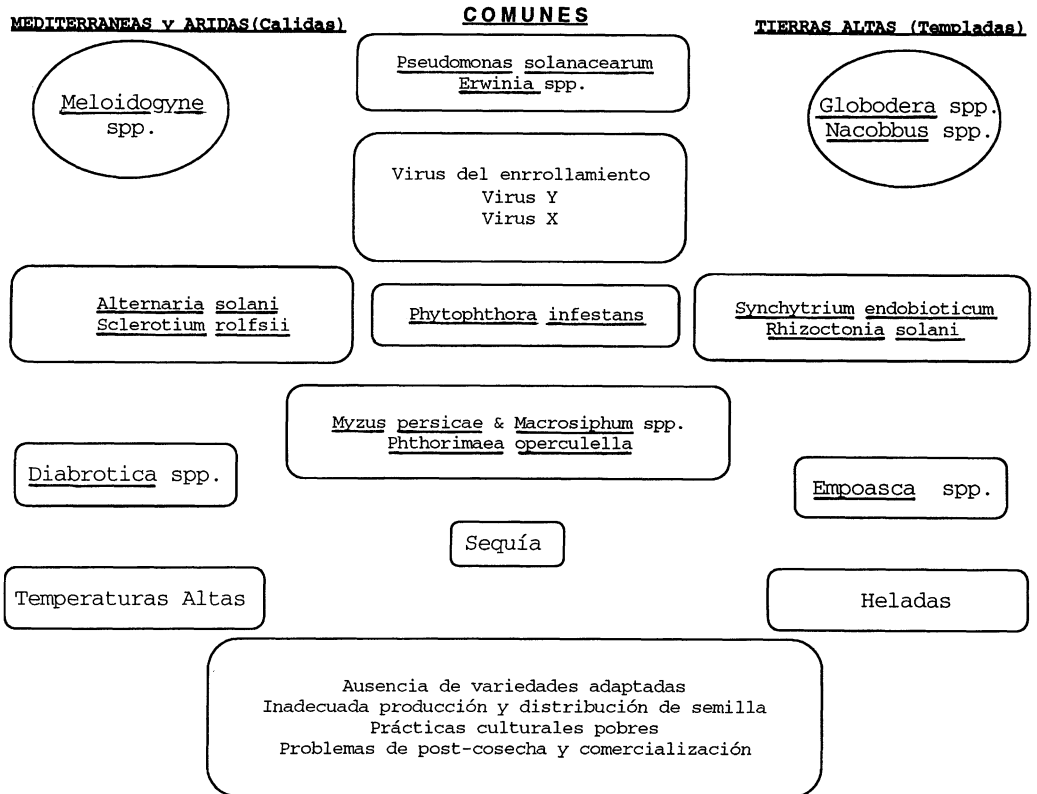


Fig. 4. Principales problemas abióticos y bióticos en la producción de papa en la región andina (Franco, 1979).

a,b), que están relacionadas con la densidad de las poblaciones, con los cultivares de papa utilizados y las condiciones climáticas predominantes durante el cultivo.

Distribución: *N. aberrans* afecta al cultivo de la papa en Argentina, Bolivia y Perú, y aunque también ha sido citado en Ecuador no se tiene información de que afecte al cultivo de la papa. *Globodera rostochiensis* se ha citado en Venezuela, *G. pallida* en Colombia y Ecuador y las dos especies se han encontrado en Perú, Bolivia y Chile. La situación en Argentina es aún discutible (13).

Razas: La presencia de razas, patotipos o poblaciones con genes de agresividad característicos, que les permite su separación por medio de clones de papa diferen-

ciales u otros medios, se encuentra bien desarrollado en *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* (6,29). Por el contrario aunque para *N. aberrans*, se han empleado especies vegetales diferentes para separar poblaciones, tanto de ambientes cálidos como templados (3,7,8,11,24), no se han identificado razas o poblaciones agresivas dentro del cultivo de papa. Este hecho que se debió posiblemente a la falta de genotipos de papa con resistencia a *N. aberrans*, es actualmente posible. En los últimos años se cuenta en Bolivia con el cultivar de papa Gendarme (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*), que se comportó como resistente a las poblaciones ensayadas de *N. aberrans*, pero que al ser evaluado en otras localidades, se comportó como susceptible

Cuadro 2. Características diferenciales de *Globodera* spp. y *Nacobbus aberrans* en los países andinos.

Características	<i>Nacobbus aberrans</i>	<i>Globodera</i> spp.
Pérdidas rendimiento	10.9 a 61.5%	13.2 a 58.0%
Distribución	Argentina, Bolivia y Perú	Todos los países
Razas	Incompleto	Conocido
Hospedantes	Cultivos andinos y malezas	Algunas solanaceas
Diagnóstico	Muy complejo	Avanzado
Sobrevivencia	Residuos orgánicos de raíces	Quistes
Diseminación	Dentro de tubérculos	Sobre tubérculos
Interacciones	<i>Synchytrium endobioticum</i>	<i>Verticillium dahliae</i>
	<i>Spongospora subterranea</i>	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
	<i>Globodera</i> spp.	<i>Nacobbus aberrans</i>

(37,38). Estos resultados que indican la existencia de razas de *N. aberrans* dentro del cultivo papa, será confirmada por la evaluación de cultivares nativos que han sido identificados también como resistentes, (*S. tuberosum* ssp. *andígena*, *S. stenotomum*, *S. x ajanhuiri*, *S. x juzepzukii*) y será posible desarrollar un esquema de razas de *N. aberrans* en papa, tal como se tiene para *Globodera* spp.

Hospedantes: La gama de hospedantes para estos nematodos representa otra gran característica diferencial que determina la importancia de los problemas en el cultivo de papa. Mientras los nematodos del quiste de la papa, *Globodera* spp. poseen una restringida gama de hospedantes dentro de las Solanaceas, *Nacobbus aberrans* tiene una amplia gama de hospedadores, que comprende a 17 familias con 69 especies cultivadas (*Oxalis tuberosa*, *Ollucus tuberosus*, *Tropaeolum tuberosum*, *Chenopodium quinoa*, etc.) y no cultivadas o malezas (5,38,39).

Diagnóstico: Las técnicas de laboratorio para detectar la presencia de *Globodera* spp. en muestras de suelo procedentes de campos destinados al cultivo de la papa y la identificación de la especie involucrada,

han alcanzado altos niveles de eficiencia y precisión, como consecuencia de recientes avances científicos (ADN, proteínas, enzimas, etc.). Por el contrario, el empleo de técnicas clásicas para la extracción de nematodos, se ha mostrado ineficiente para detectar la presencia de *N. aberrans*. Los factores responsables de esta ineficiencia, están relacionados con la época de muestreo, que coincide con la presencia de los estados inactivos de *N. aberrans*, que permanecen en el suelo cuando las condiciones no son favorables para el cultivo de papa (mayo a septiembre), pero que son importantes para la toma de decisiones en campo. Por ello, actualmente la única alternativa disponible es el empleo de pruebas de bioensayo en vasos cerrados mantenidos a 25°C y en oscuridad (38), que después de 30 días permiten observar la presencia de nódulos en las raíces como síntoma de la presencia de *N. aberrans*.

Sobrevivencia: La capacidad de sobrevivencia de estos nematodos bajo condiciones de campo, está directamente relacionada a las condiciones ambientales y de cultivo. Así tenemos que en *Globodera* son esencialmente los quistes, las estructuras de sobrevivencia, que incrementan o

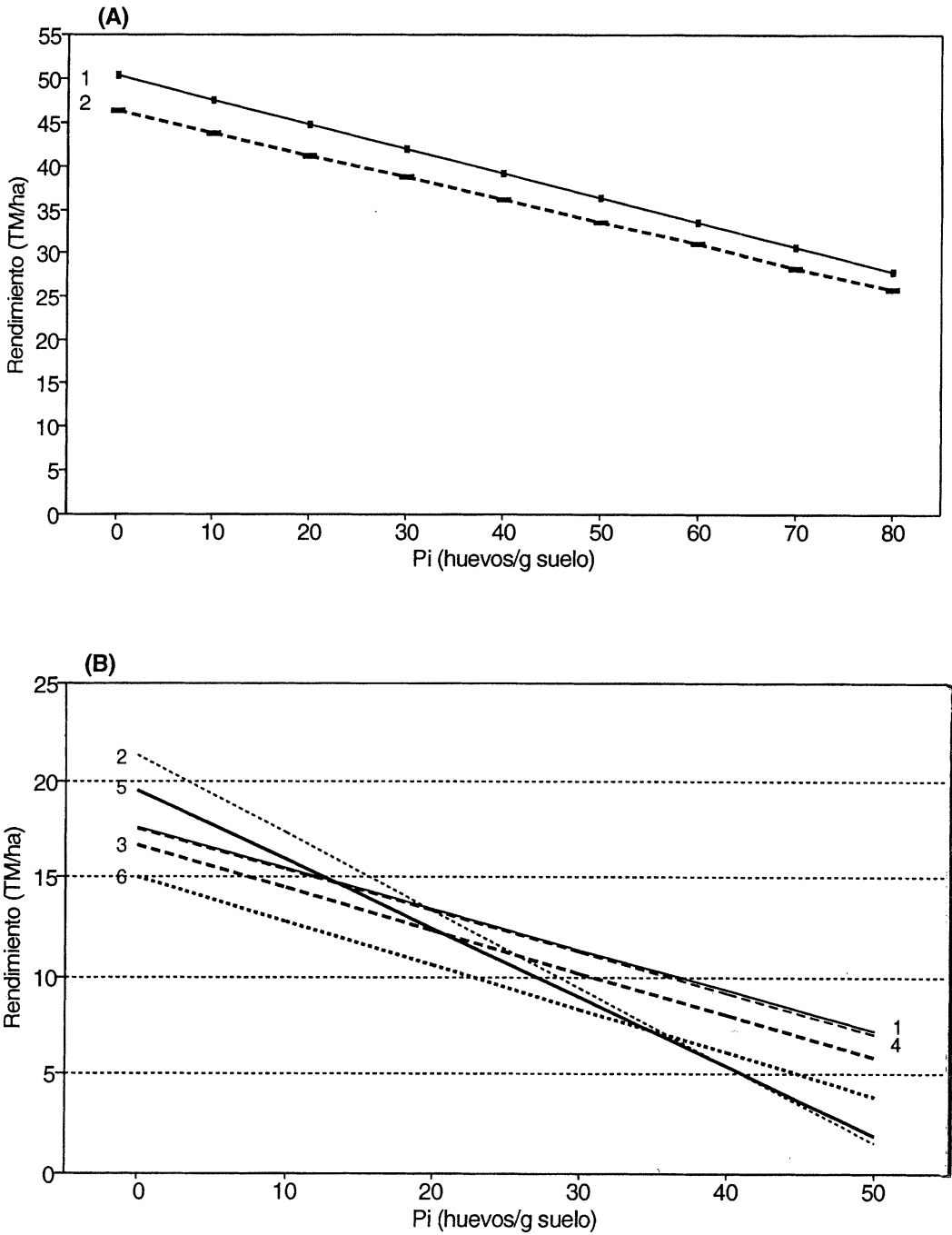


Fig. 5. Pérdidas ocasionadas por diferentes densidades de *Globodera pallida* en campos de papas: (A) Cuzco (Perú) en los cvs: 1 = Walicha y 2 = María Huanca (Pacheco, 1992); y (B) Potosí (Bolivia) en los cvs. 1 = Alpha, 2 = Chinoli 88, 3 = Gendarme, 4 = Sani Imilla, 5 = Sipancachi y 6 = Waych'a (Javier, 1993).

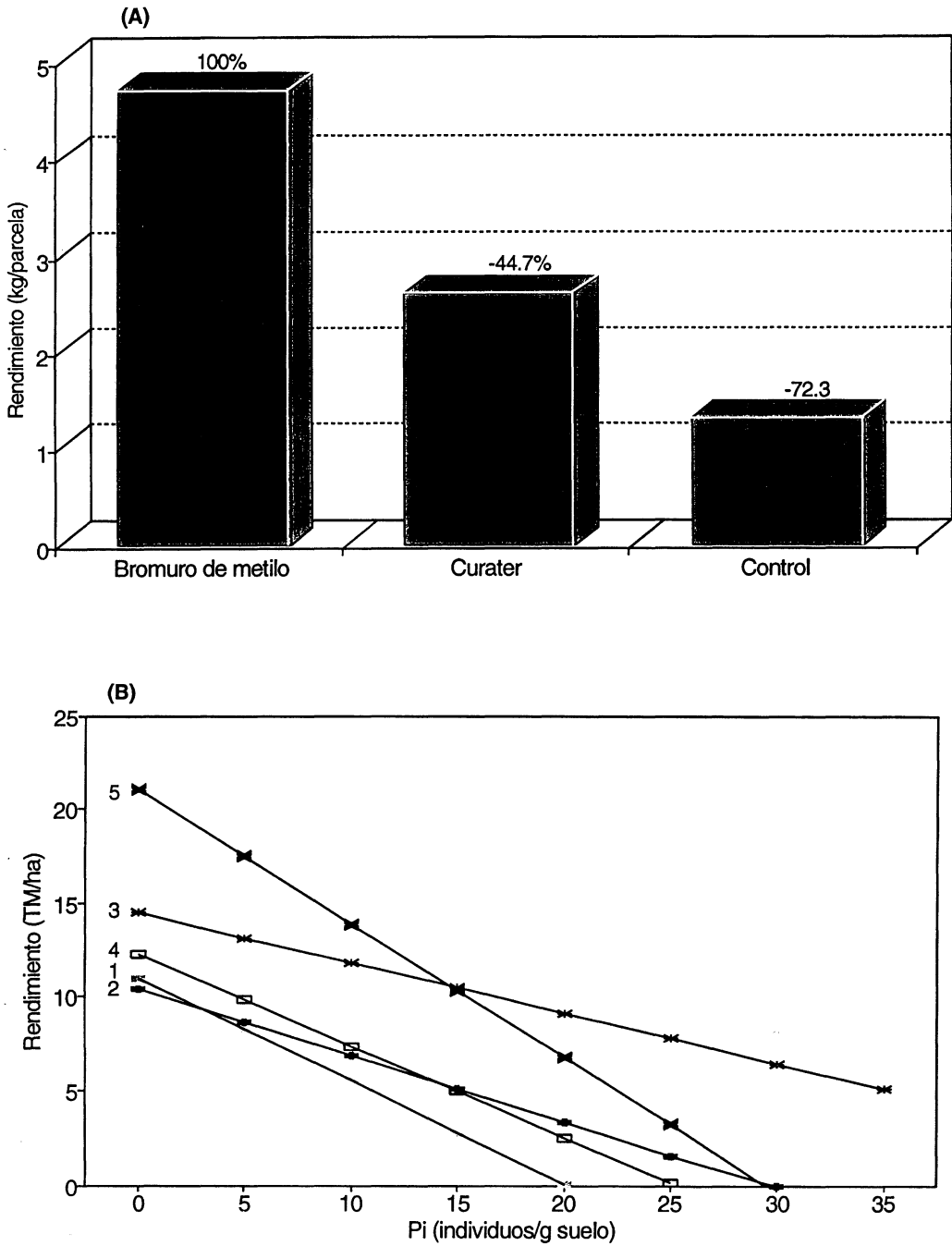


Fig. 6. Pérdidas ocasionadas por diferentes densidades de *N. aberrans* en campos de papas: (A) Puno (Perú) en el cv. Compis (Arcos y Cahuana, 1992) y (B) Cochabamba (Bolivia) en los cvs. 1 = Runa, 2 = Sani, 3 = Alpha, 4 = Waych'a y 5 = Gendarme (Montalvo et al., 1992).

disminuyen en densidad, de acuerdo a la frecuencia de los cultivos de papa susceptible que se efectuen dentro de sus sistemas agrícolas, ó de las plantas voluntarias que permanezcan después de la cosecha. Esta situación, no es comparable con *N. aberrans*, que por su amplia gama de hospedantes que comprende numerosas malezas nativas predominantes en los sistemas agrícolas andinos, permiten su multiplicación y prolongada permanencia en los suelos donde es introducido y sus mecanismos de sobrevivencia están relacionados con las masas de huevos que se encuentran adheridas a residuos orgánicos de las raíces en descomposición de diversos hospederos y que le permiten, soportar los períodos invernales adversos entre cultivo y cultivo. Estudios efectuados en campos de comunidades campesinas que no han modificado sus costumbres ancestrales de rotación de cultivos y períodos de descanso, han confirmado que después de 11 años, no se detectó la presencia de *Globodera* mientras que después de 20 años sin cultivo de papa se produjo un ataque severo de *N. aberrans* (12).

Dispersión: Además de todas las formas conocidas de dispersión pasiva de nematodos fitoparásitos (implementos agrícolas, hombre, viento, agua, animales, etc.), el empleo de tubérculos procedentes de campos infestados es el principal medio de dispersión de *Globodera* spp. y *N. aberrans*. Así tenemos que *Globodera* se disemina de un campo a otro por medio de los quistes que se localizan en partículas de suelo adheridas a los tubérculos o por aquellos que se desarrollan y emergen sobre la superficie de los mismos, y su eliminación por medios mecánicos (lavado, cepillado, etc.) es factible. La situación con *N. aberrans* es más compleja, porque diversos estados de desarrollo sobreviven y se localizan por debajo del peridermo de los tubér-

culos y esencialmente en las lenticelas (9,37), siendo necesario un tratamiento mediante inmersión de los tubérculos en compuestos químicos para su eliminación (37,38,39). Esto se confirma por la experiencia sobre la presencia de *N. aberrans*, que se encuentra diseminado ampliamente en los campos comunales, como resultado del empleo de tubérculos-semillas producidos en sus propios campos infestados.

Interacciones: Aún cuando no se tienen evidencias de campo en la zona andina, de interacciones entre estos nematodos y otros patógenos, que afecten el cultivo de la papa, se cuenta con estudios experimentales que han mostrado marcados efectos sinérgicos sobre el desarrollo y rendimiento de las plantas. Así tenemos que la presencia conjunta de *Globodera pallida* y *Verticillium dahliae*, incrementan la severidad de la enfermedad y las pérdidas en el rendimiento, en relación a su presencia en forma aislada (15). Se observaron efectos aún más severos con la presencia conjunta de *Globodera* spp. y *Pseudomonas solanacearum*, sobre todo cuando ambos estaban presentes en el momento de la siembra (26). Con respecto a *N. aberrans*, se observaron efectos sinérgicos con *Synchytrium endobioticum* (32) y con *Spongospora subterranea*, aún cuando se desconoce su grado de asociación (19).

Aún cuando las interacciones indicadas, representan un peligro potencial para el cultivo de papa, es frecuente encontrar en forma natural la presencia conjunta de *Globodera* spp. y *N. aberrans*. Estudios sobre su interacción han mostrado que *Globodera* spp. afectó más severamente el desarrollo y rendimiento de las plantas de papa que *N. aberrans* e inhibió antagónicamente la formación de nódulos. Además las inoculaciones simultáneas con los dos nematodos incrementaron el número de quistes de

Globodera spp. y la tasa de multiplicación de ambos, en una interacción estimuladora (44).

DESARROLLO DE TACTICAS PARA EL MANEJO DE *GLOBODERA* SPP. Y *NACOBBUS ABERRANS*

Después del análisis comparativo de las características biológicas de *Globodera* spp. y *N. aberrans* para establecer las peculiaridades de cada uno con el fin de poder diseñar medidas de control en un modelo de manejo integrado, en el Cuadro 3 se presentan los problemas y (o) avances logrados en la evaluación de diversos métodos de control para su posterior análisis.

Químico: El empleo de productos nematocidas (fumigantes, líquidos y otros) y nematostáticos (carbamatos y organofosforados granulados y líquidos) para el control de *Globodera* spp. ha sido ampliamente investigado y sobre todo, algunos de estos

últimos, vienen siendo utilizados por incrementar los rendimientos y en algunos casos aún reducir la tasa de multiplicación. Este efecto de los productos granulados sobre la severidad del ataque de *N. aberrans* (índice de nodulación) no ha sido tan efectivo, aunque también se observó un incremento en los rendimientos, esencialmente con productos formulados en base a carbofuran (34).

Solarización: El efecto de la energía proveniente de la radiación solar, incrementada con el empleo de plásticos transparentes, que cubren herméticamente la superficie de suelo previamente preparada, se ha mostrado efectiva para el control de diversos patógenos del suelo (42). Resultados experimentales indican un control efectivo de *Globodera* spp. en las capas superficiales del suelo (30), en contraste con *N. aberrans*, que únicamente se favorecieron los rendimientos (38,39). De todos modos, su aplicación se limita a superficies pequeñas y a determinadas épocas.

Cuadro 3. Efecto de diversos métodos sobre el rendimiento del cultivo de papa y el control de *N. aberrans* y *Globodera* spp.

Métodos	<i>Nacobbus aberrans</i>	<i>Globodera</i> spp.
Químico	Poco o nada efectivo	Efectivo y en uso
Solarización	Poco efectivo	Efectivo
Cultural	Control de malezas y plantas voluntarias.	Eliminación de plantas voluntarias
Epoca de siembra	Promisorio	Precocidad: efectivo
Fertilización	N,P,K: induce tolerancia	N,P,K: induce tolerancia
Enmiendas	Estiércoles y abonos verdes: efectivos	Gallinaza algo efectiva
Rotaciones	Pocos cultivos alternativos	Más cultivos alternativos
Biológico	Beauveria brongniartii: no efectivo	Potencial: B. brongniartii
Semilla	Inmersión de tubérculos: efectivo	Limpieza de tubérculos
Resistencia	Cultivares nativos	Variedades mejoradas
Legal	Existente para semilla	Existente para semilla

Cultural: Esta medida se relaciona esencialmente a la gama de hospedantes de *Globodera* spp. y *N. aberrans*. Así, en el primer caso la eliminación de plantas voluntarias, después de un cultivo de papa, es una práctica imprescindible que se debe aplicar para que las rotaciones con cultivos no hospedantes o el descanso de los terrenos sean efectivos. Sin embargo, aún cuando esta medida es también aplicable para el caso de *N. aberrans*, la situación se complica por su amplia gama de hospedantes que en algunos casos se presentan en forma endémica (i. e. *Spergula arvensis*).

Epoca de Siembra: El empleo de variedades precoces de papa, junto con su siembra cuando las temperaturas mínimas del suelo no son favorables para el desarrollo de *G. rostochiensis*, han permitido "escapar" al cultivo del ataque inicial de este nematodo e interrumpir su desarrollo con una cosecha temprana. Asimismo, la siembra de papa en diferentes períodos del año ha mostrado efectos marcados sobre la multiplicación de *Globodera rostochiensis* (21). Este mismo efecto se viene investigando con *N. aberrans*, ya que en la mayoría de los países andinos aún no se cuentan con variedades de papa suficientemente precoces, que puedan ser cultivadas bajo condiciones de lluvia y que permitan una interrupción de su ciclo biológico.

Fertilización: El efecto más claro de la incorporación de diversos niveles de N, P, K y ciertos microelementos (Mg, Mn, Ca) en el momento de la siembra, es lo que se define como una "inducción" de tolerancia, tanto para *Globodera* spp. como *N. aberrans*, es decir, se han observado mayores rendimientos, pero acompañados de altas tasas de multiplicación (35,43).

Enmiendas: La incorporación de estiércoles o abonos animales y de residuos orgánicos provenientes de diversas especies vegetales, es a la fecha algo discutible

por una serie de efectos aún no detalladamente estudiados (tipo de suelo, especie vegetal, temperatura, humedad, etc.), pero fundamentados teóricamente (combustión, enemigos naturales, sustancias tóxicas, etc.). Sin embargo, tanto para *Globodera* spp. como *N. aberrans* se han observado incrementos en los rendimientos después de la incorporación de gallinaza (7-10 TM/ha) antes o en el momento de la siembra, dependiendo de su estado de madurez, para evitar efectos fitotóxicos ocasionales. En cuanto al empleo de abonos verdes, se viene estudiando la incorporación de *Vicia faba* sobre las poblaciones de *N. aberrans*, aún cuando la incorporación de *V. villosa* o *Chrysanthemum cinerariaefolium* sólo favoreció los rendimientos (38,39).

Rotaciones: La siembra alternada de cultivos no hospedantes, constituye una de las prácticas más antiguas y recomendadas para el control de diversos problemas, pero su empleo en la región andina se va limitando por la creciente disminución de tierras disponibles para el cultivo de papa y la escasez de cultivos alternantes que sean económicamente rentables para su incorporación dentro de los sistemas agrícolas andinos. Además su eficacia, de ser posible su aplicación y aceptación por parte de los agricultores, se debe complementar con lo indicado para el control cultural de *Globodera* spp. y *N. aberrans*. La situación de este último, se complica aún más, por la menor disponibilidad de cultivos alternativos, ya que otros cultivos andinos comunes al ecosistema son también hospedantes favorables.

Biológico: Aún cuando existen diversos programas de investigación en esta área, el empleo de organismos antagonistas para reducir las poblaciones de *Globodera* spp. y *N. aberrans* se encuentra en una etapa experimental. Existen numerosas referen-

cias de potenciales biocontroladores que han sido aislados de quistes y de huevos de *G. pallida* (40). Sin embargo, los únicos estudiados con más detalle han sido *Paezomyces lilacinus* (27) y *Beauveria brongniartii* (16), que en determinadas condiciones climáticas mostraron resultados prometedores. En la actualidad se viene estudiando en Bolivia la capacidad de establecimiento, multiplicación, sobrevivencia y parasitismo de *B. brongniartii* aplicado en diversos sustratos orgánicos a suelos de campo con infestación de modo natural de *N. aberrans* (2).

Semillas: Uno de los principales medios de diseminación son los tubérculos-semillas provenientes de campos infestados por *Globodera* spp. y (o) *N. aberrans*. Se han desarrollado diversos métodos o tratamientos para reducir estos riesgos. Para *Globodera* spp. se recomienda la eliminación del suelo adherido a los tubérculos por medio de un lavado o cepillado de los tubérculos. En cambio, la situación con *N. aberrans* es más compleja, y requiere el tratamiento de los tubérculos-semillas por medios físicos (calor, radiación) o compuestos químicos (nematicidas, insecticidas, aceites naturales) que sean capaces de atravesar la piel de los mismos, pero sin afectar su calidad. Así, en la actualidad se tienen resultados prometedores con la inmersión de los tubérculos-semillas en compuestos nematicidas e insecticidas líquidos o extractos de aceites esenciales de ciertas plantas aromáticas, por períodos de 5 a 10 minutos (10, 38), pero aún persisten ciertos problemas referentes a la mejor época de inmersión y riesgos de toxicidad vegetal y humana.

Resistencia: El desarrollo y empleo racional de material genético con resistencia a *Globodera* spp. y *N. aberrans* es una de las alternativas más eficientes para ser incorporado en los programas de manejo

integrado. Sin embargo, esta alternativa que requiere de altas y permanentes inversiones de recursos económicos y humanos, puede eventualmente fracasar por la aplicación de una estrategia errónea, que implique el uso indiscriminado de variedades resistentes y por lo tanto el resurgimiento o selección de razas o patotipos agresivos que no planteaban el problema. En diversos países europeos y Estados Unidos de Norteamérica desde aproximadamente 20 años se cuenta con variedades resistentes a la raza R₁A de *G. rostochiensis*, que han sido amplia e indiscriminadamente utilizadas. Por el contrario, aun cuando existen ciertas variedades con resistencia parcial a diversas razas o patotipos de *G. pallida* (31), la identificación e incorporación de resistencia es más difícil como consecuencia de su naturaleza poligénica y la existencia de poblaciones de *G. pallida* genéticamente complejas o no homogéneas (41). Sin embargo, es posible que con los recientes avances científicos en ingeniería genética, estos problemas puedan ser superados.

La importancia mundial de este problema explica la atención de numerosos investigadores, caso que no se da con *N. aberrans* por su importancia regional. No obstante, recientemente se han identificado cultivares nativos de papa (*S. tuberosum* spp. *andigena*, *S. stenotomun*, *S. x ajanhuiri*, *S. x juzepczukii* y otros) resistentes a poblaciones bolivianas de *N. aberrans*. Este material genético cultivado que ha evolucionado en los Andes viene siendo cultivado en campos de agricultores y utilizado como progenitores para desarrollar variedades con características agronómicas más favorables y adaptadas a las condiciones locales (39).

Legal: El establecimiento de diversas regulaciones fitosanitarias como cuarentenas, normas de sanidad vegetal y progra-

mas de certificación de semilla, juega un importante papel en la prevención y control de diversos problemas fitosanitarios. Así tenemos que las normas fitosanitarias existentes para efectuar intercambio de germoplasma de papa entre países andinos, son generalmente rigurosas y acatadas por las partes comprometidas (4). Por el contrario no se respeta este compromiso legal, cuando por situaciones de "emergencia nacional" se introducen grandes cantidades de tubérculos para consumo que son utilizados como semilla por agricultores poco informados. Este mismo riesgo es muy común debido al intercambio libre o contrabando de tubérculos entre fronteras de países vecinos, que en cierta medida reflejan la escasa difusión que se hace a la ciudadanía para advertir de los peligros y riesgos que representan estas prácticas de intercambio. Con respecto al establecimiento legal de "áreas de cuarentena" por la presencia de *Globodera* spp. o *N. aberrans*, la situación es bastante complicada. La amplia distribución del primero en los países andinos y la del segundo en la mayoría de las áreas paperas de Bolivia, sur del Perú y noroeste argentino hacen poco factible la aplicación de esta medida legal, particularmente cuando la economía de estos agricultores descansa en el cultivo de la papa. Ante esta situación es imprescindible la protección de aquellas áreas que aún se encuentren libres de estos fitoparásitos y establecer o hacer cumplir rigurosamente las normas dictadas para la producción de tubérculos-semillas (23). De lo contrario, la diseminación de estos nematodos continuará, y se tendrán que sufrir las pérdidas atribuibles a su presencia o simplemente, se aprenderá a convivir con ellos en forma tal, que a través de un programa de manejo integrado eficiente se evitaría alcanzar niveles o densi-

dades poblacionales que sobrepasen exageradamente los niveles de tolerancia establecidos tanto para los nematodos de quiste como del rosario de la papa.

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE *GLOBODERA* SPP. Y *NACOBBUS ABERRANS*

Esencialmente estos programas se basan en la identificación, evaluación y transferencia de métodos o tácticas apropiadas para la implementación de estrategias sólidas dentro de un programa de manejo integrado de *Globodera* spp. y *N. aberrans*, sin afectar los recursos naturales y el medio ambiente. Para cumplir con estas metas debe procurarse desarrollar prácticas eficientes y estrategias nacionales que posteriormente puedan ser transferidas y adoptadas a nivel regional con el apoyo tecnológico e institucional de la cooperación internacional (17).

Estrategias nacionales: Actualmente en colaboración con los Programas Nacionales de Bolivia, Ecuador y Perú, el Centro Internacional de la Papa (CIP) vienen aplicándose en campos de agricultores, estrategias para el manejo integrado de *Globodera* spp., en los que las variedades resistentes tienen un papel principal. Asimismo, se prevee que en un plazo corto de tiempo, Colombia, Venezuela y Panamá, podrían beneficiarse de este esfuerzo, aún cuando será necesario resolver o superar ciertos problemas locales que afectan el cultivo de la papa. El éxito futuro de estas iniciativas deberá garantizarse por medio de un monitoreo permanente de actividades y sobre todo, por la participación activa y constante de las instituciones nacionales involucradas. La situación de *N. aberrans* se concreta a esfuerzos aislados

que se vienen efectuando en Bolivia, Argentina y Perú, pero que sin embargo deben ajustarse a lo indicado para *Globodera* spp. En este sentido si consideramos la situación boliviana que cumple con la mayoría de las condiciones señaladas, se deberán desarrollar e implementar soluciones a determinadas áreas que requieren de mayor atención. Así, consideramos indispensable el desarrollo de material genético con resistencia múltiple a problemas endémicos del cultivo de la papa (*N. aberrans* y *Globodera* spp.; *P. infestans* y *N. aberrans*; heladas y *N. aberrans*, virus y *N. aberrans*). Asimismo se deben identificar cultivos alternativos que sean adaptados y rentables bajo las condiciones de los sistemas agrícolas andinos. Por otro lado, y en lo posible, se debe implementar con el apoyo de la cooperación internacional, una técnica de diagnóstico que sea eficiente y de fácil acceso y aplicación (técnicas inmunológicas, desarrollo de sondas de ADN, etc.). Finalmente, es necesario apoyar tecnológicamente al Programa Nacional de Certificación de Semillas, para un efectivo cumplimiento de las normas legales existentes y considerar la alternativa tecnológica del tratamiento de tubérculos destinados a semillas.

Estrategias Regionales: Los esfuerzos locales aislados, deben ser enfocados desde un ángulo regional. Es así que el esfuerzo iniciado por el CIP para implementar estrategias para el manejo integrado de *Globodera* spp. a nivel regional es encomiable y se fundamenta en utilizar y coordinar las ventajas comparativas del personal y facilidades desarrolladas y existentes en cada país. El desarrollo e implementación de una estrategia regional para *N. aberrans*, se encuentra en la fase de propuestas informales, aún cuando el CIP y el Programa de Investigación de la Papa (PROINPA) en

Bolivia, vienen apoyando y promoviendo el establecimiento de un proyecto regional que coordine y optimice los avances tecnológicos alcanzados a nivel de cada país (18).

LITERATURA CITADA

1. ARCOS, J. y R. CAHUANA. 1992. Nivel de daño de *Nacobbus aberrans*. II Congreso Peruano de Nematología, Cajamarca, Perú, 24 p. (Resumen).
2. BALDERRAMA, F., J. FRANCO y R. MONTECINOS. 1993. *Beauveria brongniartii* como biocontrolador del nematodo del "rosario" de la papa, *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne et Allen, 1944. Revista de Agricultura 22:15-24.
3. BOLUARTE, T. y P. JATALA. 1992. Desarrollo del esquema internacional de clasificación de razas fisiológicas en *Nacobbus aberrans*. II Congreso Peruano de Nematología, Cajamarca, Perú, 30 p. (Resumen).
4. BRATHWAITE, CH. W. 1982. Política del IICA sobre intercambio de germoplasma de papa y yuca en América Latina y el Caribe. Pp. 223-230 en W. Roca, C. D. Hershey y O. Malamud, Eds. Taller Latinoamericano sobre Intercambio de Germoplasma de Papa y Yuca. CIAT, Cali, Colombia.
5. BRODIE, B. B., K. EVANS y J. FRANCO. 1993. Nematode Parasites of Potato. Pp. 87-132 en K. Evans, D. Trudgill and J. Webster, Eds. Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture. CAB International, United Kingdom.
6. CANTO, M. y M. SCURRAH. 1977. Races of the potato cyst-nematode in the andean region and a new system of classification. Nematologica 23:340-349.
7. CASTIBLANCO, O. 1992. Razas y gama de hospedantes en diferentes poblaciones de *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944. Tesina de la Escuela Técnica Superior de Agronomía, Cochabamba, Bolivia, 73 pp.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1992. Annual Report CIP, 1992, Lima, Perú, 254 pp.
9. COSTILLA, M. 1985a. El falso nematodo del nudo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne et Allen, 1944 y su relación con el cultivo de la papa en el Noroeste Argentino. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 62:79-97.

10. COSTILLA, M. 1985b. Experiencias de control químico del falso nematodo del nódulo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne et Allen, 1944, en tubérculos de papa en la Argentina. Pp. 17-20 en J. Franco y H. Rincón, Eds. Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de Papa, CIP, Lima, Perú.
11. COSTILLA, M. 1989. Comportamiento e importancia de tres poblaciones del falso nematodo del nudo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne et Allen, 1944, como plaga del tomate y pimiento en tres localidades del Noroeste Argentino. Resúmenes de la XXI Reunión Anual de la ONTA, Tucumán, Argentina: 18 (Resúmen).
12. ESPRELLA, R. 1993. Evaluación en parcelas campesinas de la población del nematodo quiste de la papa (*Globodera* spp.) en función al tiempo de descanso. Altiplano Central Boliviano. Tesis Ing. Agr., Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, 115 pp.
13. EVANS, K., J. FRANCO y M. SCURRAH. 1975. Distribution of species of potato cyst-nematodes in South America. *Nematologica* 21:365-369.
14. FRANCO, J. 1979. The potential for integrated management of potato pests in developing countries. Pp. 487-490 en Vol II, IX International Congress of Plant Protection, Washington, D.C., U.S.A.
15. FRANCO, J. y E. BENDEZÚ. 1985. Estudio del complejo *Verticillium dahliae* Kleb. y *Globodera pallida* Stone y su efecto en el comportamiento de algunos cultivares peruanos de papa. *Fitopatología* 20:21-27.
16. FRANCO, J., A. GONZALEZ, A. MATOS y H. TORRES. 1989. *Beauveria bassiana*: promisor biocontrolador del nematodo quiste de la papa *Globodera pallida*. *Fitopatología* 24:23-28.
17. FRANCO, J., R. MONTECINOS y N. ORTUÑO. 1992a. Management strategies of *Nacobbus aberrans*. Pp. 240-248 en F. J. Gommers & P. W. Th. Mass, eds. *Nematology from Molecule to Ecosystem*, European Society of Nematologists, Scotland.
18. FRANCO, J., R. MONTECINOS y N. ORTUÑO. 1992b. *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.
19. GOMEZ-TOVAR, J. 1973. Contribución al estudio de infestación y difusión del falso nematodo del nudo de Cobb, *Nacobbus serendipiticus* Franklin en el Perú. *Nematropica* 3:4 (Resúmen).
20. GOMEZ, E. y A. V. LITTLE. 1981. Geocology of the Andes. The Natural Science Basis for Research Planning, Mountain Research and Development 1:115-144.
21. GRECO, N. y I. MORENO. 1992. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sown potato in Chile. *Nematropica* 22:165-173.
22. HERRERA, J. E. y G. J. SCOTT. 1992. Tendencias en la producción y uso de la papa en América Latina: un análisis comparativo. P. 375 en G. Scott, J. F. Herrera, N. Espínola, M. Daza, C. Fonseca, H. Fano y M. Benavides, eds. *Desarrollo de Productos de Raíces y Tubérculos*, Vol. II, América Latina, CIP, Lima, Perú.
23. HIDALGO, O. 1989. Progresos en la producción de tubérculos-semillas de papa en Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa (ALAP)* 2:1-28.
24. INSERRA, R., G. GRIFFIN y J. ANDERSON. 1985. The false root-knot nematode *Nacobbus aberrans*. Research Bulletin 510. Utah Agriculture Experimental Station, Logan, Utah, U.S.A., 14 pp.
25. INTERNATIONAL POTATO CENTER (CIP). 1991. Meeting the Challenge: The International Potato Center's Strategy for the 1990s and Beyond. CIP, Lima, Peru, 110 pp.
26. JATALA, P., L. GUTARRA, E. R. FRENCH y J. ARANGO. 1976. Interaction of *Heterodera pallida* and *Pseudomonas solanacearum* on potatoes. *Journal of Nematology* 8:289-290.
27. JATALA, P., R. KALTENBACH y M. BOCANGEL. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. *Journal of Nematology* 11:103 (Resúmen).
28. JAVIER, E. 1993. Evaluación de pérdidas en el rendimiento del cultivo de papa ocasionados por *Globodera* spp. Tesis Ing. Agr., Universidad Autónoma Tomás Frías, Potosí, Bolivia.
29. KORT, J., H. ROSS, H. J. RUMPENHORST y A. R. STONE. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23:333-339.
30. LA MONDIA, J. A. y B. B. BRODIE. 1984. Control of *Globodera rostochiensis* by solar heat. *Plant Disease* 68:474-476.

31. LLONTOP, J., J. FRANCO y M. SCURRAH. 1989. María Huanca: nueva variedad resistente al nematodo de quiste de la papa (*G. pallida*). Revista Latinoamericana de la Papa (ALAP) 2:77-89.
32. MONTALVO, R. 1992. Interacción de *Nacobbus aberrans* y *Synchytrium endobioticum* en dos variedades de papa. Tesis Ing. Agr., Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, 124 pp.
33. MONTALVO, R., J. FRANCO y R. MONTECINOS. 1992. Pérdidas en el cultivo de la papa causadas por *Nacobbus aberrans* en Cochabamba. P. 10 en Resúmenes en la II Reunión Nacional de la Papa, Cochabamba, Bolivia.
34. MONTECINOS, R. y J. FRANCO. 1992. Efecto de tres nematocidas (Carbofuranos) sobre la multiplicación de *Nacobbus aberrans* y el rendimiento de papa (cvs. Waycha y Alpha). P. 39 en II Congreso Nacional de la Asociación Peruana de Fitopatología, Arequipa, Perú.
35. MONTECINOS, R., J. FRANCO y R. MONTALVO. 1992. La fertilización inorgánica en el manejo integrado de *Nacobbus aberrans* en papa. P. 29 en Resúmenes de la II Reunión Nacional de la Papa, Cochabamba, Bolivia.
36. PACHECO, M. A. 1992. Control Integrado del nematodo quiste de la papa. Informe Anual del Programa de Investigación de Papa 1991-92, Cuzco, Perú, 4 pp.
37. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE LA PAPA (PROINPA). 1991. Pp. 99-151. en Informe Anual 1990-91, Cochabamba, Bolivia.
38. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE LA PAPA (PROINPA). 1992. Pp. 128-206. en Informe Anual 1991-92, Cochabamba, Bolivia.
39. PROGRAMA DE INVESTIGACION DE LA PAPA (PROINPA). 1993. Pp. 205-330. en Informe Anual 1992-93, Cochabamba, Bolivia.
40. RODRIGUEZ-KABANA, R. 1991. Control biológico de nematodos parásitos de plantas. Nematológica 21:111-122.
41. SCURRAH, M. y J. FRANCO. 1984. Resistencia a *G. pallida* en la Zona Andina. Pp. 283-294. en XII Reunión de la ALAP, Boyaca, Colombia.
42. STAPLETON, J. J. y J. E. DE VAY. 1986. Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5:190-198.
43. VILLAGARCIA, M. y J. FRANCO. 1984. Interaction of phosphate fertilizer and cyst-nematode infestation (*G. pallida*) in two potato cultivars. Pp. 523-528. en VI Symposium of the International Society for Tropical Crops, Lima, Perú.
44. VILLARROEL, C., J. FRANCO y R. MONTECINOS. 1992. Efecto de la interacción *Globodera* spp. y *Nacobbus aberrans* en cuatro cultivares de papa. Revista de Agricultura 21:23-28.

Recibido:

26.X.1993

Received:

Aceptado para publicación:

22.V.1994

Accepted for publication: