

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA RAÍZ  
(*Meloidogyne* spp.) EN CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) DE LA  
REGIÓN PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

YENI FELIPA FLORES CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN:

FITOTECNIA

PROMOCIÓN: 2014 – I

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



“CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA RAÍZ (*Meloidogyne* spp.)  
EN CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) DE LA REGIÓN PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

YENI FELIPA FLORES CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: FITOTECNIA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 DE ENERO DE 2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : .....  
Ing. M. Sc. Juan Larico Vera

PRIMER MIEMBRO : .....  
Ing. M. Sc. Dawes Ramos Alata

SEGUNDO MIEMBRO : .....  
Ing. M. Sc. Betsabé León Ttacca

DIRECTORA DE TESIS : .....  
Ing. M. Sc. Rosario Ysabel Bravo Portocarrero

ASESOR DE TESIS : .....  
Ph. D. Israel Lima Medina

ASESOR DE TESIS : .....  
Ing. M. Sc. Jesús Arcos-Pineda

PUNO – PERÚ

2017

Área: (Ciencias agrícolas)

Tema: (Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos andinos, tropicales,  
forestales y pasturas)

## DEDICATORIA

*Con mucho amor y afecto a mis queridos  
padres: **Asterio y Alicia**, por su apoyo  
incondicional en todo momento de mi  
vida para lograr mis metas y objetivos,  
también porque día a día me apoyan  
para que siga mejorando y creciendo en  
la vida.*

*Con mucho cariño y gratitud a mis  
queridos hermanos: **Edwin, David y  
Adelina** por acompañarme siempre, por el  
constante apoyo que me brindan y porque  
siempre estaremos para apoyarnos y  
cuidarnos.*

*Un agradecimiento especial y una gran  
estima a mis amigos(as) de ayer, hoy y  
siempre, sin nombrarlos por temor a  
olvidarme de alguno de ellos.*

**Yeni Felipa.**

## AGRADECIMIENTOS

Expresar mi agradecimiento en primer lugar a Dios, luego a mi centro de formación profesional: Universidad Nacional del Altiplano – Puno y a mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.

Un agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno por el apoyo con el ambiente del Megalaboratorio para la realización de procedimientos en laboratorio.

Un agradecimiento especial a INNOVATE – PERÚ (Ministerio de la producción) por el apoyo financiero mediante el proyecto: “Diversidad biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares”.

A la M. Sc. Rosario Ysabel Bravo Portocarrero por haberme dirigido en todo el desarrollo de este trabajo de investigación y por ser mi guía durante todo el proceso.

Al Ph. D. Israel Lima Medina por la confianza para el desarrollo de este trabajo de investigación en el proyecto *Meloidogyne*, por el valioso apoyo brindado durante todo este proceso como asesor y como guía.

A mis compañeros del proyecto por su apoyo, cariño y amistad: Zheylya, Marilia, Shadam, Sthewar, Noely, **Cielo**, Maritza, Yanet, Elizabeth, Anibal y Royer

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FICHAS METEOROLÓGICAS

RESUMEN ..... 16

INTRODUCCIÓN ..... 17

**CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y  
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 20**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 20

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 22

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 26

**CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE  
LA INVESTIGACIÓN ..... 27**

2.1. MARCO TEÓRICO ..... 27

2.1.1. Cultivo de papa ..... 27

2.1.2. Variedades de papa ..... 28

2.1.3. Nematodos fitoparásitos ..... 31

2.1.5. Formas de parasitismo ..... 32

2.1.6. Géneros de nematodos fitoparásitos ..... 32

2.1.7. Nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) ..... 35

2.1.8.	Historia de <i>Meloidogyne</i> spp. ....	36
2.1.9.	Ubicación taxonómica del género <i>Meloidogyne</i> .....	37
2.1.10.	Características generales del género <i>Meloidogyne</i> .....	37
2.1.11.	Biología del género <i>Meloidogyne</i> .....	38
2.1.12.	Formas de reproducción del género <i>Meloidogyne</i> .....	40
2.1.13.	Síntomas en la planta causados por el nematodo del género <i>Meloidogyne</i> .....	41
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	42
2.3.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
<b>CAPÍTULO III. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>47</b>
3.1.	Fase de campo .....	47
3.1.1.	Colecta de muestras de suelo y raíces.....	47
3.2.	Fase de laboratorio .....	48
3.2.1.	Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964) .....	48
3.2.2.	Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972).....	49
3.2.3.	Identificación morfológica de nematodos fitoparásitos.....	51
3.2.4.	Caracterización bioquímica para identificación de especies de <i>Meloidogyne</i> .....	52
3.3.	Fase de invernadero.....	53

3.3.1.	Parámetro de evaluación de la altura de planta y el peso de la parte aérea de la planta en variedades de papa nativas y mejoradas .....	56
3.3.2.	Parámetro de evaluación del peso de la raíz y número de nódulos en raíz en variedades de papa nativas y mejoradas .....	56
3.3.3.	Parámetro de evaluación del número de tubérculos y el número de protuberancias en tubérculos en variedades de papa nativas y mejoradas .....	56
3.3.4.	Parámetro de evaluación del número de huevos y juveniles y el factor de reproducción en variedades de papa nativas y mejoradas .....	57
<b>CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>58</b>
4.1.	Ámbito de investigación .....	58
4.2.	Lugar de ejecución .....	59
4.3.	Duración.....	59
<b>CAPÍTULO V. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>		<b>61</b>
5.1.	Géneros de nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.....	61
5.1.1.	Género <i>Meloidogyne</i> .....	61
5.1.2.	Género <i>Nacobbus</i> .....	62
5.1.3.	Género <i>Pratylenchus</i> .....	64
5.1.4.	Género <i>Helicotylenchus</i> .....	65
5.1.5.	Género <i>Mesocriconema</i> .....	66
5.1.6.	Género <i>Xiphinema</i> .....	67
5.1.7.	Género <i>Dorylaimus</i> .....	68

5.1.8. Género <i>Globodera</i> .....	68
5.1.9. Nematodos de vida libre .....	69
5.2. Variación de la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.....	70
5.2.1. Densidad poblacional promedio del género <i>Meloidogyne</i> en cultivo de papa de la región Puno .....	72
5.2.2. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Nacobbus</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	73
5.2.3. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Pratylenchus</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	75
5.2.4. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	76
5.2.5. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	77
5.2.6. Variación de la densidad promedio poblacional del género <i>Xiphinema</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	79
5.2.7. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Dorylaimus</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	80
5.2.8. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Globodera</i> en cultivo de papa de la región Puno.....	81
5.2.9. Variación de la densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en cultivo de papa de la región Puno.....	83

5.3. Identificación del nematodo del nódulo de la raíz ( <i>Meloidogyne</i> spp.) en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.....	84
5.4. Resistencia de variedades de papa nativas y mejoradas de la región Puno a <i>Meloidogyne hapla</i> en invernadero.....	88
5.4.1. Evaluación de la altura de la planta en nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	88
5.4.2. Evaluación del peso de la parte aérea de la planta en nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	91
5.4.3. Evaluación del peso de la raíz en nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	92
5.4.4. Evaluación del número de tubérculos en nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	94
5.4.5. Evaluación del número de protuberancias en tubérculos en nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	96
5.4.6. Evaluación del número de huevos y juveniles y el factor de reproducción en nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	115

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos ( <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Nacobbus</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Helicotylenchus</i> spp., <i>Mesocriconema</i> spp., <i>Xiphinema</i> spp., <i>Dorylaimus</i> spp., <i>Globodera</i> spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (densidades poblaciones menores y densidades poblacionales mayores) presentes en cada provincia muestreada en la región Puno. ....	71
<b>Cuadro 2:</b> Altura de la planta de nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> . 89	
<b>Cuadro 3:</b> Peso de la parte aérea de la planta de nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> . ....	91
<b>Cuadro 4:</b> Peso de la raíz de nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	92
<b>Cuadro 5:</b> Número de tubérculos de nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> . ....	94
<b>Cuadro 6:</b> Número de protuberancias en tubérculos de nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> . ....	96
<b>Cuadro 7:</b> Número huevos y juveniles y el factor de reproducción de nueve variedades de papa inoculadas con <i>M. hapla</i> .....	98
<b>Cuadro 8:</b> Datos generales de los lugares evaluados de la región Puno. ....	115
<b>Cuadro 9:</b> Datos generales de los lugares y cultivo de papa evaluado de la región Puno. ....	117
<b>Cuadro 10:</b> Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la región Puno. ....	119
<b>Cuadro 11:</b> Porcentaje de incidencia por productor, densidades medias y rangos mayores y menores de individuos/100 cm <sup>3</sup> de suelo.....	120
<b>Cuadro 12:</b> Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Capachica, provincia de Puno de la región Puno. ....	124
<b>Cuadro 13:</b> Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Taraco, provincia de Huancané de la región Puno. ....	125
<b>Cuadro 14:</b> Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Juli, provincia de Chucuito de la región Puno. ....	126
<b>Cuadro 15:</b> Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Cuyo Cuyo, provincia de Sandía de la región Puno.....	127
<b>Cuadro 16:</b> Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Azángaro, provincia de Azángaro de la región Puno. ....	128

**Cuadro 17:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Copani, provincia de Yunguyo de la región Puno..... 129

**Cuadro 18:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Macusani, provincia de Carabaya de la región Puno. .... 130



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ciclo de vida de <i>Meloidogyne</i> spp. ....	40
<b>Figura 2:</b> Colecta de muestras de suelo (A: Colecta de muestras de suelo en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo y B: Raíces infestadas con <i>Meloidogyne</i> spp. y <i>Nacobbus</i> spp.). ....	48
<b>Figura 3:</b> Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (A: Eliminación de la parte sedimentada del suelo de proporción 250 cm <sup>3</sup> de suelo, B: Vertido del sobrenadante en los tamices 60, 100 y 400 Mesh respectivamente, C: Recolecta de suelo del tamiz 400 Mesh para procedimiento de centrifugación, D: Proceso de centrifugación con solución cal hidratada, E: Lavado con chorros fuertes de agua del sobrenadante de la solución sacarosa y F: Recolecta de nematodos para su posterior identificación de en estereoscopio). ....	50
<b>Figura 4:</b> Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (A: Raíces infestadas con <i>Meloidogyne</i> spp. cortadas en pedazos, B: Solución de hipoclorito de sodio adicionada a la licuadora, C: Licuado a máxima velocidad por un minuto y D: Tamizado en tamices de 60, 100 y 500 Mesh). ....	51
<b>Figura 5:</b> Caracterización bioquímica para identificación de especies de <i>Meloidogyne</i> (A: Hembras almacenadas en tubos capilares con solución tritón, B: Extracción de hembras de los tubos capilares con micro jeringa, C: Corrida de gel en cubas a 80 voltios por aproximadamente 4 horas y D: Gel iso enzimático después de 4 horas). ....	54
<b>Figura 6:</b> Procedimientos evaluados en fase de invernadero (A: Cinco variedades de papa nativas y cuatro variedades de papa mejoradas sembradas en bolsas de polietileno, B: Plantas inoculadas con 5,000 huevos + juvenil (J2) de <i>Meloidogyne</i> spp./planta y C: Evaluación de número de protuberancias en tubérculos infestados). ....	57
<b>Figura 7:</b> Mapa de ubicación de los distritos evaluados en la región Puno. ....	58
<b>Figura 8:</b> Histograma de datos meteorológicos de la campaña agrícola 2015-2016 en siete distritos de la región Puno. ....	60
<b>Figura 9:</b> Género <i>Meloidogyne</i> (A: Longitud del cuerpo del estado juvenil, B: Longitud de estilete del estado juvenil y C: Hembra adulta de <i>M. hapla</i> ). ....	62
<b>Figura 10:</b> Género <i>Nacobbus</i> (A: Longitud del cuerpo de una hembra adulta de <i>N. aberrans</i> , B: Longitud de cuello de la hembra adulta de <i>N. aberrans</i> y C: Longitud del cuerpo del estadio juvenil de <i>N. aberrans</i> ). ....	64
<b>Figura 11:</b> Género <i>Pratylenchus</i> (A: Longitud de cuerpo de una hembra y B: Longitud de estilete). ....	65
<b>Figura 12:</b> Género <i>Helicotylenchus</i> (A: Longitud de cuerpo de una hembra y B: Estilete). ....	66

<b>Figura 13:</b> Género <i>Mesocriconema</i> (A: Longitud de estilete y B: Longitud del cuerpo). .....	67
<b>Figura 14:</b> Género <i>Xiphimena</i> (A: Estilete y B: Cuerpo del estado vermiforme). .....	67
<b>Figura 15:</b> Género <i>Globodera</i> (A: Longitud del cuerpo de un quiste y B: Quistes de diferentes tamaños). .....	69
<b>Figura 16:</b> A: Nematodo de vida libre y B: Cavidad bucal esclerotizada (odontoestilete) de un nematodo de vida libre. ....	70
<b>Figura 17:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Meloidogyne</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	72
<b>Figura 18:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Nacobbus</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	74
<b>Figura 19:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Pratylenchus</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	75
<b>Figura 20:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	76
<b>Figura 21:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	78
<b>Figura 22:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Xiphinema</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	79
<b>Figura 23:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Dorylaimus</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	80
<b>Figura 24:</b> Densidad poblacional promedio del género <i>Globodera</i> en cultivo de papa de la región Puno. ....	81
<b>Figura 25:</b> Densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en cultivo de papa de la región Puno. ....	83
<b>Figura 26:</b> Corte perineal de <i>Meloidogyne hapla</i> , especie encontrada en muestras de suelo en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo de la región Puno. ....	85
<b>Figura 27:</b> Gel iso enzimático (A: Padrón <i>Meloidogyne javanica</i> (esterase J3) y B: <i>M. hapla</i> (esterase H1)). ....	86
<b>Figura 28:</b> Especies de <i>Meloidogyne</i> identificadas con la isoenzima esterase, Rm:movimiento relativo. ....	87
<b>Figura 29:</b> Alturas de nueve variedades de papa nativas y mejoradas de la región Puno (A: Lomo blanco, B: Mariva, C: Huayro, D: Imilla negra, E: Yungay, F: Peruanita, G: Imilla blanca H: Ccompis y I: Andina. ....	90

- Figura 30:** Síntomas de amarilleamiento y crecimiento deficiente de plantas del cultivo de papa en la provincia de Yunguyo. .... 91
- Figura 31:** Evaluación de raíces de nueve variedades de papa de la región Puno (A: Imilla blanca, B: Lomo blanco, C: Imilla negra, D: Huayro, E: Ccompis, F: Mariva, G: Andina, H: Peruanita y I: Yungay). .... 93
- Figura 32:** Evaluación del número de tubérculos en variedades de papas nativas y mejoradas inoculadas con *M. hapla* (A: Peruanita, B: Imilla negra, C: Huayro, D: Imilla blanca E: Yungay, F: Mariva y F: Lomo blanco). .... 95
- Figura 33:** A: Tubérculos de papa con protuberancias, síntomas causados por *Meloidogyne* spp., B: Tubérculos de papa con protuberancias en la variedad lomo blanco causado por *Meloidogyne hapla* y C: Corte transversal de un tubérculo dañado por *M. hapla*. .... 97
- Figura 34:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Capachica, provincia de Puno. .... 138
- Figura 35:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Juli, provincia de Chucuito. .... 138
- Figura 36:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Copani, provincia de Yunguyo. .. 139
- Figura 37:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Macusani, provincia de Carabaya. .... 139
- Figura 38:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Taraco, provincia de Huancané. . 140
- Figura 39:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Cuyocuyo, provincia de Sandía. . 140
- Figura 40:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Cuyocuyo, provincia de Sandía... 141
- Figura 41:** A: Pesado de muestras de parte aérea de la planta de papa y B: Peso de la parte radicular de la planta de papa. .... 141
- Figura 42:** Evaluación de desarrollo y crecimiento del cultivo de papa en invernadero (A: Siembra de nueve variedades de papa, B: Emergencia de la planta, C y D: Crecimiento vegetativo, E: Floración y F: Inicio de senescencia). .... 142

**ÍNDICE DE FICHAS METEOROLÓGICAS**

<b>FICHA METEOROLÓGICA 1:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Azángaro. ....	131
<b>FICHA METEOROLÓGICA 2:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Huancané. ....	132
<b>FICHA METEOROLÓGICA 3:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Yunguyo. ....	133
<b>FICHA METEOROLÓGICA 4:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Chucuito. ....	134
<b>FICHA METEOROLÓGICA 5:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Puno. ....	135
<b>FICHA METEOROLÓGICA 6:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Carabaya. ....	136
<b>FICHA METEOROLÓGICA 7:</b> Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa en la campaña agrícola 2015 - 2016 de la provincia de Sandía. ....	137

## RESUMEN

La presencia de nematodos fitoparásitos en cultivos agrícolas ocasionan grandes pérdidas en la producción a nivel mundial, pudiendo llegar hasta un 12%; en países andinos la disminución en rendimiento en cultivo de papa varía de 13 a 58%. En la región Puno los nematodos del género *Globodera* y *Nacobbus* son los que más daños vienen causando al cultivo de papa; sin embargo, se tienen reportes de la presencia del género *Meloidogyne*; siendo los objetivos del presente trabajo caracterizar e identificar las especies del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de papa, así como otros géneros existentes, además determinar la variación de la densidad poblacional en la región Puno, adicionalmente verificar la resistencia en variedades de papa nativas y mejoradas. Se evaluaron 160 muestras provenientes de siete distritos de siete provincias de la región Puno, durante la campaña agrícola 2015 – 2016. Las muestras de suelo colectadas fueron procesadas por el método de fluctuación centrífuga en solución sacarosa, posteriormente llevadas a estereoscopio para la identificación a nivel de género de sus características morfológicas, morfométricas y para la evaluación de la densidad poblacional promedio; mientras que para la resistencia en invernadero se inoculó una población de 5000 huevos + juveniles de *Meloidogyne* spp. en cinco variedades de papa nativas y cuatro variedades de papa mejoradas, y evaluadas cuando la primera variedad entre en senescencia. Los resultados demostraron que mediante características morfológicas del patrón perineal de hembras del género *Meloidogyne* y mediante caracterización bioquímica con el método de electroforesis en gel con isoenzima esterase; se encontró que la especie presente en el cultivo de papa en la región Puno es *Meloidogyne hapla*, adicionalmente se observó la presencia de ocho géneros de nematodos fitoparásitos: *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, *Globodera* y nematodos de vida libre (saprófitas y predadores). El género *Meloidogyne* fue encontrado en las provincias de Yunguyo y Sandia con densidades poblacionales promedio de 2.4 y 0.1 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente; asimismo, fue observado la presencia del género *Globodera* en todas las áreas muestreadas (incidencia 100%), la densidad poblacional promedio más alta se presentó en la provincia de Carabaya con 66.20 quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo, evidenciando así su diseminación en toda la región Puno. La resistencia de variedades nativas y mejoradas de papa a nivel de invernadero en la región Puno, demostraron que las variedades imilla negra, ccompis, lomo blanco, mariva, imilla blanca y huayro resultaron resistentes a *M. hapla* (factor de reproducción (FR) = 0.120, 0.097, 0.059, 0.058, 0.047 y 0.046 respectivamente), mientras que las variedades peruanita, yungay y andina son inmunes a *M. hapla* (FR = 0), a través de los otros parámetros: la altura de la planta, peso de la parte aérea de la planta, peso de la raíz, número de tubérculos y número de protuberancias en tubérculo, no se observó significancia en ninguna de las variedades de papa evaluadas.

**Palabras claves:** Densidad poblacional, electroforesis, inmunidad, *Meloidogyne hapla*, nematodos fitoparásitos, resistencia, variedades nativas y mejoradas.

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) se encuentra entre los cuatro cultivos alimenticios más importantes del mundo, junto al trigo, arroz y maíz (Ministerio de agricultura [MINAGRI], 2014); permitiendo disminuir la vulnerabilidad y la inseguridad alimentaria (Di Vito, Greco, Carputo y Frusciante, 2003). La papa es uno de los alimentos más completos para la alimentación humana, siendo fuente nutricional de proteínas, vitaminas y sales minerales de alta calidad (Godoy, Scotti y Bueno, 2003, Lima, Bellé, Casa, Da Silva y Bauer, 2016), y es considerado el cultivo de mayor consumo en nuestro país; sin embargo, su productividad está siendo disminuido por factores bióticos y abióticos que afectan los rendimientos obtenidos (Cahuana *et al.*, 2012).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2016) en los tres primeros meses del año se cosechó 60,785 hectáreas (há) de papa en el Perú, produciendo 869,239 toneladas de papa, las regiones que presentaron mayor producción fueron: Huánuco, La Libertad, Cajamarca y Puno (125,551; 123,495; 99,651 y 92,834 toneladas (t.) respectivamente). Asimismo, comparando con la campaña agrícola 2015 la región Puno incrementó su producción en un 77.1%.

En la campaña agrícola 2014 – 2015 en la región Puno, la provincia de Carabaya lidera en producción de papa con 166,982.00 t. seguido de las provincias de Azángaro, Huancané, Collao, Sandía, Puno, Chucuito, San Román, Yunguyo, Lampa, Moho, Putina y Melgar (101,687.90; 77,857.20; 59,026.00; 58,936.00; 56,933.00; 50,808.00; 40,809.00; 37,990.00; 31,807.30; 14,555.40; 14,469.00 y 1,487.00 toneladas respectivamente) (Dirección regional agraria [DRA], 2016).

Más de 140 especies, distribuidas en 45 géneros de nematodos parásitos de plantas se han encontrado asociadas al cultivo de papa cuyo promedio de pérdidas anuales se

estiman en 12% de su producción (Koenning y Barker, 1998), en tanto puede darse pérdidas de un 100% (Pinheiro y Lopes, 2011), limitando así la producción de papa. De acuerdo con Silva y Santos (2007) mencionan que las pérdidas en su mayoría están relacionadas con las especies de nematodos fitoparásitos, sus niveles de población/año de cultivo y susceptibilidad del cultivar o variedad.

Entre los nematodos fitoparásitos, los formadores de nódulos pertenecientes al género *Meloidogyne* son considerados los de mayor importancia económica a nivel mundial por los daños que causan, caracterizados por una reducción notable de los rendimientos y el gran número de especies de plantas que atacan (Trudgill y Blok, 2001).

En el cultivo de la papa, las especies del género *Meloidogyne* son consideradas como las principales responsables en causar daños a diferentes variedades cultivadas en el mundo, presentando síntomas como: el amarillamiento, reducción en el tamaño de la planta, formación de nódulos en la raíz y deformación en los tubérculos, lo que posteriormente inviabiliza su comercialización (Montero, García, Salazar, Valverde y Gómez, 2007, Lima, 2013).

Dentro de las especies de *Meloidogyne* que atacan al cultivo de papa en diferentes países, *M. javanica* es considerada la de mayor importancia, seguida de *M. incognita*, *M. hapla* y *M. arenaria* (Charchar y Moita, 2001).

Un manejo adecuado de los nematodos parásitos de las plantas, en el cultivo de papa, depende principalmente del manejo agronómico, la temporada de siembra y el nivel de infestación del suelo donde está establecido el cultivo (Charchar, 1995).

Especies de papas silvestres (*Solanum* spp.) representan una gran reserva de diversidad genética para genes de resistencia a enfermedades (Van Der Beek, Poleij,

Zijlstra, Janssen R. y Janssen G., 1998); también en Europa son usados programas de mejoramiento para resistencia a *M. hapla* (Pinheiro y Lopes, 2011).

El uso de cultivares de papa resistentes a *Meloidogyne* spp. es una de las alternativas más empleadas por ser de muy bajo costo y de alta eficiencia en la resistencia (Lima, Coila, Gomes, Pereira y Nazareno, 2014).



## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La intensa actividad agrícola dedicada al cultivo de papa en la región Puno, ha ocasionado que sus campos de producción sean considerados como zonas habituales de numerosas plagas y enfermedades (León y Romero, 2005). Dentro de los problemas que afectan el rendimiento están los factores abióticos como: el agua, la temperatura, el suelo, la humedad, el pH y los nutrientes que afectan el normal desarrollo de la planta de papa; las heladas también pueden causar severos daños en el rendimiento total (Ortiz, 1999).

Entre las plagas y enfermedades más importantes que afectan el cultivo de papa se tiene: el complejo gorgojo de los andes (*Premnotrypes solaniperda* K. y otras especies), la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Z.), los lackatos o gallinas ciegas (*Bothynus relictus* S.) (Bravo, 2010). El virus del mosaico rugoso ó PVX (*Potato virus X*), el virus del mosaico severo de la papa ó PVY (*Potato virus Y*), el virus del enrollamiento de la hoja ó PLRV (*Potato leaf roll Virus*); la ranchara (*Phytophthora infestans* M.), la verruga (*Synchytrium endobioticum* S.), la roña (*Spongospora subterranea* W.), el kasahui (*Ulocladium alboatrum* P.); la marchitez bacteriana (*Pseudomonas* spp.) y los nematodos: falso nematodo del nódulo de la raíz (*Nacobbus aberrans* T.), el quiste de la papa (*Globodera* spp.), el nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2003).

Los nematodos parásitos de plantas con más de 1,400 especies descritas constituyen uno de los grupos más importantes de organismos que habitan en el suelo

y que a menudo se tornan en uno de los problemas fitosanitarios más difíciles de controlar en desmedro de la producción agrícola y por ende de la economía agraria (Gonzales y Franco, 1997).

Según Barker (1998) menciona que los principales daños causados por nematodos de la papa, ocasionan pérdidas que se estiman en 12.2% por año, pudiendo alcanzar el 100% en varias regiones del mundo (Sasser y Freckman, 1987, Silva y Santos, 2007). Por lo tanto, estos fitoparásitos se consideran como un factor limitante para la producción de papa (Pinheiro y Lopes, 2011).

Uno de los principales problemas fitosanitarios que inciden sobre la producción de papa en los andes peruanos, entre los nematodos lo constituyen las especies del género *Globodera* (*G. rostochiensis* W. y *G. pallida* S.), parásitos que causan daños significativos en los rendimientos y en la calidad de los tubérculos cosechados (Cansaya, 2012). Las pérdidas que ocasionan son difíciles de estimar y frecuentemente varían con el nivel de infestación en el terreno, variedad de papa cultivada y las condiciones del medio ambiente. La disminución en rendimiento afectado por nematodos en tubérculos de papa puede variar entre 13 a 58% de la producción en los países andinos (León y Romero, 2005).

*Meloidogyne* spp. es un nematodo polífago, capaz de parasitar más de 3,000 especies de plantas, entre silvestres y cultivadas. Además de ello, debido a su exitoso parasitismo y su alta especialización desarrollada en su hospedante, así como su permanencia en el suelo, son de difícil erradicación, constituyendo así un problema de importancia global en los cultivos de importancia económica (Vera, 2014).

En la región Puno, de acuerdo a bibliografía consultada, se desconoce la presencia del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) ni se tiene

cuantificado la densidad poblacional de las diferentes especies de este nematodo en las áreas del cultivo de papa.

## 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Problemas con *Meloidogyne* spp., se centran en cuatro especies: las tres especies tropicales, *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*, y la especie de clima frío, *M. hapla*; cada una tiene un extenso rango de hospederos y están distribuidas alrededor del mundo; estas cuatro especies comprenden el 99% de todas las especies identificadas de una colección de 662 poblaciones de 65 países (Perry, Moens y Star, 2009).

En Bolivia en 1985, *Meloidogyne* sp. fue detectado atacando al cultivo de papa en Betanzos departamento de Potosí, a una altitud de 3,100 msnm (Cabanillas, 1985). Entre los años de 1993 y 1994 se registró también la presencia de *Meloidogyne* sp. en parcelas destinadas a la producción de semilla de papa de las variedades alpha y désirée (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) en las comunidades de Monte Punku (2,900 msnm) y Moyapampa – Totorá (2,950 msnm), del departamento de Cochabamba (Coca, 1992).

En Bolivia, se diagnosticaron campos de papa sembrada con las variedades (desirée, waych'a) por encima de los 3,500 msnm; donde se determinó que *Meloidogyne* spp. está diseminado específicamente en los departamentos de Potosí, Chuquisaca, Tarija y Cochabamba, con severidades e incidencias altas. De la misma forma el mismo autor colectó muestras de suelo en 1,708 parcelas de las localidades ya mencionadas anteriormente, realizó un análisis morfológico (patrones perineales) de las especies de *Meloidogyne* y determinó que no corresponden a las especies; *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla* y *M. javanica* (Ortuño, Rojas, Oros y Díaz, 2013).

Concluyendo así que se trataría de otra especie de *Meloidogyne* sp., por la cual el autor recomienda recurrir a técnicas modernas para la identificación de la especie de forma precisa.

El trabajo denominado “el género *Meloidogyne* y el cultivo de papa en Argentina”, indican como conclusión que las especies de *Meloidogyne* de importancia cuarentenaria internacional son *M. chitwoodi* y *M. fallax* (Chaves y Torres, 2001).

En Argentina han sido detectados tubérculos de papa contaminados por *Meloidogyne* spp. (*M. Chitwood* en la localidad de Buenos Aires; *M. incognita* en las localidades de Buenos Aires, Catamarca, Chubut, Mendoza, Neuquen, Río Negro y Tucumán; *M. hapla* en las localidades de Buenos Aires, Chubut, Mendoza, Río Negro y Santa Cruz; *M. arenaria* en las localidades de Catamarca, Chubut, Mendoza y Río Negro; *M. javanica* en las localidades de Buenos Aires, Catamarca, Mendoza y Tucumán) (Chaves y Torres, 2001).

En Argentina tubérculos de distintas variedades de papa andina son atacada con *M. javanica* en la variedad collareja, *M. javanica* + *M. incognita* en las variedades negra y tuni, *Nacobbus aberrans* + *M. incognita* en las variedades runi e imilla, *N. aberrans* + *M. javanica* en la variedad collareja (Lax, Doucet, Gallardo, Muruaga de L'Argentier y Vilté, 2006).

En Costa Rica se detectó *M. incognita* en tubérculos de papa; provenientes de dos localidades (Capellades y Llano Grande de Cartago); donde el diseño perineal de las hembras extraídas de los tubérculos infectados de la variedad floresta y el clon bananito, correspondían a *M. incognita*, por lo que recomendaron investigar cuales son las causas que promueven la infección de los tubérculos en ambas localidades ya

que cerca del 90% del área cultivada de papa corresponde a la variedad floresta (Montero *et al.*, 2007).

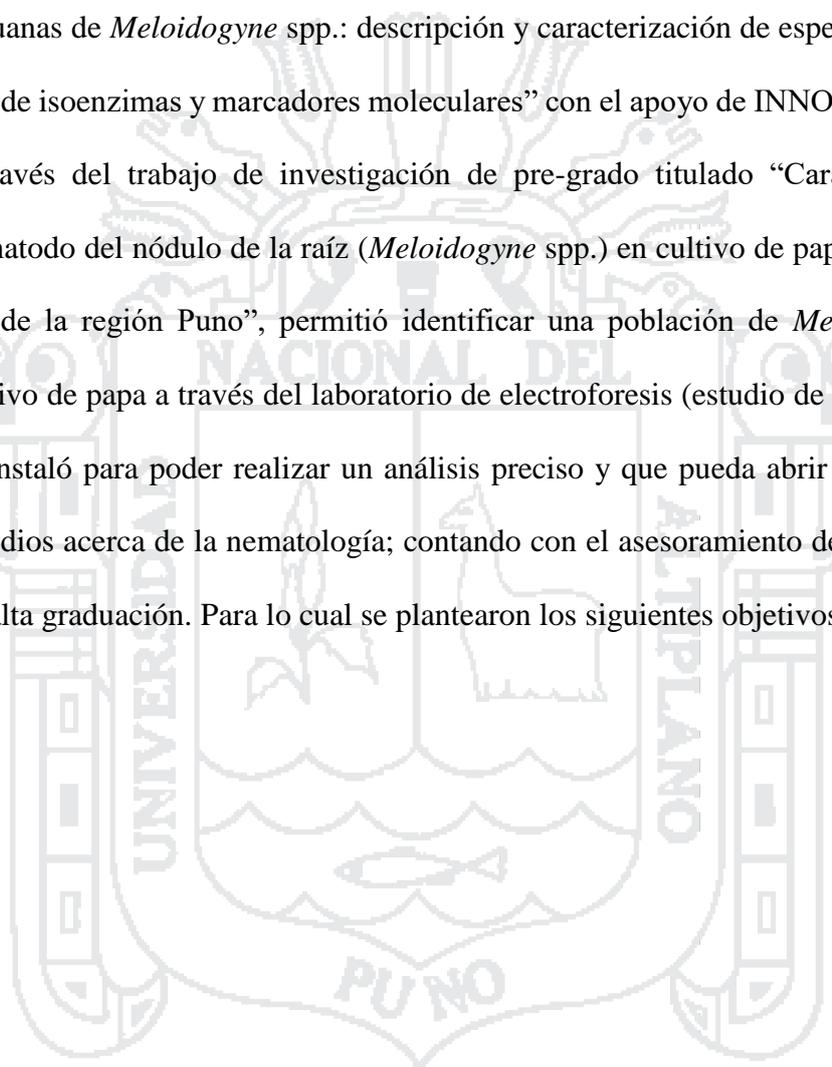
En Brasil, la gran mayoría de cultivares de papa evaluadas en investigaciones en los estados de Rio Grande del Sur, Santa Catarina y Paraná son susceptibles a las poblaciones *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. enterolobii*, *M. ethiopica* e *M. graminicola*; asimismo, se observó resistencia en los cultivares eliza, cristina, asterix y BRSIPR bel a *M. graminicola*, y la variedad eliza presentó resistencia moderada a *M. ethiopica* (Lima, 2013).

De acuerdo con Scurrah (2008) citado por Pinheiro y Lopes (2011) en la investigación llevada a cabo por el Centro Internacional de la Papa (CIP – Perú), se identificaron genes de resistencia en *Solanum sparsipilum* a *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*. Según el autor, en la actualidad esta especie está siendo utilizada en programas de mejoramiento avanzadas en Francia y en otros países para poner en marcha las perspectivas futuras de los materiales con resistencia al “nematodo del nódulo de la raíz”; pero en ninguna de las accesiones probadas en este estudio, hay registro de *S. sparsipilum* como patrón.

En nuestro país, a través de la técnica molecular de PCR (Reacción en cadena de polimerasa) se identificaron diferentes especies de *Meloidogyne* provenientes de cultivos de diferentes regiones del Perú, identificándose en el cultivo de papa dos especies de *Meloidogyne* (*M. incognita* y *M. arenaria*) provenientes de las regiones de Apurímac y Lima respectivamente (Vera, 2014).

En el país actualmente se cuenta con escasos especialistas en nematología lo que no permite la identificación exacta de los géneros y específicamente de las especies de *Meloidogyne* diseminadas en diferentes regiones paperas; instituciones

como el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria) realiza identificaciones morfológicas, que no es una técnica exacta para la identificación de especies. Por tales razones la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno; a través del Proyecto: “Diversidad Biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares” con el apoyo de INNOVATE – PERÚ, a través del trabajo de investigación de pre-grado titulado “Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de papa (*S. tuberosum* L.) de la región Puno”, permitió identificar una población de *Meloidogyne* en el cultivo de papa a través del laboratorio de electroforesis (estudio de isoenzimas) que se instaló para poder realizar un análisis preciso y que pueda abrir más campos de estudios acerca de la nematología; contando con el asesoramiento de un especialista de alta graduación. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:



### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1. Objetivo general

Caracterizar al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de papa de la región Puno.

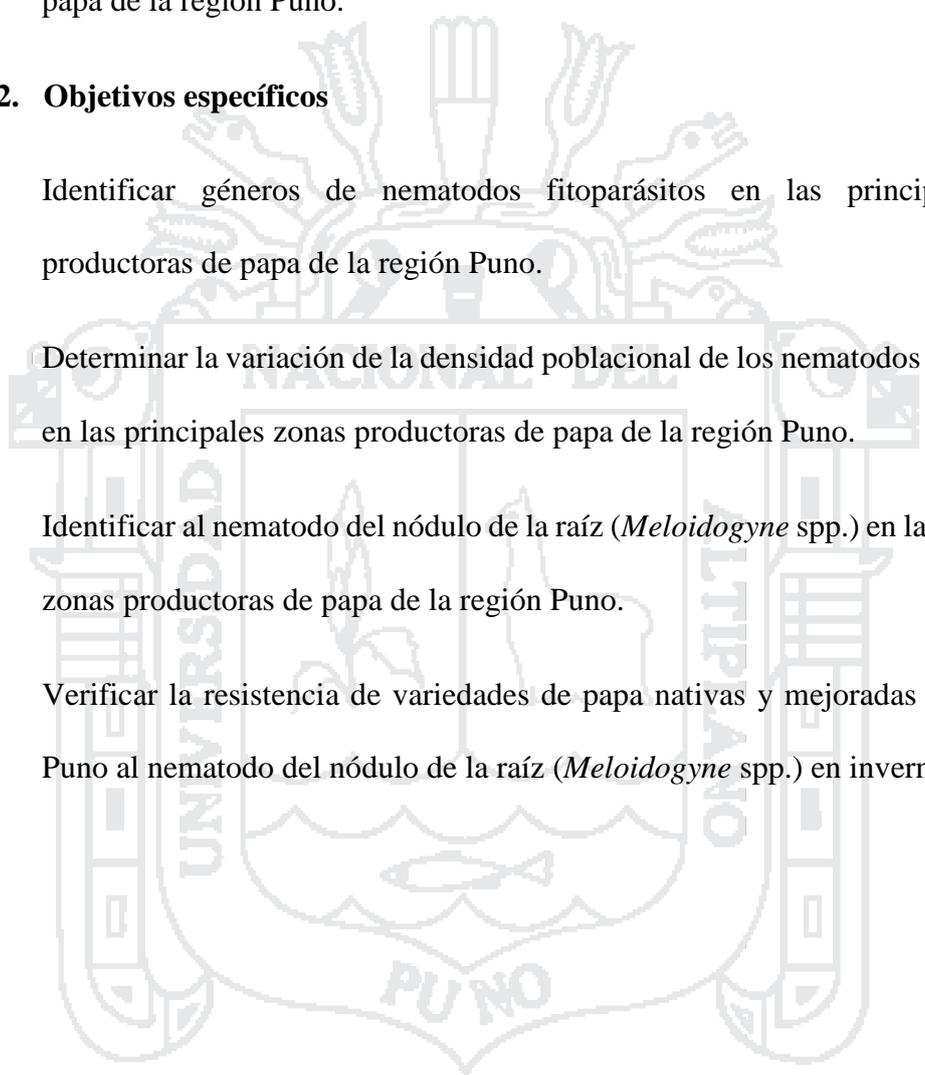
#### 1.3.2. Objetivos específicos

Identificar géneros de nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.

Determinar la variación de la densidad poblacional de los nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.

Identificar al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.

Verificar la resistencia de variedades de papa nativas y mejoradas de la región Puno al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en invernadero.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Cultivo de papa

La papa (*S. tuberosum* L.) pertenece a la familia Solanaceae (Spooner y Salas, 2006; Andre *et al.*, 2007), con más de 4,000 variedades comestibles; planta herbácea anual que alcanza una altura de un metro aproximadamente y produce tubérculos (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2016). Existe 190 especies silvestres de papa que forman tubérculos pero que no son comestibles (Spooner y Salas, 2006).

Según Ochoa en (1990a) y (1999b) clasifica a las especies cultivadas de papa en: diploides (*Solanum ajanhuiri*, *S. stenotomum*, *S. goniocalyx* y *S. phureja*), triploides (*S. chaucha* y *S. juzepczukii*), tetraploides (*S. tuberosum* con sus dos sub especies: ssp. andigena y ssp. tuberosum, *S. hygrothermicum*) pentaploides (*S. curtilobum*).

Spooner, Fajardo y Bryan (2007) clasificaron a las especies de papa cultivadas en cuatro especies: *S. ajanhuiri* (diploide), *S. juzepczukii* (triploide), *S. curtilobum* (pentaploide) y *S. tuberosum* L., con dos grupos cultivados: *Andigenum* (*Andigenum*) y *Chilotanum*; en el primero se incluyen todas las papas andinas, tanto diploides como tetraploides, que crecen a lo largo de los andes desde Venezuela hasta Argentina y el segundo está conformado por las papas adaptadas a días largos, que crecen en las tierras bajas del centro y sur de Chile, denominados papas europeas las que en su mayoría están siendo cultivadas en Europa (Huamán

y Spooner, 2002; Ames y Spooner, 2008, Ghislain, Nuñez, Herrera y Spooner, 2009).

### 2.1.2. Variedades de papa

A continuación, se describe variedades de papas nativas y mejoradas adaptadas en la región Puno:

**Andina:** Variedad mejorada desarrollada en la región Puno que pueden adaptarse desde los 3,200 msnm. Plantas con tallos verde erectos con pigmentación morada, hojas de color verde oscuro. Tubérculo morado, pulpa blanca. Periodo vegetativo semitardío (140 a 160 días) con tuberización lenta y tardía. Tiene mayor uso comercial en la región Puno (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2012).

**Ccompis:** Su origen está en Cusco. Plantas semirobustas, tallos con alas rectas, follaje verde oscuro, flores blancas. Tubérculos redondos, cáscara rosado claro, pulpa blanco uniforme; ojos profundos. Brotes rosado intenso. Periodo vegetativo semitardío (140 a 150 días), con tuberización lenta y tardía. Susceptible a racha, verruga, roña y heladas. De bajo a mediano rendimiento (15 a 30 t/ha). Adaptación, sierra sur hasta 3,800 msnm. Se siembra especialmente en Cusco y Puno (Seminario, 2008).

**Huayro:** Origen, sierra central (Cerro de Pasco y Huánuco). Planta erecta con follaje robusto, tallos gruesos de color verde con pigmentación morada, hojas de color verde oscuro, con raquis pigmentado; flores moradas, abundante floración y fructificación. Tubérculos cilíndricos, cáscara roja, pulpa amarilla clara, mostrando anillo vascular de color morado claro; ojos profundos. Brotes morado intenso. Periodo vegetativo semitardío a tardío (150 a 180 días), con

tuberización tardía. Inmune a verruga y al virus Y, tolera la ranca. De alto rendimiento (30 t/ha) (Seminario, 2008).

**Imilla blanca:** Origen sur del Perú (Puno). Plantas medianamente vigorosas, tallo verde con poco follaje, hojas con foliolos pequeños. Flores blancas, con estrella verde claro. Escasa floración y fructificación. Tubérculos redondos, ojos profundos, piel blanco – cremosa, pulpa blanca, brotes blanco cremoso. Periodo vegetativo semitardía (140 a 150 días). Rinde hasta 25 t/ha, alto porcentaje de tubérculos pequeños. Adaptación sierra sur, hasta 3,700 msnm (Cusco, Tacna, Moquegua y Puno). Susceptible a ranca, manchas foliares y virus (Seminario, 2008).

**Imilla negra:** Origen sur del Perú (Puno). Sembrada principalmente en Puno, Cusco y Arequipa. Planta de follaje semirobusto, tallos delgados, verdes y en gran número, pigmentados en las axilas, decumbentes al final del ciclo, hojas rugosas, verde claro, flores de color lila claro. Tubérculos morado oscuro con tendencia a negro, con áreas despigmentadas, de forma redonda, ojos profundos, pulpa amarillenta o blanca, brotes morados, mediano rendimiento (30 t/ha). Periodo vegetativo semitardía (155 a 160 días). Muy susceptible a verruga y roña, susceptible a enfermedades fungosas, virosis y heladas (Seminario, 2008).

**Lomo:** Adaptada a la sierra del Perú a altitudes hasta más de 4,000 msnm. Plantas medianas, semierectas, tallos poco numerosos, verdoso; hojas verdes oscuro. Tubérculos cilíndricos alargados y de diferentes coloraciones, pulpa del tubérculo generalmente blanca. Periodo vegetativo precoz a semitardío de 120 a 140 días (INIA, 2012).

**Mariva:** Variedad mejorada, adaptada a la costa y sierra sur del Perú.

Plantas con tallos verde oscuros, hojas de color verde oscuro. Tubérculos redondos, cáscara morada oscura, pulpa blanco uniforme; ojos profundos. Con un periodo vegetativo de 150 días, tolera temperaturas altas (INIA, 2012).

**Peruanita:** De origen del sur del Perú (Apurímac). Se siembra sobre los 3,000 msnm en las regiones de Huánuco, Pasco, Junín, Huancavelica, Apurímac. Plantas medianas a altas, semi erectas, tallos numerosos, marrón verdoso, hojas verde oscuro. Floración temprana, abundante, muy escasa o nula fructificación. Flores rojo intenso. Tubérculos redondeados o redondos, ojos semi profundos a profundos. Piel bicolor, áreas de color rojizo de borde definido y áreas amarillentas alrededor de los ojos. Pulpa amarillenta, brotes rojizos, con áreas cremosas en los nudos. Buen potencial de rendimiento, tubérculos numerosos de tamaño mediano a pequeño. Periodo vegetativo semitardía (160 días). Rinde hasta 20t/ha, con tubérculos medianos y pequeños. Susceptible a verruga, roña y nematodo del quiste. Tolerancia a la racha, pero es susceptible a los golpes (Seminario, 2008).

**Yungay:** Variedad originaria de Ancash (sierra norte) cuyo cultivo se ha extendido a otras zonas. Es una variedad de papa con una textura muy similar a la papa amarilla piel amarillenta con jaspes rojizos, ojos superficiales y en poco número, puede mantenerse almacenada por mucho tiempo sin que se descomponga. Periodo vegetativo tardío (180 días). Rinde de 36 – 40 t/ha. Susceptible a racha y excesos de humedad. Variedad mejorada adaptada en Puno (Seminario, 2008).

### 2.1.3. Nematodos fitoparásitos

Los nematodos son un grupo diverso de organismos, parásitos y de vida libre. Generalmente encontrados en el suelo de todo el mundo (Coyne, Nicol y Claudius-Cole, 2007).

Los nematodos fitoparásitos generalmente tienen una longitud que va de los 300 – 1000 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). Las hembras de algunos géneros pierden su forma vermiforme al llegar a la etapa adulta, tomando forma de pera, limón, esférica o de riñón (Coyne *et al.*, 2007).

Es difícil o imposible ver a los nematodos en el campo, sus síntomas no suelen ser específicos, por eso el daño que ocasionan suele ser atribuido a algún otro patógeno (Agrios, 2004a).

Los nematodos fitoparásitos difieren de los nematodos que se alimentan de bacterias y hongos, por poseer una estructura especializada para alimentarse denominada estilete; este es usado para inyectar enzimas dentro de las células vegetales y los tejidos, para luego extraer su contenido celular (Coyne *et al.*, 2007).

### 2.1.4. Alimentación de los nematodos fitoparásitos

Los nematodos fitoparásitos son dependientes de las estructuras de los tejidos de las plantas, para cumplir todo el desarrollo de su ciclo de vida; considerados como parásitos obligados (Lima y Casa, 2016).

Los nematodos en el suelo se mueven con periodos de dormancia hasta que su hospedero sea localizado para su alimentación, esto es realizado por un estímulo químico atrayente. Una vez localizado su hospedero, el nematodo a

través de su estilete realiza perforaciones de prueba en el tejido de la raíz, hasta encontrar un punto de alimentación. Cuando el estilete penetra en la raíz, este esparce exudados hacia las células, donde posteriormente extrae el contenido celular (Freitas, Neves y Olivera, 2007).

### 2.1.5. Formas de parasitismo

El parasitismo de los nematodos de plantas se clasifica de la siguiente manera:

**2.1.5.1. Endoparásitos:** Son aquellos que introducen todo el cuerpo para alimentarse en el cilindro central de la raíz.

**2.1.5.2. Semiendoparásitos:** Son aquellos que introducen de forma parcial el cuerpo en el cilindro central de la raíz.

**2.1.5.3. Ectoparásitos:** Estos nematodos parásitos de plantas, introducen en el tejido vegetal solo el estilete dentro de los órganos de la planta.

Los nematodos fitoparásitos también se clasifican como: **sedentarios**, cuando encuentran un sitio de alimentación y culminan su ciclo de vida en ese lugar, entre tanto los nematodos **migradores**, son considerados aquellos que migran dentro y fuera de la raíz de la planta durante su alimentación (Freitas *et al.*, 2007, Tihohod, 2000b).

### 2.1.6. Géneros de nematodos fitoparásitos

#### 2.1.6.1. Género *Nacobbus*

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Nacobbus* dentro de la familia Pratylenchidae. Jensen, Armstrong y Jatala (1979) mencionan que es un

endoparásito sedentario, denominado también como el “nematodo del rosario de la raíz” o “falso nematodo del nódulo de la raíz”.

Plaga de importancia económica en diferentes países como en Estados Unidos, Perú, Bolivia, Argentina, Chile, México, Inglaterra, India, Rusia y Ecuador (Jensen *et al.*, 1979).

#### **2.1.6.2. Género *Pratylenchus***

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Pratylenchus* dentro de la familia Pratylenchidae. Conocidos como los nematodos de lesiones radiculares debido a los síntomas en forma de lesiones necróticas que causan en las raíces de sus hospederos (Tihohod, 1993a).

El género *Pratylenchus* es considerado como el segundo grupo más importante en el mundo, siendo superado solamente por el género *Meloidogyne* (Perry *et al.*, 2009). Endoparásito migrador, normalmente encontrado en el interior de las raíces de las plantas, todos sus estados de su ciclo de vida se mueven libremente dentro de las raíces y entre las raíces del suelo, siendo considerados estados infectivos (Tihohod, 2000b).

#### **2.1.6.3. Género *Helicotylenchus***

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Helicotylenchus* dentro de la familia Hoplolaimidae. Tienen forma de espiral o raramente arqueados (Borrer, 1960), causando síntomas que se manifiestan con un crecimiento deficiente y un rendimiento menor en su planta hospedante (Mai y Mullin, 1996, Siddiqi, 2000, Luc, Sikora y Bridge, 2005).

Es un ectoparásito o semiendoparásito que ataca las raíces de muchas plantas. Estos nematodos se incrustan parcial o totalmente en las raíces en donde se alimentan de una sola célula por varios días. Esta alimentación provoca lesiones corticales en las raíces (Perry y Moens, 2013a).

#### 2.1.6.4. Género *Mesocriconema*

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Mesocriconema* dentro de la familia Pratylenchidae. Denominado nematodo anillado, se caracteriza por su cuerpo corto, robusto e intensamente anillado. Los nematodos anillados son muy comunes, especialmente en cultivos permanentes; pueden ser muy abundantes en los suelos (Ferris, 1999).

Se alimentan ectoparasíticamente en las puntas de las raíces o incluso en raíces maduras. Estos nematodos son de tipo migratorio, a menos que los espacios porosos del suelo limiten sus movimientos. Las etapas adultas de los nematodos anillados más grandes aparentan ser sedentarias (Ferris, 1999).

#### 2.1.6.5. Género *Xiphinema*

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Xiphinema* dentro de la familia Longidoridae. Son ectoparásitos que se alimentan de las puntas de las raíces, producen síntomas muy similares a los causados por otros nematodos de alimentación cortical (desintegración de la corteza radicular) incluyendo necrosis y se detiene el crecimiento en la planta cultivada (Ferris, 1999).

Varias especies de este género son consideradas problemáticas por el daño indirecto que generan al transmitir diversos virus (Ferris, 1999).

#### 2.1.6.6. Género *Dorylaimus*

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Dorylaimus* dentro de la familia Longidoridae, es uno de los géneros mejor representados en los ecosistemas del mundo ya que pueden encontrarse en diversos hábitats de bastante humedad en el suelo y en lugares con bastante materia orgánica (Mulvey y Anderson, 1979).

#### 2.1.6.7. Género *Globodera*

De Ley y Blaxter (2002) clasifican al género *Globodera* dentro de la familia Hoplolaimidae. Es un ectoparásito sedentario que ocasiona problemas a nivel mundial en solanáceas, destacando en relevancia el cultivo de papa (*S. tuberosum* L.) (Nuñez S., Carrion, Nuñez C. y Rebolledo, 2003).

Este género incluye dos especies *G. rostochiensis* denominado el “nematodo dorado quiste de la papa” y *G. pallida* denominado el “nematodo blanco quiste de la papa”, reportado en muchos países y considerados uno de los parásitos económicamente importante en el cultivo de la papa (Grenier, Fournet, Petit y Anthoine, 2010).

#### 2.1.7. Nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.)

La etimología del género Mel'oid proviene del griego melón (manzana o calabaza) + oeides, oid (semejante) + gyne (mujer o hembra) = hembra como manzana. La escritura correcta actualmente es la propuesta por Goldi, como *Meloidogyne* descrito en la literatura nematológica (Tihohod, 2000b).

### 2.1.8. Historia de *Meloidogyne* spp.

Hace más de 100 años, en agosto de 1877, en la provincia de Rio de Janeiro, Brasil, Jobert en 1878 al observar árboles de café enfermos encontró raíces fibrosas con numerosos nódulos, algunas de ellas terminales, otras a lo largo de la raíz y, otras, más escasas, en las raíces laterales. Los nódulos terminales eran piriformes, puntiagudos y frecuentemente encorvados. Las más grandes eran del tamaño de una arveja pequeña y contenían "quistes" de paredes hialinas. También tenían huevos elípticos encerrados en membranas hialinas que contenían pequeños animales vermiformes. De la misma forma observó gusanos que emergían de los huevos, salían de las raíces y se encontraban en grandes cantidades en el suelo. Aparentemente Jobert no tuvo tiempo de realizar estudios más amplios antes de escribir su informe (Sasser, 1977).

Diez años después, Goldi en 1887 investigó el mismo problema y publicó un documento de 105 páginas acerca de la enfermedad de los cafetales. Él señaló al "nematodo del nódulo de la raíz" como *M. exigua* que causaba la enfermedad y como la especie característica de un nuevo género. Posteriormente, la especie y el género fueron sinonimizados primero como *Heterodera radicola* G. y después como *H. marioni* C., hasta que fueron restablecidos por Chitwood en 1949 quien también describió o re describió las cuatro especies más comunes y ampliamente distribuidas como: *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* (Sasser, 1977).

### 2.1.9. Ubicación taxonómica del género *Meloidogyne*

El género *Meloidogyne* se ubica en la siguiente clasificación taxonómica (Perry y Moens, 2014b).

Phylum: Nematoda

Clase: Chromadorea

Sub clase: Chromadoria

Orden: Rhabditida

Suborden: Tylenchina

Infraorden: Tylenchomorpha

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Meloidogynidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

### 2.1.10. Características generales del género *Meloidogyne*

Son nematodos endoparásitos sedentarios, considerados como fitoparásitos obligados cosmopolitas, denominados “nematodos del nódulo de la raíz”, constituye un grupo de nematodos fitoparásitos ampliamente distribuidos y dañinos (Castagnone-Sereno, 2002). Esta característica, junto con su amplia distribución en el mundo, su extenso rango de hospedantes y su interacción con otros fitopatógenos en complejos de enfermedades, hacen que sea el nematodo de mayor impacto económico, objeto de diversas investigaciones tales como: estudios de taxonomía, biología, interacciones planta-nematodo y enfoques para su control (Chitwood y Perry, 2009).

Los estudios sobre *Meloidogyne* spp. se centran con frecuencia en las cuatro principales especies: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*, que tienen un extenso rango de hospedero y distribución global. El Proyecto Internacional de *Meloidogyne* reporta que constituyen el 95% de las especies identificadas de una colección de aislamientos estudiados a nivel mundial, lo que fortaleció aún más su estatus de principales especies (Sasser, Eisenback, Carter y Triantaphyllou, 1983).

#### **2.1.11. Biología del género *Meloidogyne***

Los machos son vermiformes y miden aproximadamente de 600 a 2,500  $\mu\text{m}$ . Las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado 350  $\mu\text{m}$  a 3,000  $\mu\text{m}$  de largo por un ancho de 300 a 700  $\mu\text{m}$  (Perry y Moens, 2013a); cada hembra deposita aproximadamente entre 300 a 500 huevecillos que pueden llegar hasta 1,000 huevecillos (figura 1) en una sustancia gelatinosa que ella misma produce (Agrios, 2011b).

El juvenil de primer estadio (J1) se desarrolla en el interior del huevecillo y después de sufrir la primera muda dentro de él, se desarrolla el juvenil de segundo estadio (J2), este J2 emerge del huevecillo y llega al suelo, donde se desplaza hasta encontrar una raíz susceptible (figura 1) (Perry *et al.*, 2009).

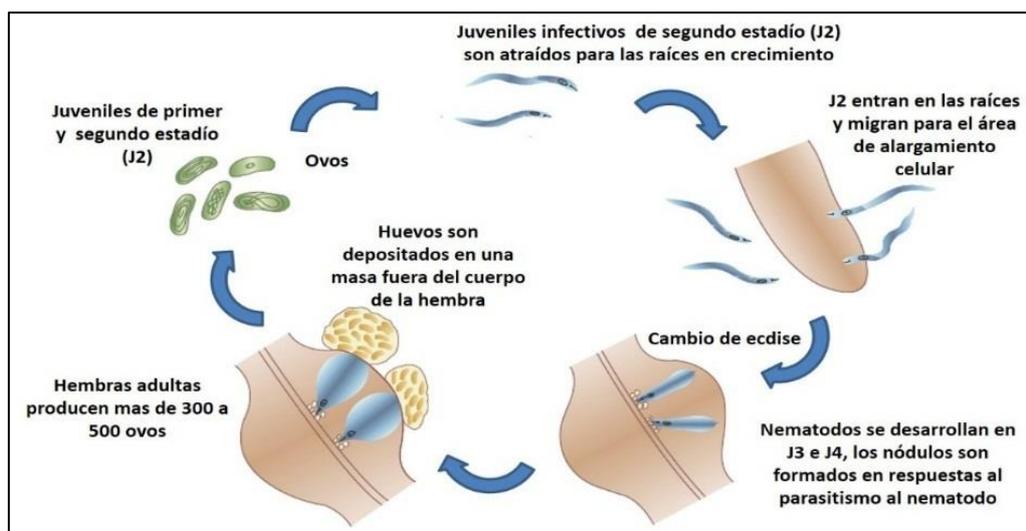
El J2 es de forma vermiforme y es la única etapa infectiva de este nematodo, cuando los J2 penetran la raíz, se vuelve sedentaria y aumenta de grosor, tomando la forma de una salchicha (Tihohod, 2000b). El nematodo se alimenta de las células que se encuentran en torno a su cabeza al insertar su estilete y secretar saliva estimulando a las células para que crezcan (figura 1). El nematodo sufre una segunda muda y da lugar al juvenil de tercer estadio (J3), la cual es

similar al J2, de la cual se diferencia por carecer del estilete y ser más gruesa (Agrios, 2011b).

El J3 sufre una tercera muda y el juvenil de cuarto estadio (J4), en la cual es posible distinguirlos ya como un individuo macho o hembra. El macho del J4 tiene aspecto vermiforme y se enrolla dentro de la tercera cutícula. Sufre la cuarta y última muda y emerge de la raíz ya como macho adulto vermiforme, el cual vive libremente en el suelo (Perry *et al.*, 2009).

La hembra de la cuarta etapa larvaria continúa aumentando de grosor y un poco más su longitud, sufre la cuarta y última muda y se desarrolla en una hembra adulta, la cual tiene forma de pera. La hembra adulta continúa hinchándose y, ya sea fecundada o no por un macho, forma huevecillos, los que deposita en una cubierta gelatinosa protectora. Los huevecillos pueden ser depositados dentro o fuera de los tejidos de la raíz, dependiendo de la posición que tenga la hembra. Estos huevecillos pueden incubarse inmediatamente o invernar para incubarse en la primavera (Tihohod, 2000b).

El ciclo de vida del nematodo concluye a los 25 días a una temperatura de 27°C, pero tarda más tiempo a temperaturas más bajas o a más altas, cuando los huevecillos se incuban, la segunda etapa larvaria infectiva puede migrar del interior de los nódulos hacia las partes adyacentes de la raíz y producir nuevas infecciones en la misma raíz, o bien salir de la raíz e infectar a las demás raíces de la misma planta o a las de otras plantas (Perry y Moens, 2014b).



**Figura 1:** Ciclo de vida de *Meloidogyne* spp.

Fuente: Lima y Casa (2016).

### 2.1.12. Formas de reproducción del género *Meloidogyne*

Existen tres tipos de reproducción en el género *Meloidogyne*: (a) anfimixis, en el cual el esperma de los machos fertiliza los ovocitos en las hembras y posteriormente se produce una meiosis, (b) partenogénesis meiótica facultativa, en el cual en presencia de machos se produce una anfimixis, pero en su ausencia, se lleva a cabo una meiosis en los ovocitos, con dos de sus núcleos, con una reducción de complemento cromosómico (el pronúcleo y el segundo cuerpo polar), posteriormente se fusionan (automixis), y (c) partenogénesis mitótica obligada, donde los machos no están involucrados y uno de los dos núcleos producidos durante la división mitótica inicial dentro del ovocito se deteriora y el otro se convierte en el precursor del embrión posterior (apomixis) (Chitwood y Perry, 2009).

Sólo siete de las 37 especies de *Meloidogyne* fueron anfimícticas. Estas especies se consideran de menor importancia debido a su restringida distribución, baja gama de hospedantes y menor impacto económico. Al igual que muchos

nematodos del suelo, la mayoría de especies de *Meloidogyne* son partenogénicas (Chitwood y Perry, 2009).

La mayoría de especies anfimícticas y automícticas son diploides, con un número haploide de cromosomas (18). Mientras que la mayoría de especies apomícticas son poliploides o aneuploides y por lo general muestran una amplia variación en el número de cromosomas ( $2n = 30$  a 55 cromosomas). Las especies de *Meloidogyne* también se diferencian en su proporción de machos y hembras, las especies con fertilización cruzada por lo general tienen una proporción de 1:1, mientras que las especies que se reproducen por partenogénesis facultativa u obligatoria como *M. hapla* y *M. incognita* tienen valores variables de dicha proporción (Perry *et al.*, 2009).

Tanto en el género *Meloidogyne*, como en los géneros de *Globodera* y *Heterodera*, los cromosomas sexuales están ausentes y la proporción de machos y hembras puede estar influenciada por factores ambientales. En las especies que se reproducen por partenogénesis meiótica y mitóticas, el hacinamiento, la escasez de alimentos, las temperaturas extremas u otras tensiones ambientales adversas, pueden dar lugar a la formación de machos por inversión sexual (Chitwood y Perry, 2009). La inversión sexual ocurre cuando en condiciones desfavorables para el nematodo, una vez formado el primordio genital de hembras, este cambia para dar lugar a un nematodo macho (Chitwood y Perry, 2009).

### **2.1.13. Síntomas en la planta causados por el nematodo del género *Meloidogyne***

Los síntomas de los órganos aéreos son similares a los que producen muchas otras enfermedades de la raíz o factores del medio ambiente, los cuales disminuyen el volumen de agua disponible para la planta. Las plantas infectadas

muestran un desarrollo deficiente y una menor cantidad de hojas pequeñas, de color verde pálido o amarillento que tienden a marchitarse cuando el clima es cálido (Tihohod, 2000b). Las inflorescencias y frutos no se forman o se atrofan y son de baja calidad (Agrios, 2004a)

Los síntomas más característicos de la enfermedad son los que aparecen sobre los órganos subterráneos de las plantas. Las raíces infectadas se hinchan en la zona de invasión y desarrollan los nódulos típicos, las cuales tiene un diámetro dos a tres veces mayor al de las raíces sanas (Agrios, 2004a). Se producen varias infecciones sobre la misma raíz y los nódulos en proceso de desarrollo le dan a la raíz una forma irregular, las raíces infectadas son más pequeñas y muestran varios grados de necrosis. Con frecuencia se produce la pudrición de las raíces, particularmente a finales de la estación (Agrios, 2011b).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

1. **Aguzado:** De forma punteagudo – punzante.
2. **Ano:** En hembras, es la abertura ventral, terminal del intestino precedido del recto; en machos es la abertura cloacal. El ano marca el límite anterior de la cola.
3. **Anfimixis:** Proceso por el cual culmina y finaliza la fecundación.
4. **Bulbos basales del esófago:** Parte posterior final del esófago, expandido, conteniendo las glándulas salivales.
5. **Bulbos del estilete:** Protuberancias basales del estilete, normalmente en número de tres.
6. **Caracterizar:** Determinar las cualidades o rasgos característicos de una persona o una cosa.

7. **Densidad poblacional:** Cantidad de individuos de una población determinada por unidad de espacio o volumen del ambiente en el que viven.
8. **Dimorfismo sexual:** Diferenciación de la morfología de hembras en relación a los machos.
9. **Diseño perineal:** Patrón de marcas cuticulares alrededor de la abertura vulvar.
10. **Electroforesis:** Técnica para la separación de moléculas según la movilidad de éstas en un campo eléctrico.
11. **Esterase:** Enzimas que catalizan reacciones de hidrólisis de ésteres carboxílicos (carboxiesterasas), amidas (amidadas), ésteres de fosfato (fosfatasas), etc.
12. **Estilete:** Tuvo axial esclerotizado, de origen cuticular, una porción final de la cabeza tiene un lumen continuo con un lumen al esófago. Usado para penetrar una pared celular para retirar un alimento, para transportar enzimas digestivas para el interior de las células de un hospedero, y para retirar un contenido celular durante la digestión.
13. **Estoma:** Porción del tracto digestivo entre la abertura oral y el esófago.
14. **Estructura cefálica:** Una estructura esclerotizada de la cabeza.
15. **Fusiforme:** Organismo en forma de huso, es decir, con forma alargada, elipsoide, y con las extremidades más estrechas que el centro.
16. **Hacinamiento:** Acumulación, amontonamiento.
17. **Hermafroditismo:** También denominado intersexualidad se refiere a todo ser vivo con características de ambos sexos.

18. **Hospedante:** Organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de parásito, un comensal o un mutualista.
19. **Identificar:** Reconocer la identidad mediante características específicas propias de una especie.
20. **Incidencia:** Número de casos nuevos de una enfermedad en una población determinada y en un periodo determinado.
21. **Infestación:** Invasión de un organismo vivo por agentes parásitos externos o internos.
22. **Intraespecífica:** Interacción biológica en la que los organismos que intervienen pertenecen a la misma especie.
23. **Isoenzima:** Enzimas que difieren en la secuencia de aminoácidos, pero que catalizan la misma reacción química.
24. **Nematodo fitoparásito:** Nematodos que tienen un estilete, que tiene la habilidad de punzar y succionar los líquidos de las células vegetales para alimentarse.
25. **Odontostilete:** Tipo de estilete de muchos nematodos de vida libre y los de la familia Dorylaimidia; estilete corto sin nódulos, cavidad bucal con un estoma cilíndrico.
26. **Odontoforo:** Estructura secundaria de un odontostilete, formado por la modificación de la región faríngea anterior.
27. **Ovocito:** Gametocito hembra que participa en la reproducción.

28. **Parasitismo:** El parasitismo se produce cuando un individuo vive a expensas de otro al que puede perjudicar.
29. **Partenogénesis:** Desenvolvimiento embrionario que inicia de un óvulo en fecundación, sin la participación del macho para la reproducción (asexual).
30. **Perineal:** Relativo perineo (espacio entre el ano y los órganos genitales).
31. **Perineo:** Área de una superficie cerca al ano y la vulva, área particular para el diagnóstico de nematodos del nódulo de la raíz.
32. **Piriforme:** Forma de pera.
33. **Poliacrilamida:** Polímero generado a partir de acrilamida y bisacrilamida. Forma un gel con poros más pequeños que la agarosa. Se usa como medio separador para realizar electroforesis de macromoléculas, en especial proteínas y fragmentos de ácidos nucleicos.
34. **Polífago:** Conjunto de organismos que poseen una alimentación variada. Estos organismos se pueden nutrir, a la vez, de especies vegetales y de especies animales.
35. **Quieste:** Hembra repleta de huevos con la cubierta endurecida muy resistente a agentes externos. Estos quiestes pueden permanecer en ese estado largo tiempo activándose cuando las condiciones sean favorables.
36. **Resistencia:** Describe la capacidad del hospedero para suprimir el desarrollo de nematodos y la reproducción.
37. **Saprófita:** Organismo vegetal que obtiene su energía de materia orgánica muerta o de los detritos desechados por otros seres vivos, de los cuales extrae los compuestos orgánicos que requiere como nutrientes para alimentarse.

38. **Sedentario:** Que permanece siempre en el mismo lugar. Adjetivo que apunta a todos aquellos seres vivos de pocos movimientos.
39. **Umbral de daño:** Densidad de plaga a partir de la cual los daños que se ocasionan son superiores al coste de las medidas de control que los evitaría.
40. **Vermiforme:** Es un adjetivo utilizado para caracterizar seres vivos o estructuras que tienen forma parecida a un gusano.
41. **Vulva:** Abertura externa del sistema reproductivo de las hembras, normalmente transversal.

## 2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. Hipótesis general

Existen especies del género *Meloidogyne* presentes en el cultivo de papa de la región Puno.

### 2.3.2. Hipótesis específica

Existen géneros de nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Globodera*, *Nacobbus* y *Helicotylenchus* en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.

Existe una variación de la densidad poblacional de los nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.

Existen las especies de *M. incognita*, *M. hapla* y *M. chitwood* en las principales zonas productoras de papa de la región Puno.

Hay variedades de papa nativas y mejoradas que son resistentes al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.).

### CAPÍTULO III. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación fue desarrollado en tres fases; la fase de campo en siete provincias de la región Puno (figura 7), la fase de laboratorio en el Megalaboratorio y el laboratorio de electroforesis (ambiente del laboratorio de entomología) y la fase de invernadero en la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

#### 3.1. Fase de campo

Se realizó el muestreo de suelo en siete provincias de la región Puno; de cada provincia un distrito, y de cada distrito cinco productores; en total se muestrearon 35 parcelas de suelo y 160 muestras (anexo: cuadro 8).

##### 3.1.1. Colecta de muestras de suelo y raíces

Los muestreos se realizaron a inicios de diciembre de 2015 hasta inicios de febrero de 2016 en los estados de emergencia de la planta, crecimiento vegetativo, floración y desarrollo de tuberización y en madurez fisiológica de la planta (anexo: cuadro 9). A continuación, se describen los pasos de la colección de muestras de suelo y/o raíces que se efectuaron en el presente trabajo de investigación:

1. Los puntos se tomaron recorriendo el área en zigzag y abriendo el suelo en forma de V, a una profundidad de 25 a 30 cm colocándose la muestra de suelo en bolsas de plásticos.
2. Se colectó 10 sub muestras de suelo por hectárea. De cada sub muestra se recolectó entre 500 a 1,000 gramos de suelo (figura 2A).

3. En las muestras que se tomaron en la etapa de floración del cultivo de papa se colectó muestras de suelo y raíces (figura 2B).
4. Posteriormente todas las muestras fueron llevadas a laboratorio para su posterior evaluación.



**Figura 2:** Colecta de muestras de suelo (A: Colecta de muestras de suelo en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo y B: Raíces infestadas con *Meloidogyne* spp. y *Nacobbus* spp.).  
Fuente: Elaboración propia (2016).

### 3.2. Fase de laboratorio

#### 3.2.1. Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964)

1. Se homogenizó bien la muestra de suelo utilizando guantes quirúrgicos.
2. Se retiró una proporción de 250 cm<sup>3</sup> de suelo.
3. Se mezcló bien el suelo con el agua (aproximadamente un litro), con la finalidad de desagregar los terrones, para la liberación de los nematodos en la suspensión (figura 3A).
4. Posteriormente se vertió el líquido a través de un tamiz de 60 Mesh (0.420 mm de abertura) y en la parte superior, seguido del tamiz de 100 Mesh (0.149 mm de abertura) y debajo un tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura) (figura 3B).

5. Luego se recolectó 50 mL de los dos últimos tamices mencionados anteriormente (figura 3C).
6. Seguidamente a la suspensión de 50 mL se adicionó una cuchara de cal hidratada con la finalidad de separar la parte sedimentada de la parte líquida, estas fueron homogenizadas y luego fueron transportados a los tubos de centrifugación, en donde se centrifugó por cinco minutos a una velocidad de 1,750 rpm (figura 3D).
7. Al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de centrifugación, y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante.
8. Posteriormente se adicionó la solución de sacarosa (500 gramos de azúcar disuelta en un litro de agua) para cada tubo (figura 3E).
9. La suspensión se centrifugó 1,750 rpm/un minuto, al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de la centrifugadora y se vertieron individualmente en el tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura), posteriormente fue lavado con bastante agua, para retirar la solución de sacarosa.
10. Por último, se recolectó en becker individualmente cada muestra y fueron llevados a microscopio estereoscopio para su análisis respectivo de los nematodos presentes (figura 3F).

### **3.2.2. Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972)**

1. Las raíces infestadas, colectadas en estado fenológico de floración del cultivo de papa fueron lavadas cuidadosamente y cortadas en pedazos de aproximadamente 1cm (figura 4A), posteriormente se pesaron 10 gramos, para luego transferirlos a

la licuadora, adicionándose una solución de hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$  = agua sanitaria en concentración de 0.5 %) (figura 4B).

2. Luego se trituraron las raíces en la licuadora por un minuto en máxima velocidad (figura 4C).



**Figura 3:** Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (A: Eliminación de la parte sedimentada del suelo de proporción 250  $\text{cm}^3$  de suelo, B: Vertido del sobrenadante en los tamices 60, 100 y 400 Mesh respectivamente, C: Recolecta de suelo del tamiz 400 Mesh para procedimiento de centrifugación, D: Proceso de centrifugación con solución cal hidratada, E: Lavado con chorros fuertes de agua del sobrenadante de la solución sacarosa y F: Recolecta de nematodos para su posterior identificación de en estereoscopio).

Fuente: Elaboración propia (2016).

3. Finalizado el tiempo, se pasaron los restos vegetales en el tamiz de 60, 100 y 400 Mesh, con la ayuda de chorros fuertes de agua con una piseta, se recolectó 50 mL la suspensión de nematodos a un Becker (figura 4D).
4. Posteriormente se vertió la suspensión en los tubos de centrifugación y se realizó el mismo procedimiento realizado anteriormente (3.2.1).



**Figura 4:** Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (A: Raíces infestadas con *Meloidogyne* spp. cortadas en pedazos, B: Solución de hipoclorito de sodio adicionada a la licuadora, C: Licuado a máxima velocidad por un minuto y D: Tamizado en tamices de 60, 100 y 500 Mesh).

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 3.2.3. Identificación morfológica de nematodos fitoparásitos

Después de haber realizado la colecta de muestras de suelo y la obtención de los nematodos mediante el método de fluctuación centrífuga en solución

sacarosa; fueron puestos individualmente en láminas porta objetos con solución formalina al 4% para la conservación de las mismas.

Tres individuos (juveniles y adultos) de diferentes géneros de nematodos fueron analizados, realizando la identificación a través de sus características morfológicas y morfométricas: forma del cuerpo de los individuos, forma de la cabeza, presencia o ausencia de anillos en la cutícula, tipo de estilete, forma de la terminación de la cola (Hunt y Handoo, 2009); también se realizó las mediciones de longitudes del cuerpo y estilete en individuos de diferentes géneros, a través de un microscopio de electrónico barrido.

#### **3.2.4. Caracterización bioquímica para identificación de especies de *Meloidogyne***

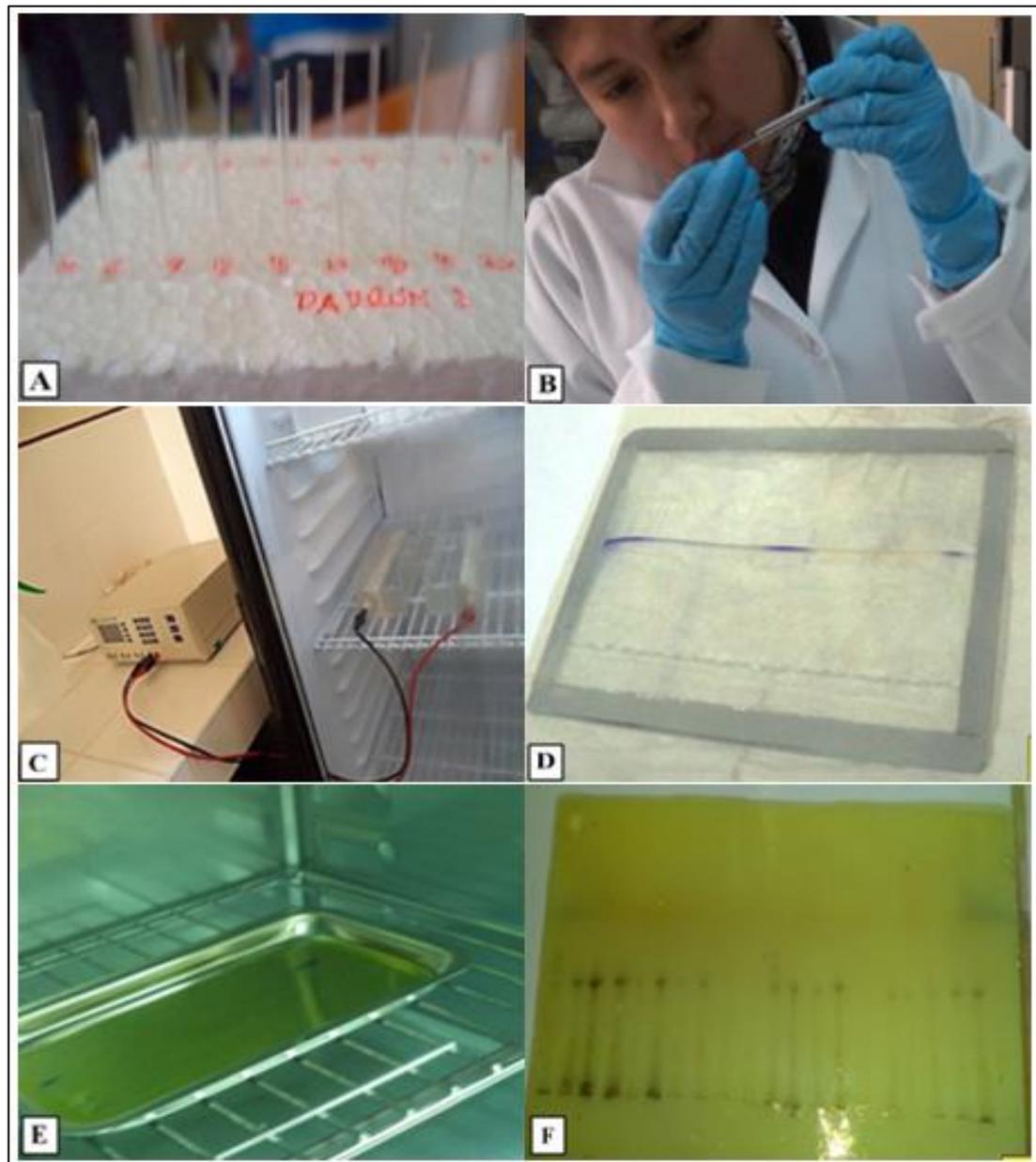
1. Se tomaron veinte hembras adultas de coloración blanca lechosa provenientes de una población de *Meloidogyne* spp., estas fueron retiradas de las raíces noduladas de papa del distrito de Copani provincia de Yunguyo (figura 2B y anexo: cuadro 17), con la ayuda de una aguja de punta fina en el microscopio estereoscopio. Las masas de huevos de las respectivas hembras se almacenaron en micro tubos (ependorf) conteniendo solución salina al 0.1%.
2. Cada hembra retirada del interior de las raíces se colocó en un tubo capilar manteniéndolo en hielo en una solución de 2 – 3  $\mu$ L del tampón de extracción (solución de sacarosa) (figura 5A).
3. Una vez extraídas las hembras, se preparó el gel de poliacrilamida al 7% (11 x 18 cm, 1 mm de espesor).
4. Posteriormente las hembras fueron maceradas individualmente (figura 5B) y colocadas con ayuda de una jeringa al papel filtro cualitativo (3 mm Whatman).

Posteriormente se depositó una gota de azul de bromofenol (0.01 %) en la primera, media y última muestra del respectivo gel.

5. Después de la aplicación de la muestra, el gel se colocó en una cuba a una fuente de energía de electroforesis a 80 voltios, manteniéndose en refrigeración a 5°C (figura 5C) (Carneiro y Almeida, 2001).
6. Después de la migración de 5 cm del azul de bromofenol en el gel (4 horas) (figura 5D), la potencia se apagó y el gel, fue sometido a la enzima esterase, utilizando una solución de 50 mL de tampón fosfato (50 mg de Fast Blue RR sal y 1.5 mL de  $\alpha$  – naftil acetato 1%).
7. Poco después, el material fue llevado a la incubación, donde permaneció en una incubadora a 37°C durante unos 20 a 30 minutos hasta que las bandas esterásticas (oscuros) aparezcan sobre fondo claro (figura 5E). Después los geles se transfirieron a una solución que contenga 10% de ácido acético y una solución de alcohol metílico 40% durante 30 minutos (figura 5F). Después de la fijación, los geles se colocaron entre dos hojas de papel de celofán y se secan a temperatura ambiente.
8. La identificación de especies se realizó mediante el cálculo de la movilidad relativa (MR) de cada banda polimórfica de la primera banda de *M. javanica* J3 (Esbenshade y Triantaphyllou, 1985).

### 3.3. Fase de invernadero

Los procedimientos realizados para la resistencia de variedades de papa nativas y mejoradas con una población de *Meloidogyne* spp. del distrito de Copani provincia de Yunguyo (anexo: cuadro 17) se describen a continuación:



**Figura 5:** Caracterización bioquímica para identificación de especies de *Meloidogyne* (A: Hembras almacenadas en tubos capilares con solución tritón, B: Extracción de hembras de los tubos capilares con micro jeringa, C: Corrida de gel en cubas a 80 voltios por aproximadamente 4 horas y D: Gel iso enzimático después de 4 horas).

Fuente: Elaboración propia (2016).

1. La Evaluación de la resistencia se realizó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias.
2. Se esterilizó suelo en autoclave a 120°C por dos horas con la finalidad de eliminar patógenos y crecimiento de malezas; para posteriormente adicionar sustrato en una

- proporción de 2:1 (suelo – sustrato) en bolsas de polipropileno de 4 kg aproximadamente.
3. Cinco variedades de papa nativas (imilla negra, imilla blanca, ccompis, lomo blanco y huayro) y cuatro variedades mejoradas (peruanita, yungay, andina y mariva) de la región Puno, fueron evaluadas en cuanto a la reacción a una especie de *Meloidogyne* spp. (figura 6A).
  4. Plantas con 2 a 3 cm de altura fueron inoculadas con 5000 huevos + juvenil (J2)/planta con una población de *Meloidogyne* spp. (figura 6B); como testigo fue utilizada tomate cv. santa cruz, con la finalidad de comparar con las variedades de papa debido a la susceptibilidad que esta planta presenta a varias plagas y enfermedades.
  5. Antes de que las plantas de papa de una de las variedades entren en senescencia, fueron evaluados los siguientes parámetros: altura de la planta, peso de la parte aérea de la planta, peso de la raíz, número de tubérculos, número de protuberancia en tubérculo, número de nódulos, número de huevos y juveniles y el factor de reproducción.
  6. Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con nueve variedades de papa y seis repeticiones donde los parámetros de evaluación fueron sometidos a ANDEVA (análisis de varianza), siendo las medias del tratamiento comparados entre sí por la prueba de agrupamiento Scott y Knott (1974) a 5% de probabilidad, utilizando el software estadístico SASM-Agri (Canteri, Althaus, Virgens, Giglioti y Godoy, 2001).

### **3.3.1. Parámetro de evaluación de la altura de planta y el peso de la parte aérea de la planta en variedades de papa nativas y mejoradas**

1. La evaluación de la altura de la planta se realizó cuando la primera variedad entró en senescencia.
2. La evaluación de la altura de la planta se realizó en todas las muestras en estudio, las medidas en centímetros (cm) se realizó desde la base del tallo hasta el ápice de la inflorescencia.
3. En una balanza analítica se realizó el pesado fresco de cada una de las muestras en estudio (anexo: figura 41A).

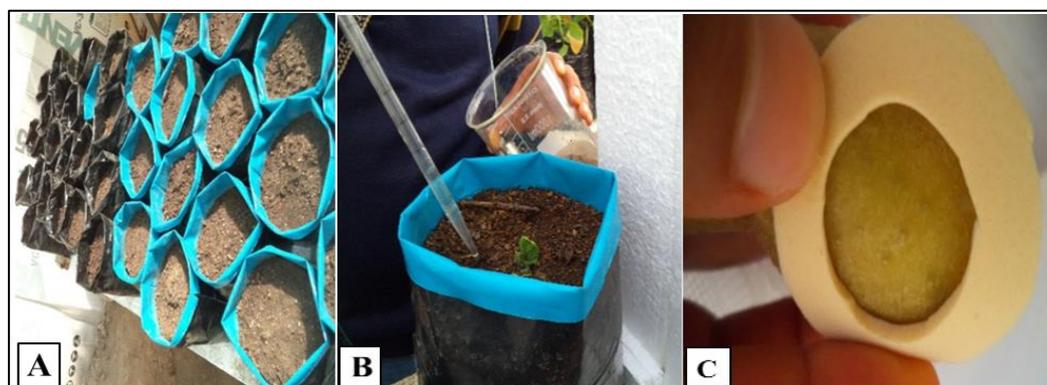
### **3.3.2. Parámetro de evaluación del peso de la raíz y número de nódulos en raíz en variedades de papa nativas y mejoradas**

1. La evaluación del peso de la raíz se realizó en peso fresco de las raíces de cada una de las muestras en estudio evaluadas y pesadas en balanza analítica (anexo: figura 41B).
2. Después de pesado se realizó la verificación del número de nódulos donde no se podía apreciar con exactitud nódulos en las raíces, porque fue necesario licuar las raíces para la evaluación del número de huevos y juveniles.

### **3.3.3. Parámetro de evaluación del número de tubérculos y el número de protuberancias en tubérculos en variedades de papa nativas y mejoradas**

1. Primero se realizó el contaje del número de tubérculos en todas las muestras en estudio
2. Para la evaluación del análisis de protuberancias se utilizó una placa circular con un diámetro de 1,76 cm<sup>2</sup>, para el cual la placa circular fue colocada en tres tubérculos de cada variedad de papa evaluada y se contabilizó el número de

protuberancias que fueron ocasionados por la inoculación de una población de *Meloidogyne* spp. (figura 6C).



**Figura 6:** Procedimientos evaluados en fase de invernadero (A: Cinco variedades de papa nativas y cuatro variedades de papa mejoradas sembradas en bolsas de polietileno, B: Plantas inoculadas con 5,000 huevos + juvenil (J2) de *Meloidogyne* spp./planta y C: Evaluación de número de protuberancias en tubérculos infestados).

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 3.3.4. Parámetro de evaluación del número de huevos y juveniles y el factor de reproducción en variedades de papa nativas y mejoradas

1. Para la evaluación del número de huevos y juveniles se licuo todas las raíces en estudio para pasar por un proceso de tamizado en los tamices 60, 100 y 500 Mesh para coleccionar huevos y juveniles, luego leer en microscopio en placa de petterson milimetrada.
2. Mientras que para el factor de reproducción (FR) del nematodo se cuantificaron mediante la fórmula ( $FR = \text{población final} / \text{población inicial}$ ), donde  $FR = 0$  será inmune;  $FR < 1,00$  será resistente y  $FR > 1,00$  será susceptible (Oostenbrink, 1966).

## CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Ámbito de investigación

La etapa de colección de muestras de suelo y raíces se desarrolló en siete distritos (Capachica, Taraco, Juli, Cuyocuyo, Azángaro, Copani y Macusani) de siete provincias (Puno, Huancané, Chucuito, Sandia, Azángaro, Yunguyo y Carabaya) de la región Puno (anexo: cuadro 8).

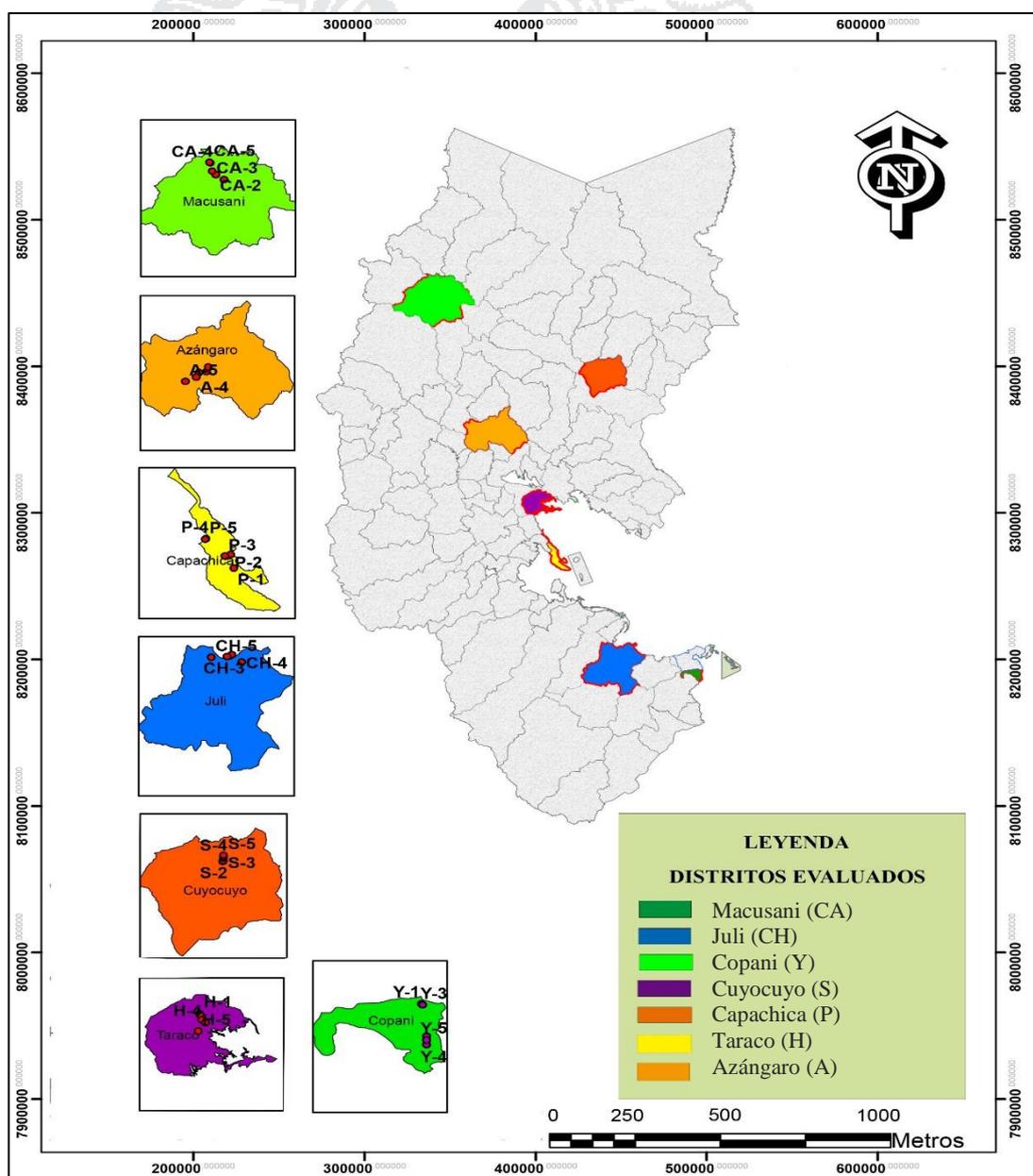


Figura 7: Mapa de ubicación de los distritos evaluados en la región Puno.

Fuente: Elaboración propia (2016).

#### 4.2. Lugar de ejecución

La etapa de procesamiento de muestras de suelo a través del método de fluctuación centrífuga con solución sacarosa (Jenkins, 1964) se desarrolló en el mega laboratorio; la caracterización bioquímica se realizó en el laboratorio de electroforesis (ambiente del laboratorio de Entomología) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y la etapa de resistencia de variedades nativas a *M. hapla* se realizó en los invernaderos de la Facultad de Ciencias Agrarias, correspondientes a la Universidad Nacional del Altiplano – Puno cuya ubicación geográfica es: 15°49'23.34"S y 70°01'09.79"O.

Las figuras de los nematodos fitoparásitos (figuras 9 al 16) fueron fotografiadas (50 y 100 µm) y también fue realizada sus mediciones tanto longitud de cuerpo como de estilete en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil.

#### 4.3. Duración

La fase de campo donde se realizó la colecta de muestras, se realizó en la campaña agrícola 2015 – 2016 entre los meses de diciembre de 2015 hasta febrero de 2016 en siete distritos de siete provincias de la región Puno (figura 7).

La etapa de laboratorio con el procesamiento de 160 muestras de suelo tuvo una duración de tres meses.

La fase de invernadero tuvo una duración de cinco meses hasta que la primera variedad de papa entre en senescencia, entre los meses de julio a noviembre de 2016.

4.4. Condiciones meteorológicas de las zonas evaluadas

En la figura 8, se observa las condiciones meteorológicas (temperaturas máximas (T° máx °C), temperaturas mínimas (T° min °C), precipitación pluvial (mm) y humedad relativa (%)), presentes en siete provincias (Huancané, Yunguyo, Chucuito, Puno, Carabaya, Sandia y Azángaro) de siete distritos evaluados en la campaña agrícola 2015 – 2016: Taraco, Copani, Juli, Capachica, Macusani, Cuyocuyo y Azángaro.

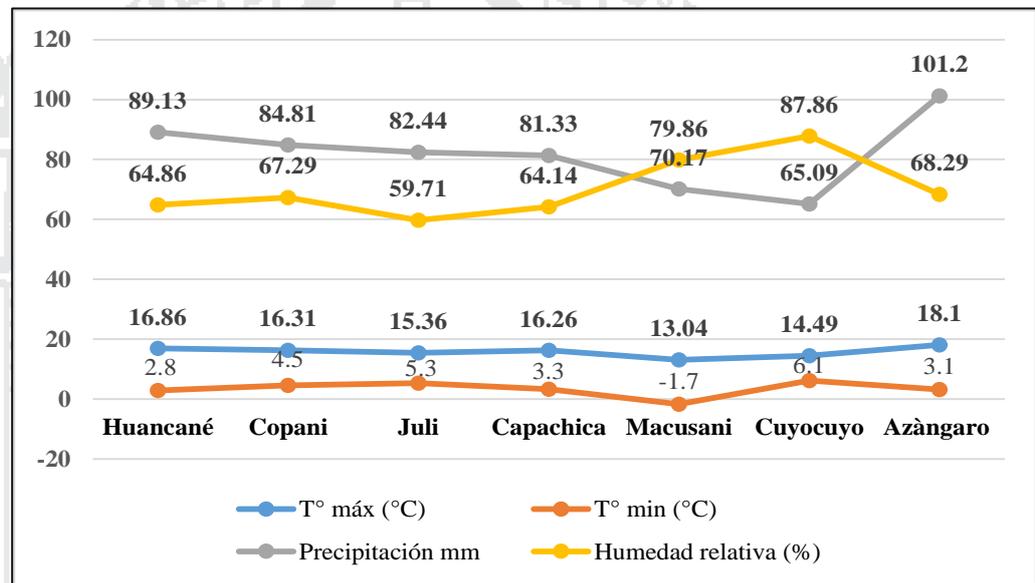


Figura 8: Histograma de datos meteorológicos de la campaña agrícola 2015-2016 en siete distritos de la región Puno. Fuente: Elaboración propia (2016).

Según las condiciones meteorológicas presentadas en la campaña agrícola 2015 – 2016 (figura 8), el distrito de Azángaro presentó la precipitación pluvial y la temperatura máxima más alta con 101.2 mm y 18.1°C respectivamente, mientras que en los demás distritos evaluados presentaron condiciones meteorológicas similares y homogéneas, en tanto el distrito de Cuyocuyo presenta la mayor humedad relativa con 87.86 %.

## CAPÍTULO V. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Géneros de nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno

Para el logro del primer objetivo planteado en el presente trabajo de investigación, donde a partir de la colecta de muestras de suelo que fueron procesados por el método de fluctuación centrífuga en solución sacarosa; se encontraron en total ocho géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papa, en siete distritos de siete provincias de la región Puno: *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, *Globodera* y nematodos de vida libre (saprófitas y predadores).

#### 5.1.1. Género *Meloidogyne*

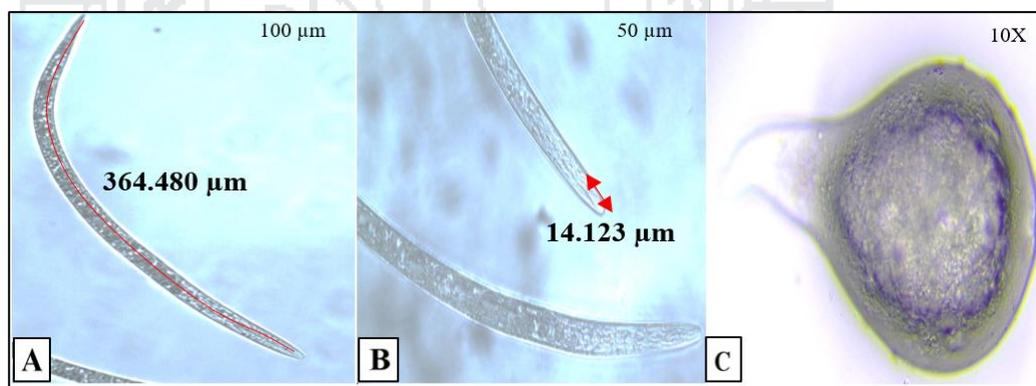
Individuos extraídos de muestras de suelo (anexo: cuadros 15 y 17) del cultivo de papa de la región Puno, fueron analizados en estado juvenil con una longitud promedio del cuerpo de 364.480  $\mu\text{m}$  y la longitud promedio de estilete de 14.123  $\mu\text{m}$  (figura 9A y 9B); asimismo, fue observado en la parte posterior del nematodo de forma conoide y termina en una punta estrecha y redondeada (figura 9A). También individuos extraídos en muestras de raíces de papa (anexo: cuadro 17 y figura 2B) la hembra adulta presenta un cuerpo en forma de pera (piriforme) sin protuberancia posterior, en tanto en la parte anterior presenta un cuello alargado (figura 9C).

Contrastando con lo mencionado por Perry y Moens (2013a) quienes indican que el género *Meloidogyne* en su estado infectivo es el segundo estado juvenil (J2), de forma vermiforme, variando su longitud del cuerpo entre 250 a 600  $\mu\text{m}$  y su longitud de estilete de 6 a 16  $\mu\text{m}$  y Kaushal (2013) menciona que en

la especie *M. hapla* la longitud del cuerpo varía de 357 a 467 (413)  $\mu\text{m}$ ; lo cual estas longitudes se encontrarían dentro del rango de medición de una población de *Meloidogyne* spp. encontrada en áreas infestadas en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo.

Con las características morfológicas descritas (figura 9) colectadas de muestras de suelos obtenidos en la región Puno, se contrasta con Karssen y Moens (2006) quienes mencionan que la cola es conoide redondeada y la terminación de la misma es en punta estrecha en el estado juvenil del género *Meloidogyne*, lo cual se confirma que son características pertenecientes a dicho género.

Entretanto el cuello alargado de la hembra adulta es característica típica del género. En el interior de las raíces; en las hembras fueron observados huevos dentro de una matriz gelatinosa.



**Figura 9:** Género *Meloidogyne* (A: Longitud del cuerpo del estado juvenil, B: Longitud de estilete del estado juvenil y C: Hembra adulta de *M. hapla*).

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 5.1.2. Género *Nacobbus*

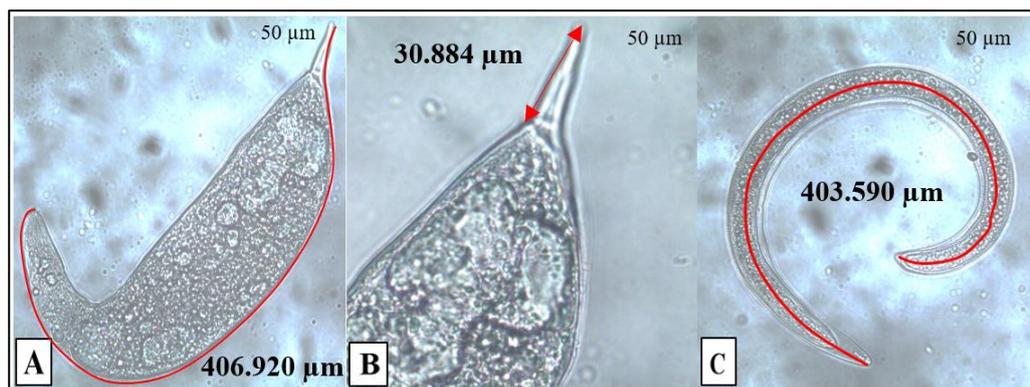
La hembra adulta analizada (figura 10A) mostró ser fusiforme con posición posterior cónica, longitud promedio del cuerpo de 406.920  $\mu\text{m}$  y una longitud promedio del cuello de 30.884  $\mu\text{m}$  (figura 10B). Asimismo, se observó

al estado juvenil de forma vermiforme con una longitud promedio del cuerpo de 403.590  $\mu\text{m}$  (figura 10C).

Las características morfológicas descritas (figura 10A) se contrasta con Sher (1970) quien menciona que la diferencia entre *N. aberrans* y *N. dorsalis* en estado adulto de la hembra, es que en la primera especie el cuerpo es fusiforme con los extremos aguzados; mientras que en la segunda especie la forma del cuerpo es redonda con una región posterior elongada. Lo cual se confirma que la especie presente en raíces infestadas es *N. aberrans*, por las características morfológicas descritas por el autor.

Mientras que las características morfométricas se compararon con Doucet y Di Rienzo (1991) ellos mencionan que la longitud del cuerpo en estado de hembra adulta de *N. aberrans* varía de 620 a 1,650  $\mu\text{m}$  y su longitud del cuello varía de 51 a 336  $\mu\text{m}$ , por lo cual se observa que los rangos de variación en longitud de cuerpo y estilete son mucho más pequeñas con relación a lo mencionado por los autores. También los autores mencionan que en estado juvenil la longitud del cuerpo varía de 290 a 433  $\mu\text{m}$ ; por tanto, las muestras descritas (figura 10C) están dentro de los rangos de variación de longitud de cuerpo en estado juvenil con relación a lo mencionado por los autores.

Esta diferencia entre variaciones de longitud de cuerpo en estado adulto es probablemente a características propias de la población de *Nacobbus* spp. en la región Puno y por características medio ambientales propias de la zona donde se encontró dicha especie.



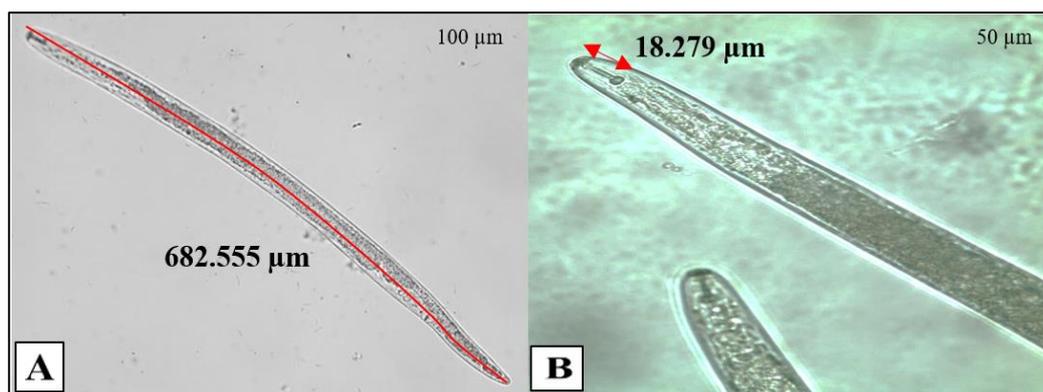
**Figura 10:** Género *Nacobbus* (A: Longitud del cuerpo de una hembra adulta de *N. aberrans*, B: Longitud de cuello de la hembra adulta de *N. aberrans* y C: Longitud del cuerpo del estadio juvenil de *N. aberrans*).

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 5.1.3. Género *Pratylenchus*

Individuos extraídos de muestras de suelo analizadas del cultivo de papa de la región Puno, se observó el cuerpo de forma vermiforme cilindroide con la presencia de una vulva casi en la terminación de la cola, con una longitud promedio del cuerpo de la hembra de 682.555  $\mu\text{m}$  (figura 11B), con una cabeza roma con la región labial baja y con un estilete fuerte y necrosado donde sus bulbos basales están bien notorios y con una longitud promedio del estilete de 18.729  $\mu\text{m}$  (figura 11A); la cola presenta una forma redondeada (figura 11B).

Las características morfológicas en estado vermiforme, se contrasta con lo mencionado por Mai y Mullin (1996) y Agrios (2011b) quienes indican que dichas características morfológicas corresponden al género *Pratylenchus*. En relación a las características morfométricas (figura 11) han sido comparadas con Gonzaga (2006) quien indica que las longitudes del cuerpo en todos sus estadios de dicho género varían de 580 a 780  $\mu\text{m}$ , rango en el cual se encuentra la longitud determinada en este trabajo de investigación y la longitud del estilete varía de 14 a 17  $\mu\text{m}$ , este último es ligeramente más largo al citado por el autor.



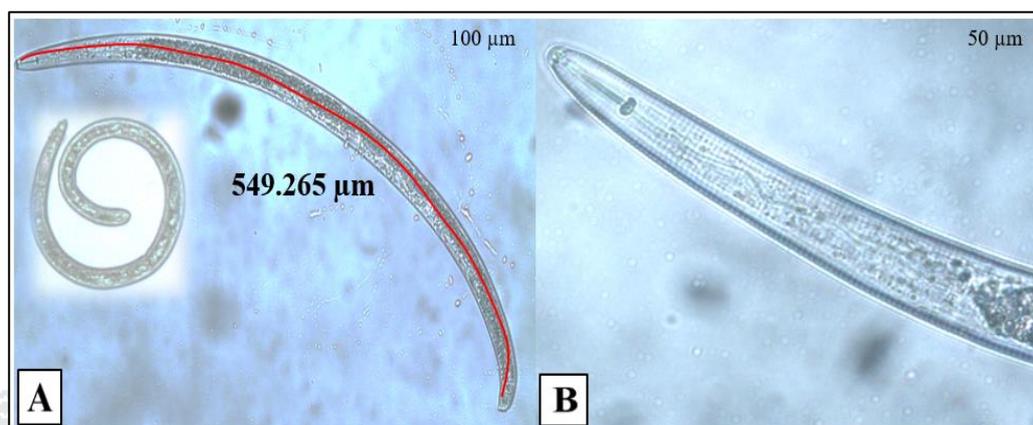
**Figura 11:** Género *Pratylenchus* (A: Longitud de cuerpo de una hembra y B: Longitud de estilete).  
Fuente: Elaboración propia (2016).

#### 5.1.4. Género *Helicotylenchus*

Los individuos recogidos de muestras de suelo, presentaron una estructura cefálica bien desarrollada y la región de la cabeza alta, cónica y redondeada, presencia de la vulva en la parte media del cuerpo del individuo (figura 12B), también se determinó que tiene un estilete robusto donde sus bulbos medios son redondeados; asimismo, se determinó que la longitud promedio del cuerpo es de 549.265 µm, con una cola curvada dorsalmente (figura 12A).

Estas características morfológicas mencionadas (figura 12) se verifica con lo mencionado por Mai y Mullin (1996) quienes refieren que tiene la cabeza cónica redondeada, lo cual es una característica fundamental para la evaluación morfológica del género *Helicotylenchus*, mientras que Ferris (1999) menciona que la terminación de la cola es curvada; lo cual se confirma que dichas características corresponde al género *Helicotylenchus* descritos en este trabajo de investigación; además las características morfométricas se comparan con lo mencionado por Schreck *et al.* (2010) quienes indican que la longitud del cuerpo del género *Helicotylenchus* varía de 510 a 890 µm en hembras y 530 a 700 µm en machos; y la longitud del estilete puede variar de 22 a 26 µm en hembras y 20 a 23 µm en machos; comprobándose que los datos morfométricos (figura 12) de la longitud

del cuerpo de la hembra están dentro del rango de variación mencionado por los autores, mientras que la longitud promedio del estilete es más pequeña al mencionado por los autores.



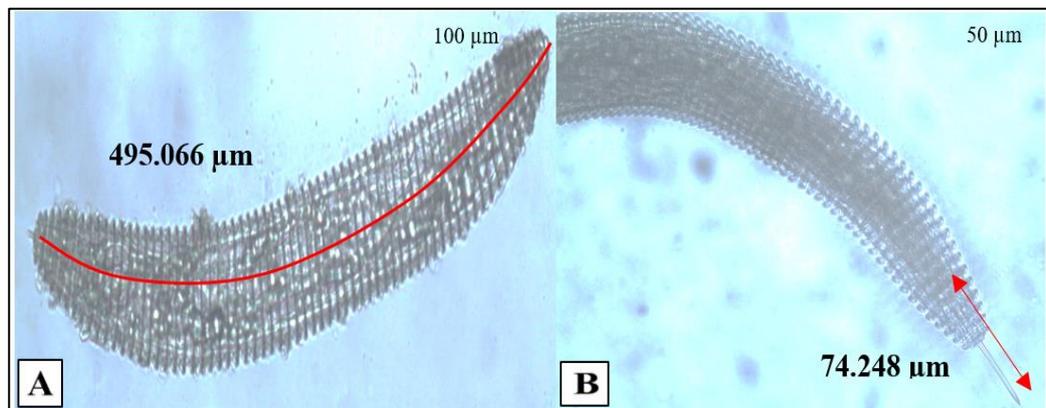
**Figura 12:** Género *Helicotylenchus* (A: Longitud de cuerpo de una hembra y B: Estilete).  
Fuente: Elaboración propia (2016).

#### 5.1.5. Género *Mesocriconema*

En individuos de nematodos analizados procedentes de la colección de muestras de suelo, se verificó que tienen una cutícula gruesa intensamente anillado, con una la longitud promedio del cuerpo de 495.066 µm (figura 13B) y la longitud promedio del estilete es de 74.248 µm (figura 13A); estas características morfológicas se compara con lo mencionado por Ferris (1999) quien refiere que los nematodos de cutícula gruesa con cuerpo corto, robusto e intensamente anillados corresponde al género *Mesocriconema*, confirmando así la presencia de este género en muestras de suelo del cultivo de papa de la región Puno.

También con las características morfométricas evaluadas (figura 13) se compara con lo citado por Tihohod (2000b) que refiere que la longitud del estilete varía de 59 a 65 µm, que es menor a la longitud de estilete encontrada en muestras de suelo y según, Perry y Moens (2013a) quienes mencionan que la longitud del

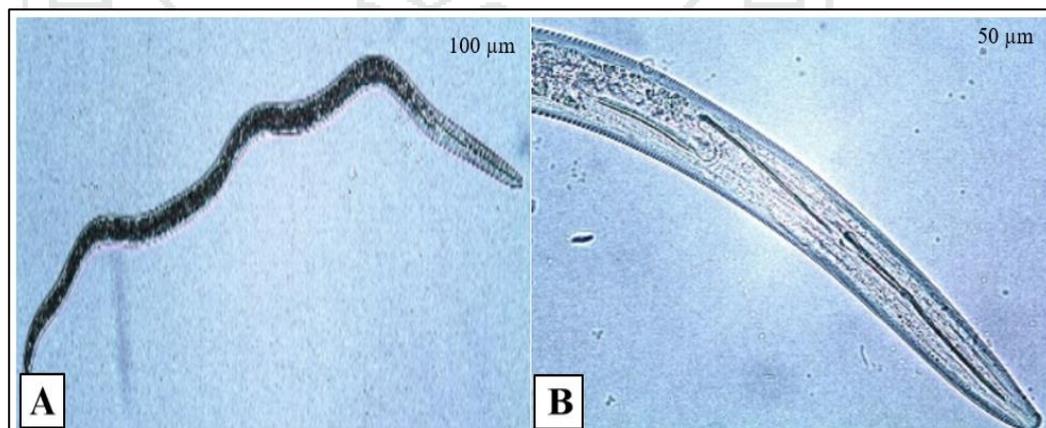
cuerpo tanto en hembras como en machos varía de 200 a 1,000  $\mu\text{m}$ ; lo cual en tan amplio rango encajan las longitudes para este género en la región Puno.



**Figura 13:** Género *Mesocriconema* (A: Longitud de estilete y B: Longitud del cuerpo).  
Fuente: Elaboración propia (2016).

#### 5.1.6. Género *Xiphinema*

En individuos analizados de muestras de suelo de la región Puno, se observó al cuerpo en estado vermiforme, con una longitud de cuerpo y longitud del estilete bastante largo (figuras 14A y 14B); las características morfológicas son coincidentes (figura 14) con lo citado por Ferris (1999) que indica que el cuerpo es bastante largo, con un odontoestilete y una longitud de estilete de 150  $\mu\text{m}$  o más son características propias del Género *Xiphinema*.



**Figura 14:** Género *Xiphinema* (A: Estilete y B: Cuerpo del estado vermiforme).  
Fuente: Elaboración propia (2016).

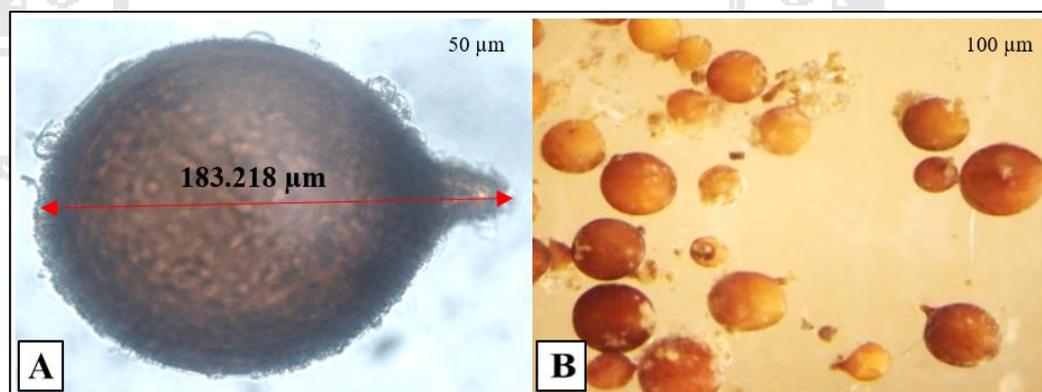
### 5.1.7. Género *Dorylaimus*

Individuos de muestras de suelo colectadas en cultivo de papa de la región Puno, se observaron características morfológicas como un cuerpo bastante largo, en la terminación de la cola es ligeramente curvada y terminación roma; tipo de estilete: odontoestilete; características que son similares a las descritas por Mulvey y Anderson (1979), ratificado por Sen, Chatterjee y Manna (2011) quienes refieren que en machos el extremo superior es ventralmente más curvado que en hembras, con terminación roma, la longitud del cuerpo en machos y en hembras es de 1,145.5 a 2,016  $\mu\text{m}$  y la longitud del estilete puede variar de 174 a 210  $\mu\text{m}$ , mientras que en la especie más pequeña la longitud del cuerpo mide de 2,200  $\mu\text{m}$  a más en todos sus estadios (Ahmad y Jairajpuri, 1982). Ambos autores refieren que dicho género se encuentra en suelos con bastante humedad y/o materia orgánica. Lo cual se confirma que dichas características pertenecen al género *Dorylaimus* y que fueron encontradas en áreas de cultivo de papa con las condiciones de humedad relativamente altas.

### 5.1.8. Género *Globodera*

Individuos analizados de muestras de suelo, se observa a los quistes que tiene un cuerpo globoso, esferoidal, con un cuello corto que no termina en cono y con una cutícula gruesa (figuras 15A y 15B). También se observa la longitud promedio del cuerpo de un quiste con 186.218  $\mu\text{m}$  (figura 15A); tamaño que es bastante diferente con las longitudes mencionadas por Subbotin, Mundo-Ocampo y Baldwin (2010) quienes refieren que en *G. pallida* la longitud del quiste es de 510 a 675  $\mu\text{m}$  y en *G. rostochiensis* es de 445 a 690  $\mu\text{m}$ , mientras que Kaushal (2013) indica que la longitud del cuerpo del quiste en el género *Globodera* varia

de 496 a 673  $\mu\text{m}$  en la especie *G. pallida* y 487 a 658  $\mu\text{m}$  en *G. rostochiensis*, también Perry y Moens (2013a) mencionan que el rango de longitud del quiste varía de 450 a 990  $\mu\text{m}$  en *G. rostochiensis* y 420 a 748  $\mu\text{m}$  en *G. pallida*; comparando con la longitud del cuerpo del quiste (figura 15). Se observa que el quiste es mucho más pequeño a lo mencionado por los autores; probablemente debido a muchos factores de competencia intraespecíficas entre los mismos individuos de dicho género ya que se presenta incidencias y densidades poblacionales promedios altas con respecto a otros géneros de nematodos en todas las muestras evaluadas (cuadro 1); en tanto la especie predominante es *G. pallida*.



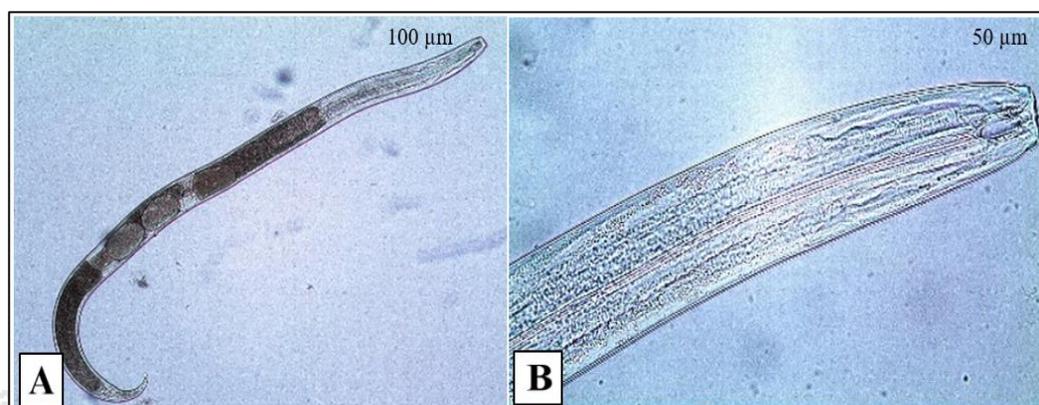
**Figura 15:** Género *Globodera* (A: Longitud del cuerpo de un quiste y B: Quistes de diferentes tamaños).

Fuente: Elaboración propia (2016).

### 5.1.9. Nematodos de vida libre

Individuos extraídos de muestras de suelo, se observaron nematodos con longitudes de cuerpo bastante grandes (figura 16), con un cuerpo cilíndrico, cutícula gruesa y presentan un odontoestilete (figura 16B). Estas características morfológicas son coincidentes (figura 16) con las mencionadas por Ruppert y Barnes (1996) quienes señalan que la mayoría de especies de nematodos de vida libre no presentan estilete y miden aproximadamente 1,000  $\mu\text{m}$  a más, también Tihohod (2000b) indica que presentan un odontoestilete que es una cavidad bucal esclerotizada con un estoma cilíndrico y en algunos géneros presenta un

odontoforo; lo cual se confirma que fueron encontrados nematodos de vida libre en todas las áreas evaluadas de la región Puno (cuadro 1) ya que los autores también señalan que se adaptan a diferentes condiciones climáticas.



**Figura 16:** A: Nematodo de vida libre y B: Cavidad bucal esclerotizada (odontostilete) de un nematodo de vida libre.

Fuente: Elaboración propia (2016).

## 5.2. Variación de la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos en las principales zonas productoras de papa de la región Puno

En las muestras analizadas, a través del método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa; se observa de forma general los géneros: *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorylaimus* y *Globodera*; asimismo, fue constatado también la presencia de nematodos de vida libre (saprófitas y predadores) en altos índices en todas las provincias en estudio; ver: cuadro 1.

A continuación, se describen las variaciones de las densidades poblacionales promedio de cada género de nematodo fitoparásito y nematodos de vida libre en el cultivo de papa de la región Puno:

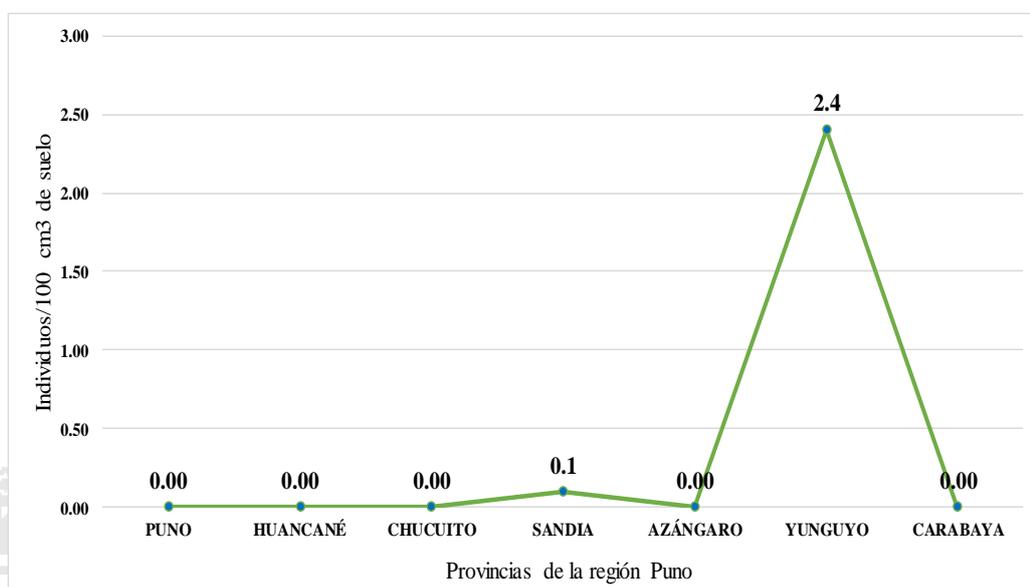
Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (*Meloidogyne* spp., *Nacobbus* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Mesodorylaimus* spp., *Dorylaimus* spp., *Globodera* spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedio ( $\rho \bar{X}$ ) y las densidades poblacionales mayores ( $\rho \bar{X} (< >)$ ) presentes en cada provincia muestreada en la región Puno

		PROVINCIAS DE LA REGIÓN PUNO						
nematodos		PUNO	HUANCANÉ	CHUCUITO	AZÁNGARO	SANDIA	YUNGUYO	
<i>ne</i> spp.	Inc. (%)	0	0	0	0	6.7	21.3	
	$\rho \bar{X} (< >)$	0	0	0	0	0.10(0-1.33)	2.4(0-20.00)	
spp.	Inc. (%)	8	0	0	0	0	0	
	$\rho \bar{X} (< >)$	0.20(0-2.67)	0	0	0	0	0	
us spp.	Inc. (%)	4	4	4	0	20	6.7	
	$\rho \bar{X} (< >)$	0.10(0-2.67)	0.10(0-1.33)	0.10(0-2.67)	0	1.40(0-8.00)	0.40(0-5.33)	
nchus spp.	Inc. (%)	64	44	72	53.3	86.7	6	
	$\rho \bar{X} (< >)$	7.20(0-22.67)	2.70(0-20.00)	5.10(0-21.33)	4.80(0-24.00)	11.10(0-41.33)	0.20(0-4.00)	
nema spp.	Inc. (%)	16	8	45.3	62.6	93.3	61.3	
	$\rho \bar{X} (< >)$	2.10(0-21.33)	0.70(0-12.00)	4.40(0-29.33)	4.90(0-30.67)	22.80(0-40.00)	20.7(0-98.67)	
a spp.	Inc. (%)	36	28	14.6	16	66.7	21.2	
	$\rho \bar{X} (< >)$	1.70(0-9.33)	0.70(0-4.00)	0.30(0-2.67)	0.40(0-4.00)	1.80(0-5.33)	0.80(0-6.67)	
s spp.	Inc. (%)	12	0	0	0	6.7	0	
	$\rho \bar{X} (< >)$	1.1(0-13.33)	0	0	0	0.1(0-1.33)	0	
v spp.	Inc. (%)	100	100	100	100	100	100	
	$\rho \bar{X} (< >)$	45.85(17.07-74.00)	62.23(23.60-119.07)	50.13(4.80-116.27)	51.79(25.73-132.13)	56.63(32.80-81.60)	63.84(9.20-222.13)	66.20
s de vida	Inc. (%)	100	96	100	100	100	90	
	$\rho \bar{X} (< >)$	26.69(5.33-60.00)	20.75(0-44.00)	17.65(6.67-50.67)	20.14(6.67-34.67)	20.36(8.00-32.00)	17.47(0-29.33)	20

Inc. = Incidencia,  $\rho$  = Densidad,  $\bar{X}$  = Promedio poblacional,  $\rho \bar{X}$  = Expresado en individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo,  $< >$  = Expresan rangos de densidades poblacionales mayores de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y el género *Globodera* está expresado en quistes/100cm<sup>3</sup> de suelo.

Elaboración propia (2016).

### 5.2.1. Densidad poblacional promedio del género *Meloidogyne* en cultivo de papa de la región Puno



**Figura 17:** Densidad poblacional promedio del género *Meloidogyne* en cultivo de papa de la región Puno.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Se observa, densidades poblacionales promedio de 0.1 y 2.4 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en las provincias de Sandia (distrito Cuyocuyo) y Yunguyo (distrito Copani) respectivamente (figura 17), además no se presentó incidencia en muestras de suelos en las demás provincias en estudio de la región Puno.

Se constata la presencia del género *Meloidogyne* en el cultivo de papa en el presente estudio a altitudes entre 3,418 y 3,841 msnm (anexo: cuadro 8) en las provincias de Sandia, con una incidencia de 6.7 % y en la provincia de Yunguyo, con una incidencia de 21.3 % respectivamente (cuadro 1 y anexo: figuras 36 y 39); considerando que las condiciones meteorológicas de dichas áreas muestreadas presentan condiciones favorables para el establecimiento del nematodo (anexo: fichas meteorológicas 3 y 7).

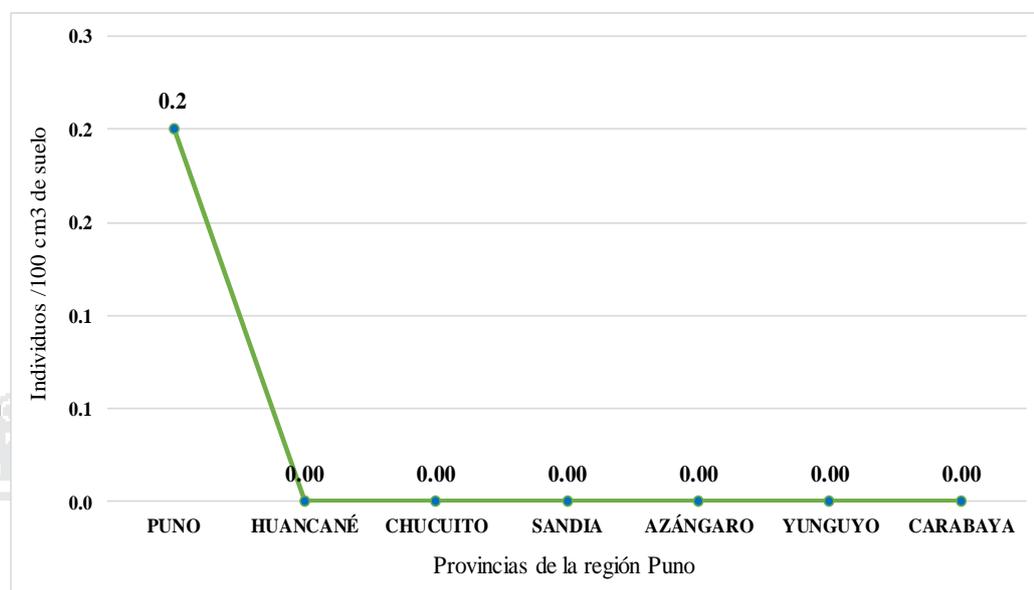
Con los datos mencionados anteriormente no se mostraron evidencias de densidades poblacionales altas de *Meloidogyne* spp., debido a la predominancia del género *Nacobbus*; sin embargo, no fue observada nodulaciones en raíces de plantas de papa en el muestreo en la provincia de Sandia. Comparando los umbrales de daño de *Meloidogyne* spp., autores como Arévalo (2014) menciona que este debe presentar rangos de 10 a 50 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo para ocasionar pérdidas económicas; no en tanto, Leijdens y Hofmeester (1986) refieren que los umbrales de daño son a partir de 200 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y 50 individuos/250 cm<sup>3</sup> de suelo según Brodie, Evans y Franco (1993) comparando con el presente estudio, los juveniles encontrados (0.1 y 2.4 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo) no serían perjudiciales para el cultivo de papa en la región de Puno.

Con los porcentajes de incidencia del género *Meloidogyne* encontrados en áreas de cultivo de papa, se contrasta con Ortuño *et al.* (2013) quienes indican que poblaciones de *Meloidogyne* spp. fueron encontradas en altitudes por encima de los 3,500 msnm en Bolivia y con incidencia del “nematodo del nódulo de la raíz” de 24.32% en parcelas de papa. Constatándose así la presencia de este nematodo en la región Puno que tiene casi las mismas condiciones del altiplano boliviano.

### **5.2.2. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Nacobbus* en cultivo de papa de la región Puno**

El género *Nacobbus* solo fue observado en la provincia de Puno con 0.2 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (figura 18) y con rango de densidad poblacional menor de 0 y densidad poblacional mayor de 2.67 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo; con una incidencia de 8% en dicha provincia evaluada (cuadro 1 y anexo: figura

34). No obstante, en muestras de raíces recolectadas en la época de floración de la provincia de Yunguyo (distrito de Copani), se observó presencia de *Nacobbus* spp. y *Meloidogyne* spp. en interacción (figura 2B).



**Figura 18:** Densidad poblacional promedio del género *Nacobbus* en cultivo de papa de la región Puno.

Fuente: Elaboración propia (2016).

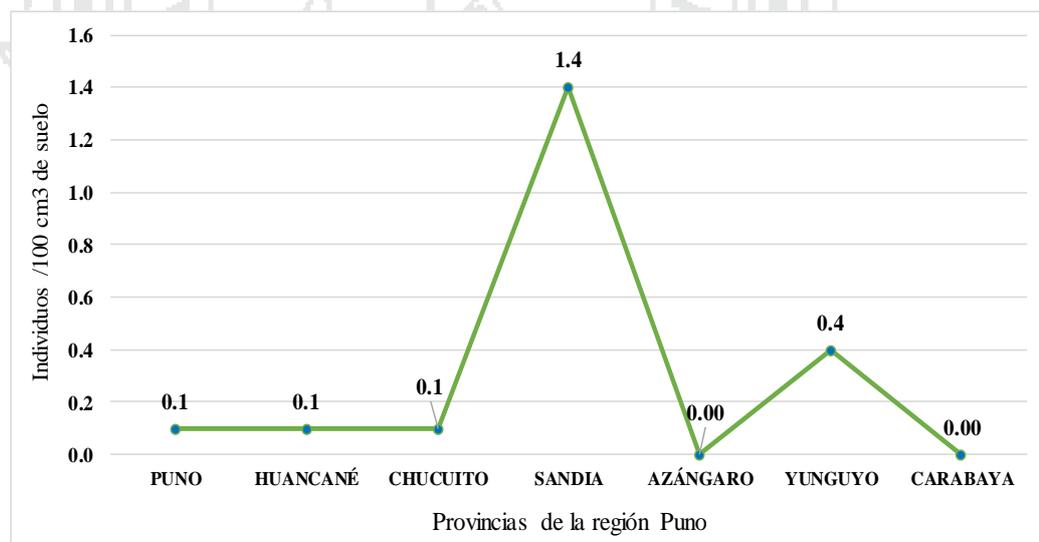
La época de colecta de muestras de suelo en el distrito de Capachica de la provincia de Puno fue en emergencia de planta (diciembre de 2015), donde las condiciones meteorológicas en el mes colectado tuvieron un promedio mensual de temperatura media de 9.9°C, precipitación total mensual de 62.1 mm y con 62% de humedad relativa (anexo: ficha meteorológica 5).

La presencia del género *Nacobbus* en áreas de cultivo de papa de la región Puno mencionado anteriormente, está adaptada a una amplia gama de condiciones climáticas como lo menciona Alarcón y Jatala (1977) quienes indican que en zonas andinas como la región Puno pueden causar pérdidas entre 20 y 55% pudiendo llegar hasta 95% de la producción en años con escasas lluvias y en suelos arenosos, franco arenosos y francos (INIA, 2012); por lo que su presencia se evidente más en la época de floración del cultivo; donde el tipo de suelo

predominante en la provincia de Puno (distrito de Capachica) fueron suelos franco arenosos.

Estas características medio ambientales en la provincia colectada hacen que sean adecuadas para el establecimiento del género *Nacobbus* ya que según Prasad y Webster (1967) y Quimi (1979) mencionan que el desarrollo y ciclo de vida de este nematodo es fuertemente influenciada por la temperatura y las condiciones medio ambientales. Lo cual las condiciones de las zonas muestreadas y donde se presentó incidencia de dicho género son apropiadas para su desarrollo.

### 5.2.3. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Pratylenchus* en cultivo de papa de la región Puno



**Figura 19:** Densidad poblacional promedio del género *Pratylenchus* en cultivo de papa de la región Puno.

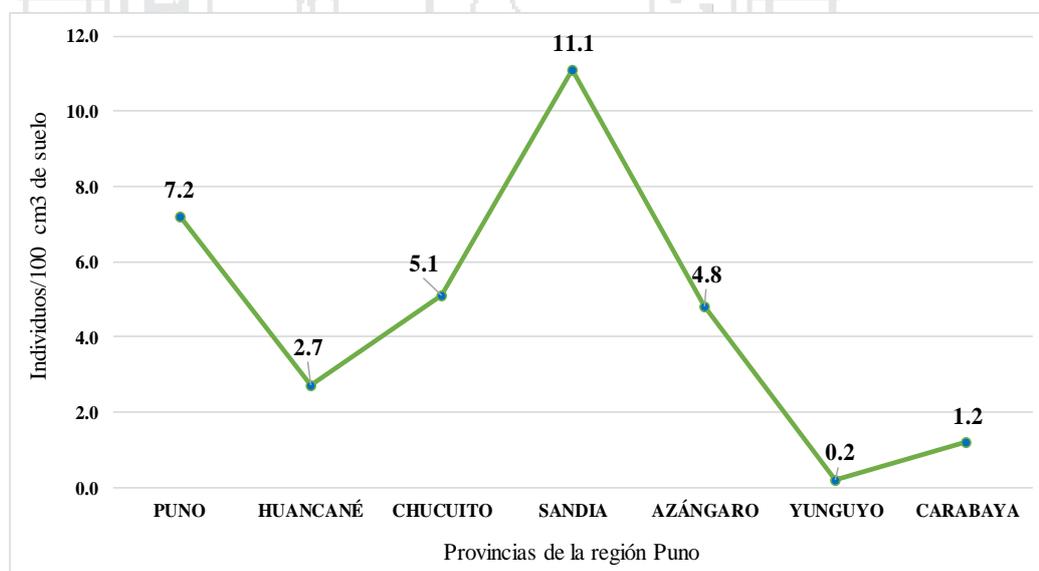
Fuente: Elaboración propia (2016).

Se observa presencia del género *Pratylenchus* en las provincias de Sandia, Yunguyo, Puno, Chucuito y Huancané con 1.4, 0.4, 0.1, 0.1, 0.1 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente; mientras que en las provincias de Azángaro y Carabaya no se observó presencia en las muestras analizadas de suelos del cultivo de papa (figura 19). Se observa incidencia mayor de 20% en la provincia de Sandia

e incidencias semejantes en las demás provincias en estudio de la región Puno (cuadro 1 y anexo: figura 39).

Las densidades poblacionales promedio e incidencias bajas en muestras de suelos evaluados, evidencian que dichas densidades poblacionales no superan los umbrales de daño económico como lo menciona Arévalo (2014) quien refiere que rangos de 100 a 200 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo se consideran umbral de daño; lo cual con las densidades poblacionales en muestreos de suelos de áreas de cultivo de papa de la región Puno no superan los umbrales de daño y por tanto no afectaría al normal desarrollo de las plantas del cultivo de papa en Puno.

#### 5.2.4. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus* en cultivo de papa de la región Puno



**Figura 20:** Densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus* en cultivo de papa de la región Puno.

Fuente: Elaboración propia (2016).

En todas las provincias en estudio se observó la presencia del género *Helicotylenchus*; en la provincia de Sandia se observó una mayor densidad poblacional un promedio de 11.1 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, mientras que en las provincias de Puno, Chucuito, Azángaro y Huancané presentaron densidades

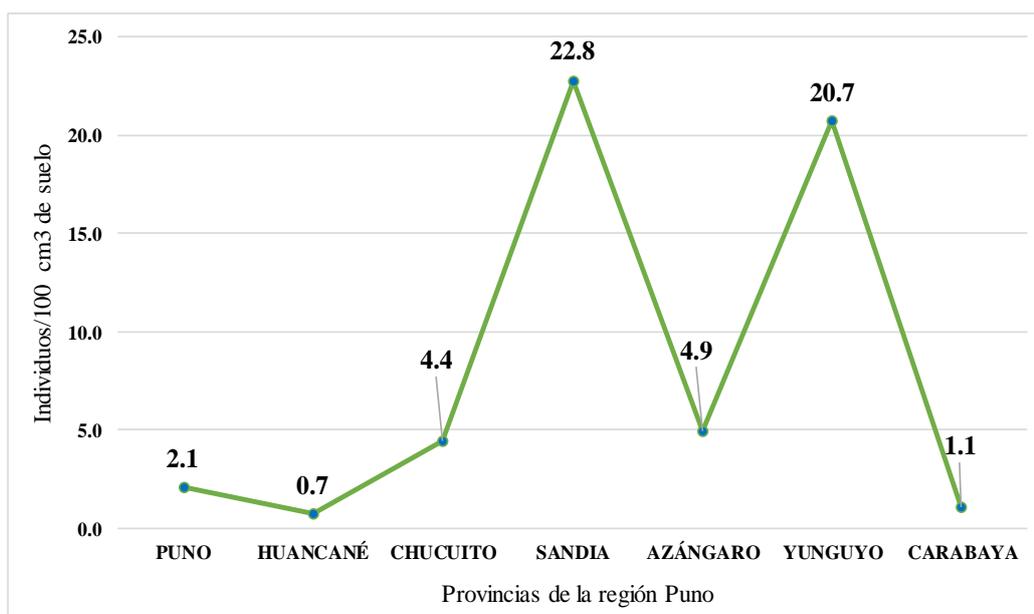
poblacionales semejantes de 7.2, 5.1, 4.8 y 2.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente; no en tanto en las provincias de Carabaya y Yunguyo se presentaron densidades poblacionales bajas con 1.2 y 0.2 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente (figura 20).

Se reconoce que se presentó un porcentaje de incidencia mayor en la provincia de Sandia con 86.7% y un porcentaje de incidencia menor en la provincia de Yunguyo con 7.7% (cuadro 1 y anexo: figuras 36 y 39).

Las densidades poblacionales promedios mencionadas (figura 20) son bajas respecto a lo que señala Arévalo (2014) quien considera que el umbral de daño del género *Helicotylenchus* debe estar en los rangos de 200 a 300 individuos/100cm<sup>3</sup> de suelo o en 10 gramos de raíz, contrastando con el autor las densidades poblacionales son permisibles para el normal desarrollo del cultivo de papa en la región Puno, pero previamente que estas cifras no suban.

#### **5.2.5. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* en cultivo de papa de la región Puno**

Como se puede observar en la figura 21, en las provincias de Sandia y Yunguyo se presentaron densidades poblaciones altas con promedio de 22.8 y 20.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente, mientras que en las provincias de Azángaro, Chucuito y Puno presentaron densidades poblacionales menores de 4.9, 4.4 y 2.1 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente; en tanto se observó densidades poblaciones bajas en las provincias de Carabaya y Huancané con 1.1 y 0.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente.



**Figura 21:** Densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* en cultivo de papa de la región Puno.

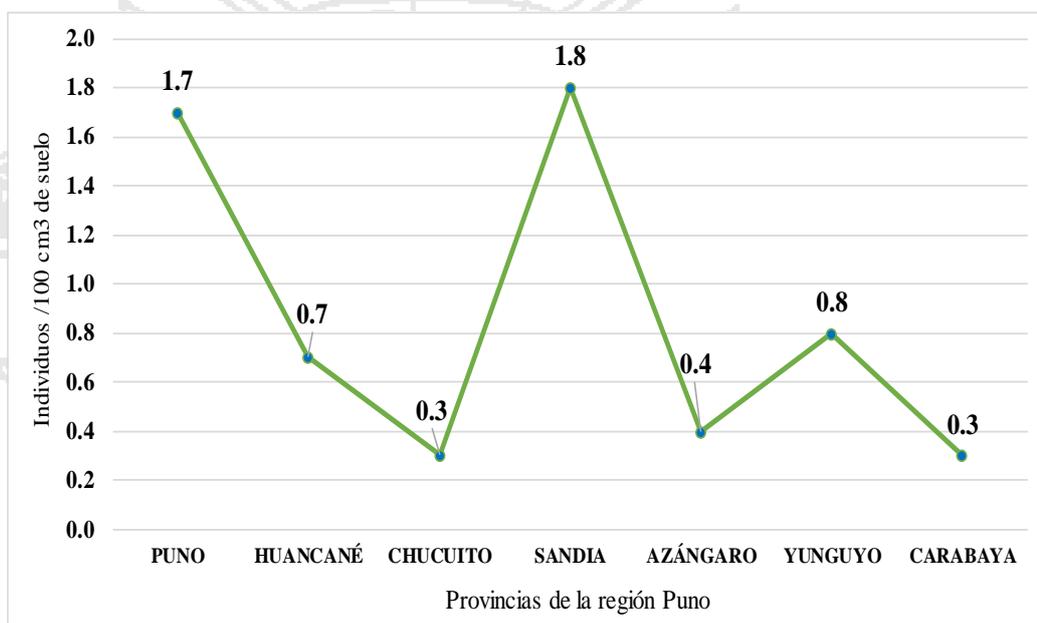
Fuente: Elaboración propia (2016).

También se observó un porcentaje de incidencia mayor de 93.3% en la provincia de Sandia y un porcentaje de incidencia menor de 3.73% en la provincia de Huancané (cuadro 1 y anexo: figuras 38 y 39).

Las provincias donde se presentaron incidencias y densidades poblacionales altas del género *Mesocriconema* se debe principalmente a que los individuos de dicho género son ectoparásito de distribución mundial y asociados a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas tal como lo afirma Ferris (1999); lo que se evidencia en las muestras de suelo colectadas de la provincia de Yunguyo sobre áreas de cultivos de papa con presencia de cercos de árboles leñosos y cultivos de gramíneas a los alrededores del cultivo de papa y en la provincia de Sandia realizan la rotación con el cultivo de maíz; además Fundesyram (2012) menciona que se desarrollan mejor en suelos húmedos, situación que le permite establecerse en zonas con riego y en la estación lluviosa aumentar sus poblaciones, por la cual las provincias mencionadas anteriormente

que tienen altas densidades poblacionales e incidencias altas, tienen condiciones para el establecimiento del nematodo tanto por la humedad de suelo que presentan y las condiciones medio ambientales presentes en cada zona productora de papa muestreada (anexo: fichas meteorológicas 3 y 7).

**5.2.6. Variación de la densidad promedio poblacional del género *Xiphinema* en cultivo de papa de la región Puno**

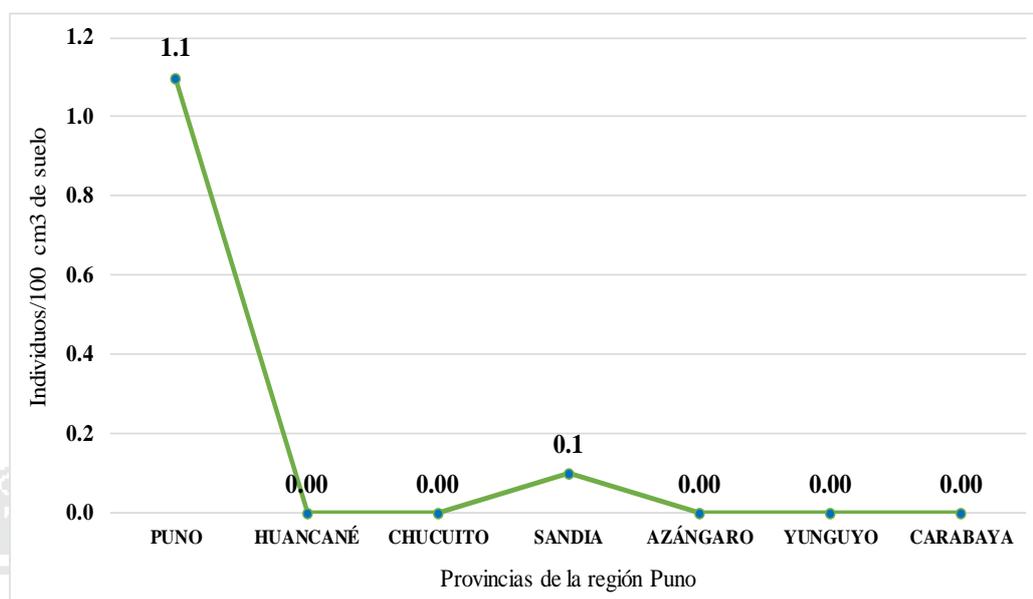


**Figura 22:** Densidad poblacional promedio del género *Xiphinema* en cultivo de papa de la región Puno.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

El género *Xiphinema* estuvo presente en siete provincias en estudio (Puno, Huancané, Chucuito, Sandía, Azángaro, Yunguyo y Carabaya) con densidades poblacionales promedios bajas en rangos de 0.3 a 1.8 individuos/100 cm<sup>3</sup> respectivamente (figura 22).

Aun cuando los datos muestran que las densidades poblacionales promedios no son altas; se debe tener en cuenta que varias especies del género *Xiphinema* son consideradas problemáticas por el daño indirecto que generan al transmitir diversos virus según lo menciona Ferris (1999).

### 5.2.7. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Dorylaimus* en cultivo de papa de la región Puno

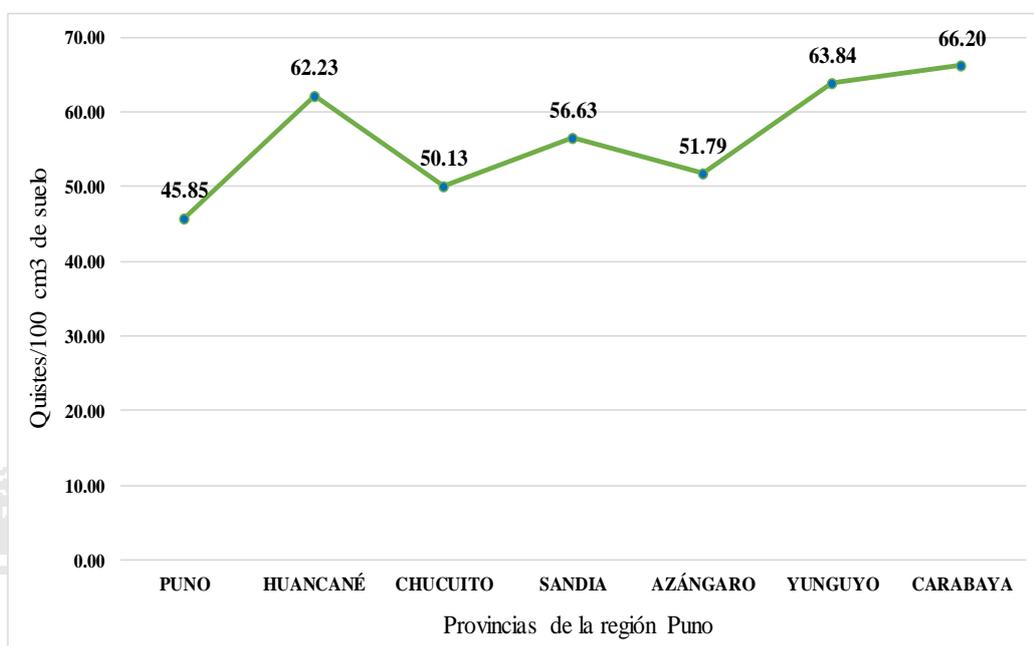


**Figura 23:** Densidad poblacional promedio del género *Dorylaimus* en cultivo de papa de la región Puno.

Fuente: Elaboración propia (2016).

La presencia del género *Dorylaimus* en las provincias de Puno y Sandia se deba principalmente a que este género se establece mejor en lugares con bastante humedad y/o lugares con bastante materia orgánica, comprobando con las afirmaciones de Mulvey y Anderson (1979) y Jiménez-Guirado (1988) quienes mencionan que este nematodo se encuentra más en suelos húmedos, que son omnívoros que se alimentan tanto de vegetales como animales, cuando se alimentan de raíces forma la escobilla, reducen el tamaño del sistema radicular y además retardan el desarrollo de los cultivos, también su población se deba a características medio ambientales y meteorológicas propias de cada zona (anexo: fichas meteorológicas 5 y 7). Pero como se evidencia su presencia en bajas densidades poblacionales, no llega a causar daños al cultivo de papa.

**5.2.8. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Globodera* en cultivo de papa de la región Puno**



**Figura 24:** Densidad poblacional promedio del género *Globodera* en cultivo de papa de la región Puno.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

Considerando el total de muestras analizadas (160 muestras), se observó que el género *Globodera* está presente en todas las áreas muestreadas con incidencias del 100% (cuadro 1 y anexo: figuras del 34 al 40), presentando una alta densidad poblacional en la provincia de Carabaya (66.20 quistes/100cm<sup>3</sup> de suelo) y un índice menor con relación a las demás provincias en estudio en la provincia de Puno (45.85 quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo); siendo observado en estos quistes 350 huevos y juveniles/quiste aproximadamente, también se presentaron densidades poblacionales homogéneas y similares en las demás provincias en estudio (figura 24).

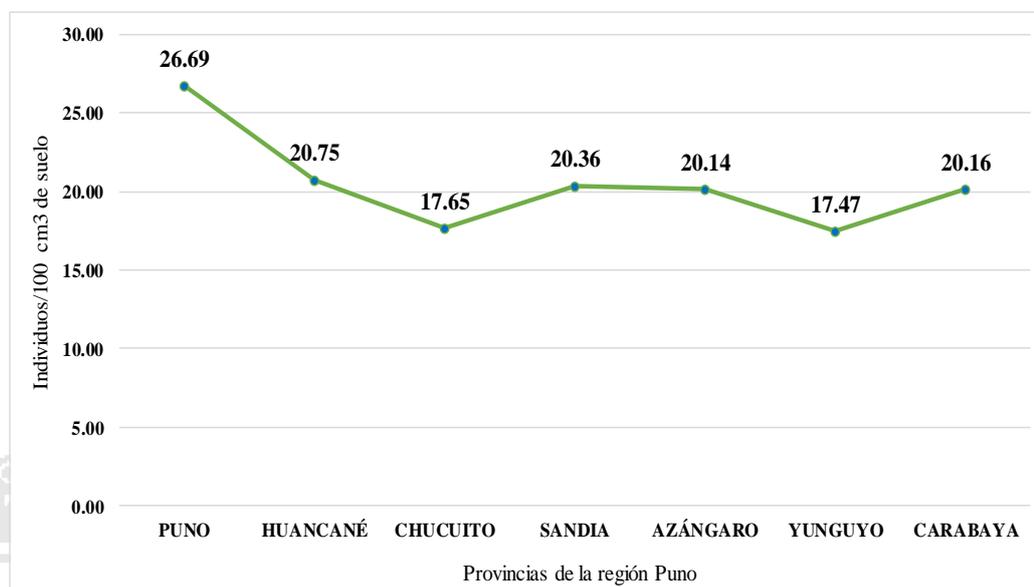
La presencia del género *Globodera* en todos los campos evaluados (100%) (cuadro 1 y anexo: figuras del 34 al 40), evidencia el mal manejo que realiza el agricultor y la poca importancia que se le brinda al cultivo de papa; la alta

incidencia presentada en la provincia de Carabaya se deba a que en la mayoría de muestras evaluadas fueron áreas comunales de siembra, donde practican el monocultivo, ratificando el trabajo realizado por León y Romero (2005), quienes indican que el 69.74% campos de producción de papa en la región de Puno se encontraban infestados con el “nematodo quiste de la papa” y el 30.26% estaban libres de este fitoparásito, lo que con el presente trabajo se confirma la presencia y aumento de este nematodo en todas las áreas donde se cultiva papa.

Asimismo, en todas las áreas analizadas fue observado un nivel poblacional promedio alto que supera el límite de umbral de daño económico, que para Ecuador fue determinado por Pumisacho y Sherwood (2002) con solo 0.3 quistes viables por gramo de suelo y de hasta 40 quistes/kg de suelo. Por su parte en Venezuela se ha determinado que la presencia de un quiste/100 cm<sup>3</sup> de suelo y más de 120 J2/100cm<sup>3</sup> de suelo son causantes de pérdidas económicas (Áñez y Tavera, 1985). Otros estudios demostraron que poblaciones de cinco quistes viables/100 cm<sup>3</sup> de suelo pueden causar daños económicos (Crozzoli, 1989). Con estos resultados se verifica que debe realizarse un plan de manejo de este nematodo; usualmente a fin de mantener el nivel de población a un nivel por debajo de los umbrales económicos (Smith, Brenowitz y Wingfield, 1997).

Con el presente trabajo se determinó las especies de *Globodera* spp. existentes en la región Puno, siendo *G. pallida* la especie predominante y *G. rostochiensis* en menor cantidad reafirmando con ello los reportes de Franco (1993) y Nuñez *et al.* (2003).

### 5.2.9. Variación de la densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en cultivo de papa de la región Puno



**Figura 25:** Densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en cultivo de papa de la región Puno.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Los nematodos de vida libre están presentes en todas las provincias evaluadas; en la provincia de Puno se observó una alta densidad poblacional promedio de 26.69 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, de igual manera en las provincias de Huancané, Sandia, Carabaya y Azángaro, se presentó densidades poblacionales similares con 20.75, 20.36, 20.16 y 20.14 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente; en tanto se presentó densidades poblacionales bajas en las provincias de Chucuito y Yunguyo de 17.65 y 17.47 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente (figura 25).

De la misma forma en las 7 provincias fueron observados la presencia de nematodos de vida libre en 97.50% de las áreas analizadas (cuadro 1 y anexo: figuras del 34 al 40).

Las densidades poblacionales altas presentes en todas las provincias en estudio demostrarían que los agricultores incorporan materia orgánica no tratada en la siembra del cultivo de papa.

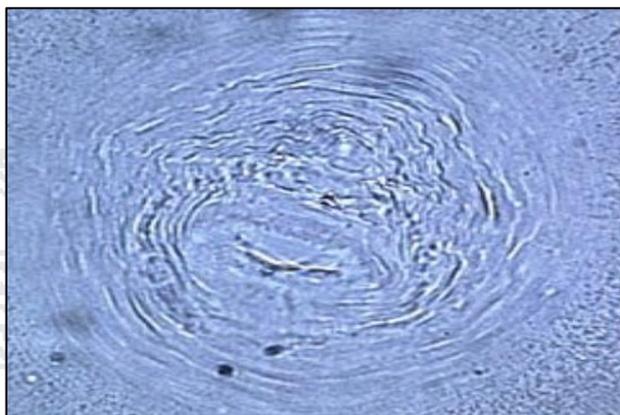
Las provincias que presentaron bajas densidades poblacionales tienen predominancia de suelos arenosos, donde los agricultores probablemente no incorporan materia orgánica pero si utilizando fertilizantes (anexo: cuadro 8) y por tanto son adecuadas para el establecimiento de otros nematodos fitoparásitos y la reducción de nematodos de vida libre ya que según Yeates y Bongers (1999); Lavelle y Spain (2001) mencionan que los nematodos de vida libre son responsables de la descomposición, mineralización y flujo de nutrientes en el suelo, además de regular poblaciones de hongos y bacterias (Bongers y Ferris, 1999, Yeates, 2003). Por lo tanto, estas bajas densidades poblaciones hacen que otros nematodos de importancia agrícola como los del género *Meloidogyne* y *Nacobbus* se establezcan para causar pérdidas en rendimiento y por ende económicas.

### **5.3. Identificación del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en las principales zonas productoras de papa de la región Puno**

Para cumplir con el tercer objetivo se identificó al género *Meloidogyne* mediante la caracterización morfológica en individuos en muestras de raíces colectadas en la región Puno, descrita a continuación:

Una población de *Meloidogyne* spp., fue encontrado en campos de cultivo de papa en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo de la región Puno (anexo: cuadro 17), lo cual permitió la caracterización del “nematodo del nódulo de la raíz” utilizando la identificación del estudio de la **configuración perineal de la región**

**posterior del cuerpo de las hembras** de *Meloidogyne* spp., tomando como base las experiencias de Hunt y Handoo (2009) quienes mencionan que es una identificación clásica de especies del género *Meloidogyne*.



**Figura 26:** Corte perineal de *Meloidogyne hapla*, especie encontrada en muestras de suelo en el distrito de Copani, provincia de Yunguyo de la región Puno  
Fuente: Elaboración propia (2016).

El corte perineal realizado en muestras de la población del distrito de Copani, provincia de Yunguyo, muestra forma redonda hexagonal, ovoidal aplanada con estrías muy finas y signos de puntuación subcuticular en un área pequeña sobre el ano, el arco dorsal es bajo y redondeado; las crestas laterales se encuentran ausentes, en cambio los campos laterales presentan estrías irregulares. Las estrías tanto dorsales como ventrales son lisas y ligeramente onduladas, forma un ala en el lado lateral izquierdo (figura 26).

Coincidiendo así con Taylor y Sasser (1983) y Kaushal (2013) quienes mencionan que dichas características corresponden a la especie de *M. hapla*; también mencionan que las puntuaciones sobre el ano en el corte perineal son características típicas para la identificación de dicha especie y que algunos cortes perineales puedan o no formar ala en el lado derecho o izquierdo, sin embargo la muestra en estudio presentó un ala en el lado lateral izquierdo; por lo que los resultados no son

conclusivos debido a la variabilidad de dichas características en el corte perineal, lo que no asegura su identificación exacta, a través de éste método comúnmente usado.

En cambio, de acuerdo al análisis **iso enzimático** de la población de *Meloidogyne* ssp. encontrada, se comparó la especie revelada en el gel de poliacrilamida con enzima esterase, frente al padrón (*Meloidogyne javanica* esterase J3), y el resultado mostró ser la especie *M. hapla*, donde la banda identificada se posicionó entre la primera y segunda banda de *M. javanica* esterase J3 (figura 27); Asimismo para complementar el resultado se realizó la medición relativa de las bandas identificadas de la población analizada presentando una movilidad relativa (MR) de 0.90; ratificándose como *M. hapla* H1 (figura 27).

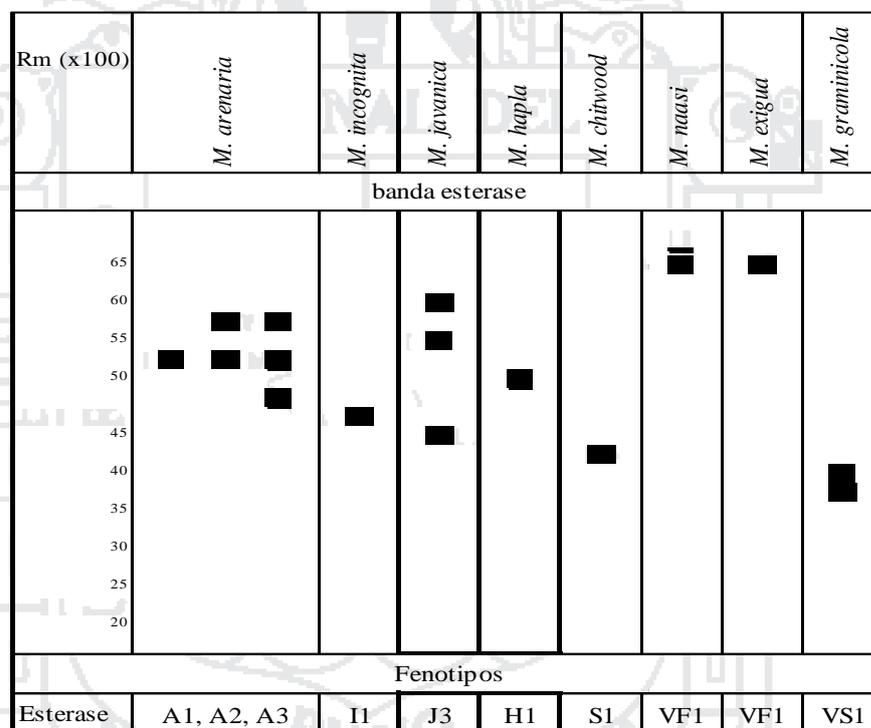


**Figura 27:** Gel iso enzimático (A: Padrón *Meloidogyne javanica* (esterase J3) y B: *M. hapla* (esterase H1)).

Fuente: Elaboración propia (2016).

Estas características de padrones electroforéticos fueron comparadas con la figura 28, donde Eisenback y Triantaphyllou (1991) mencionan que la especie de *M. hapla* muestra una banda en relación al padrón de *M. javanica* esterase J3, lo cual son coincidentes con el gel electroforético, con lo que se demuestra que la especie presente en el cultivo de papa de la región Puno es *M. hapla*, lo cual coincide con la mayoría de características morfológicas observadas en el corte perineal, asumiendo

que la presencia del ala lateral izquierdo es un resultado que pudiera deberse a condiciones propias del distrito de Copani, provincia de Yunguyo, la misma que fue 10.6°C, con una precipitación mensual de 183.8 mm y con 72% de humedad relativa (anexo: ficha meteorológica 3), estas condiciones son favorables para que el nematodo pueda multiplicarse y causar daño al cultivo de la papa en altas densidades poblacionales. Asimismo, el área muestreada presenta una textura arenosa y franco arenoso (anexo: cuadro 9).



**Figura 28:** Especies de *Meloidogyne* identificadas con la isoenzima esterase, Rm:movimiento relativo.

Fuente: Eisenback y Triantaphyllou (1991).

Investigadores como Taylor y Sasser (1983) y Perry *et al* (2009) confirman que, en climas fríos, con temperaturas que oscilan entre 0°C a 15°C con suelos arenosos, son adecuados para la multiplicación de *M. hapla*. Confirmándose así la importancia del estudio de esta especie pudiendo ser perjudicial para el cultivo de papa e inclusive cuando están asociados con otros nematodos. En cambio, nuestros resultados no son coincidentes con los reportes de Ortuño *et al* (2013) quienes

mencionan que, en Bolivia en cultivos de papa, en cortes perineales realizados a poblaciones de *Meloidogyne* spp. tienen características similares a *M. incognita* pero son mucho más pequeñas, lo cual recomiendan utilizar otros métodos para su identificación exacta. Lo cual no llegaron a identificar a *M. hapla* en sus poblaciones de *Meloidogyne* spp.

Asimismo, fue encontrada una población de *Meloidogyne* spp. en el distrito de Cuyocuyo provincia de Sandía (anexo: cuadro 15), el cual no fue identificada debido a su baja densidad poblacional (cuadro 1).

Finalmente se niega la hipótesis específica, que señala que podía existir la presencia de *M. incognita* y *M. Chitwood* en muestras de suelo de las principales zonas productoras de papa de la región Puno; ya que solo se demostró la presencia de *M. hapla* en cultivos de papa; que también se reporta la presencia de dicha especie en provincias frías de Argentina, tal como lo señala Chaves y Torres (2001).

#### **5.4. Resistencia de variedades de papa nativas y mejoradas de la región Puno a *Meloidogyne hapla* en invernadero**

A continuación, se detallan los parámetros evaluados:

##### **5.4.1. Evaluación de la altura de la planta en nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla***

Se observa que las variedades: imilla blanca, mariva, imilla negra y huayro tuvieron un crecimiento mayor y homogéneo no existiendo diferencia estadística entre ellas. Entretanto las variedades: andina, ccompis y peruanita tuvieron un crecimiento intermedio sin diferencias estadísticas entre ellas, y por último las variedades yungay y lomo blanco, tuvieron un crecimiento menor con relación a las demás variedades de papa evaluadas (cuadro 2), estas dos últimas variedades

tienen diferencias estadísticas. Estas características están relacionadas al fenotipo de la variedad de cada una de ellas (enunciado 2.1.2) tales diferencias se deben a que cada variedad presenta un diferente periodo fenológico. Mientras que la altura de las plantas de los testigos de cada variedad de papa no tiene medidas mayores en la mayoría de ellas a las inculadas con *M. hapla*.

**Cuadro 2:** Altura de la planta de nueve variedades de papa inculadas con *M. hapla*

Variedades de papa	AP testigo	Altura de la planta (AP)	
		Media	Scott- Knott
Imilla blanca	88.00	109.67	a
Mariva	104.00	107.16	a
Imilla negra	100.00	105.50	a
Huayro	112.00	100.83	a
Andina	98.00	94.00	b
Ccompis	113.00	90.83	b
Peruanita	85.00	89.33	b
Yungay	79.00	80.00	c
Lomo blanco	69.00	65.67	d
CV		9.98%	

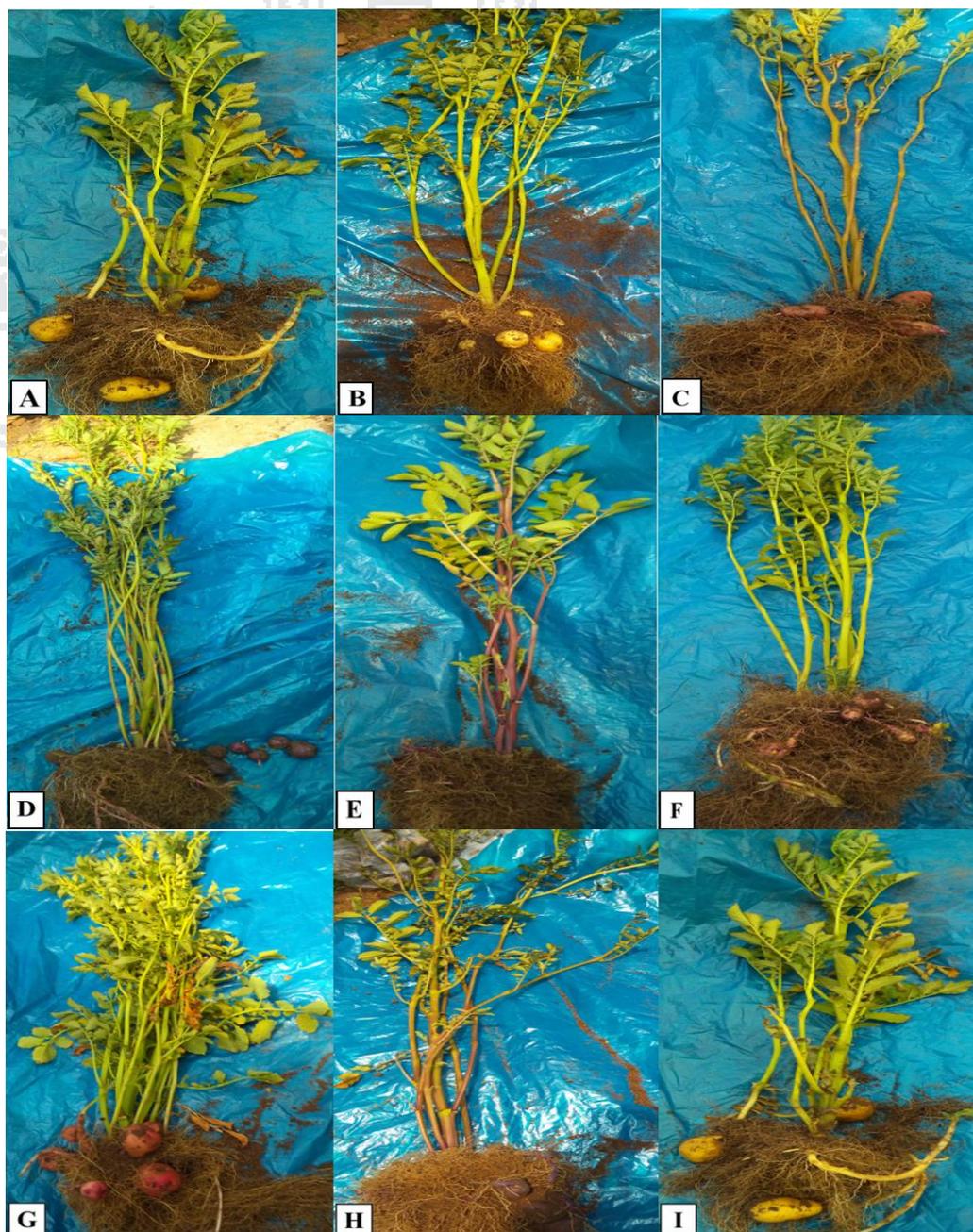
Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Independientemente a la presencia del “nematodo del nódulo de la raíz”, la altura de la planta no es determinante para la evaluación de los síntomas en la parte aérea de la planta que puedan ser causados por *M. hapla*; ya que Según, Tihohod (2000b) menciona que las plantas cultivadas infectadas muestran un desarrollo deficiente y una mayor cantidad de hojas pequeñas, de color verde pálido o amarillento lo cual durante el establecimiento del cultivo de papa en invernadero no mostraron características específicas de desarrollo deficiente (figura 29). Es por ello que los problemas que generan suelen confundirse con los originados por otras plagas según lo menciona Chaves (2005).

También en áreas de cultivo de papa del distrito de Copani, provincia de Yunguyo, se observó áreas con plantas que tienen hojas cloróticas amarillentas

con marcada tendencia a la marchitez (figura 30); esos síntomas son más frecuentes en suelos arenosos y en aquellos que manifiestan un mayor estrés hídrico tal como lo menciona Fernandez y Corro (2003); lo cual dicha figura muestra evidencia de plantas con visibles síntomas del ataque del nematodo fitoparásito identificado.



**Figura 29:** Alturas de nueve variedades de papa nativas y mejoradas de la región Puno (A: Lomo blanco, B: Mariva, C: Huayro, D: Imilla negra, E: Yungay, F: Peruanita, G: Imilla blanca H: Ccompis e I: Andina.

Fuente: Elaboración propia (2016).



**Figura 30:** Síntomas de amarilleamiento y crecimiento deficiente de plantas del cultivo de papa en la provincia de Yunguyo.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

#### 5.4.2. Evaluación del peso de la parte aérea de la planta en nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

**Cuadro 3:** Peso de la parte aérea de la planta de nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

Variedades de papa	PPAP testigo	Peso parte aérea de la planta (PPAP)	
		Media	Scott- Knott
Mariva	255.59	231.28	a
Imilla blanca	200.02	218.32	a
Imilla negra	215.89	210.56	a
Huayro	198.35	192.23	a
Lomo blanco	190.00	182.18	b
Peruanita	118.64	177.24	b
Ccompis	189.31	175.77	b
Andina	130.65	143.23	c
Yungay	131.68	132.40	c
CV		14.43%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

Se observa que las variedades: mariva, imilla blanca, imilla negra y huayro muestran un peso mayor del peso de la parte aérea de la planta, siendo estadísticamente iguales diferenciándose de las variedades: lomo blanco, peruanita y ccompis las cuales muestran un peso de la parte aérea de la planta intermedio en relación a las variedades mencionadas anteriormente, mientras que

las variedades andina y yungay muestran un peso de la parte aérea de la planta, siendo estadísticamente diferentes a los dos grupos anteriores (cuadro 3). Mientras que los pesos de la parte aérea de las plantas de los testigos son similares a los inoculados con *M. hapla*.

Los pesos de la parte aérea de las plantas en nueve variedades evaluadas no son un indicativo que *M. hapla* pueda causar daños en la reducción de los pesos, ya que según Fernandez y Corro (2003) mencionan que la apariencia de las plantas atacadas es la misma que la de plantas sanas, tal como también se muestran con los testigos de cada variedad. Por características botánicas de las diferentes variedades de papa, se deduce que no afecta al desarrollo de la planta cuando esté presente el “nematodo del nódulo de la raíz”, pero probablemente en densidades que superen los umbrales de daño puedan causar daños en reducción de tamaño y por consiguiente disminución en el peso de la parte aérea de la planta.

#### 5.4.3. Evaluación del peso de la raíz en nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

**Cuadro 4:** Peso de la raíz de nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

Variedades de papa	PR testigo	Peso de la raíz (PR)	
		Media	Scott- Knott
Imilla negra	55.67	54.58	a
Andina	40.65	43.67	b
Mariva	47.34	43.23	b
Peruanita	32.54	42.51	b
Imilla blanca	39.00	39.37	b
Yungay	30.00	39.37	b
Huayro	35.12	37.03	b
Ccompis	35.56	35.35	b
Lomo blanco	33.14	32.89	b
CV		21%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Se observa que la variedad imilla negra tiene un peso de la raíz mayor con relación a las demás variedades: andina, mariva, peruanita, imilla blanca, yungay, huayro, ccompis y lomo blanco, siendo estadísticamente diferentes al resto de los resultados (cuadro 4). Mientras que los pesos de raíces de los testigos con relación a las inoculadas con *M. hapla* tienen pesos similares.



**Figura 31:** Evaluación de raíces de nueve variedades de papa de la región Puno (A: Imilla blanca, B: Lomo blanco, C: Imilla negra, D: Huayro, E: Ccompis, F: Mariva, G: Andina, H: Peruanita e I: Yungay).

Fuente: Elaboración propia (2016).

Chaves y Torres (2001) mencionan que el “nematodo del nódulo de la raíz” generalmente da lugar a la aparición de nódulos de tamaños variados dependiendo del grado de ataque sufrido por la planta, de la especie del nematodo, de la temperatura del ambiente y del hospedante, entre los principales factores. De

acuerdo a los rangos medios del peso de la raíz (cuadro 4) no muestran diferencias muy marcadas entre variedades, lo cual las raíces no muestran nodulaciones a simple vista (figura 31), lo que fue necesario licuar mediante el procedimiento del enunciado 3.2.2 las raíces para evaluar la presencia de *M. hapla*.

Es importante resaltar este resultado ya que imilla negra es una variedad nativa muy apetecida por los consumidores ya que posiblemente son más tolerantes al ataque de *M. hapla*; mas no es un indicativo que el peso de la raíz determina un síntoma de deficiencia por el ataque de dicha especie.

#### 5.4.4. Evaluación del número de tubérculos en nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

**Cuadro 5:** Número de tubérculos de nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

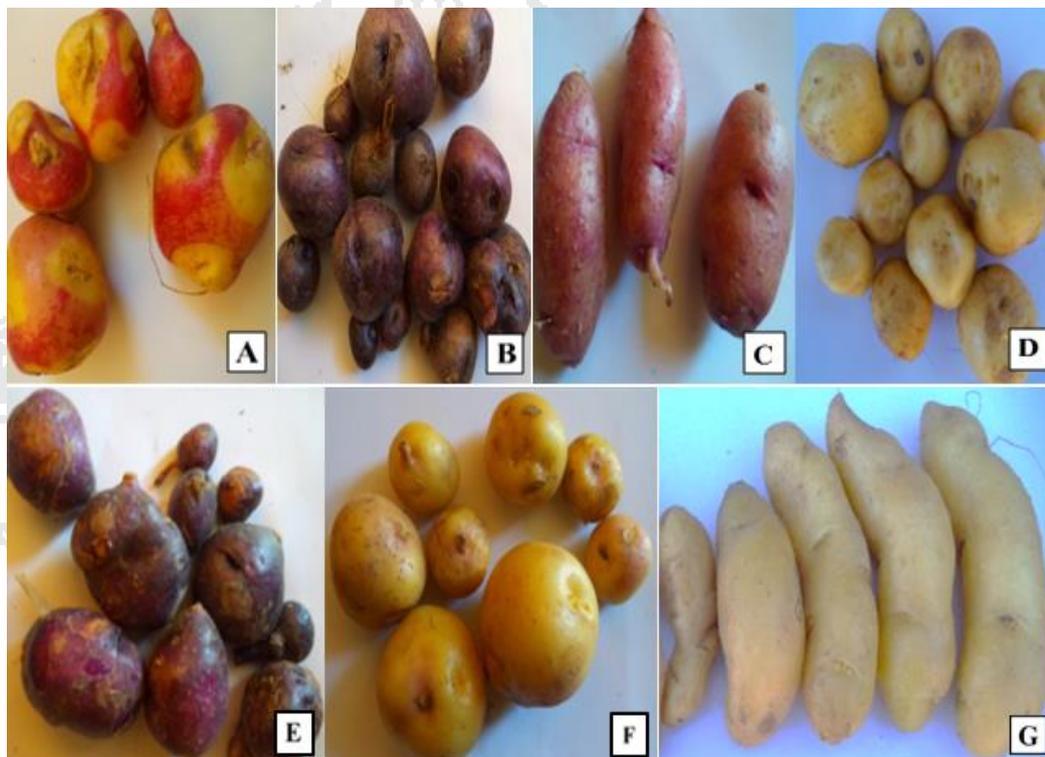
Variedades de papa	NT testigo	Número de tubérculos(NT)	
		Media	Scott- Knott
Mariva	9	8.17	a
Imilla negra	7	7.83	a
Imilla blanca	11	7.17	a
Lomo blanco	6	6.17	a
Peruanita	7	5.83	a
Yungay	8	5.33	a
Huayro	0	2.67	...b
Ccompis*	0	0	c
Andina*	0	0	c
CV		23.37%	

Leyenda: Media: Datos transformados  $\arcsen = \sqrt{x/100}$ , CV = Coeficiente de variabilidad y \* = Variedades que no presentaron formación de tubérculos.

Fuente: Elaboración propia (2016).

El análisis estadístico muestra que las variedades: mariva, imilla negra, imilla blanca, lomo blanco, peruanita y yungay tienen mayor número de tubérculo/planta, aunque entre las tres son estadísticamente iguales, entretanto la variedad huayro muestran número de tubérculo/planta menor con relación a las

variedades mencionadas anteriormente y entre ellas, también son estadísticamente iguales; mientras que las variedades ccompis y andina no presentaron formación de número de tubérculo/planta, lo cual son estadísticamente diferentes a los demás grupos mencionados anteriormente (cuadro 5).



**Figura 32:** Evaluación del número de tubérculos en variedades de papas nativas y mejoradas inoculadas con *M. hapla* (A: Peruanita, B: Imilla negra, C: Huayro, D: Imilla blanca E: Yungay, F: Mariva y F: Lomo blanco).  
Fuente: Elaboración propia (2016).

La no presencia de formación de tubérculos en las variedades ccompis y andina se deba a que el periodo vegetativo de la variedad ccompis es semitardía con 140 a 150 días y el periodo vegetativo de la variedad andina es semitardía a tardía con 150 a 180 días, pero ambos tienen una tuberización lenta y tardía, lo cual evidencia la no formación de número de tubérculos en estas dos variedades mencionadas anteriormente. El número de tubérculos probablemente no sea un factor determinante con respecto a los síntomas secundarios que puedan presentar por la infestación de *M. hapla* ya que el número de tubérculos de los testigos de

cada variedad son relativamente homogéneos a los inoculados con una población de *Meloidogyne* spp.

#### 5.4.5. Evaluación del número de protuberancias en tubérculos en nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

Se observa que la variedad lomo blanco presentó protuberancias en algunos tubérculos de papa que en promedio fue de 1.33/unidad de área evaluada en tubérculo y en las demás variedades evaluadas no mostraron protuberancias en los tubérculos (cuadro 6 y figura 32).

**Cuadro 6:** Número de protuberancias en tubérculos de nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

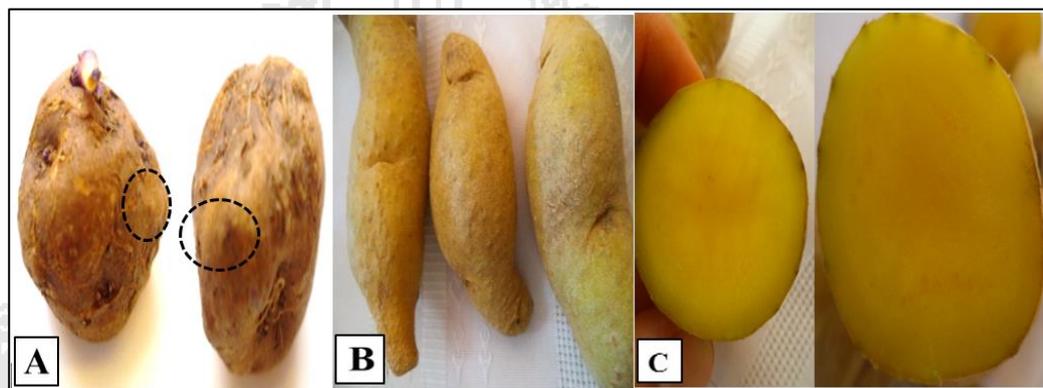
Variedades de papa	Número de protuberancia en tubérculo	
	Media	Scott- Knott
Lomo blanco	1.33	-
Imilla blanca*	0	-
Imilla negra*	0	-
Peruanita*	0	-
Ccompis*	0	-
Mariva*	0	-
Yungay*	0	-
Huayro*	0	-
Andina*	0	-

Leyenda: \* = Variedades que no presentaron protuberancias en tubérculos.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Con los datos mencionados anteriormente indicarían que las papas infectadas pueden mostrar externamente síntomas visibles bajo forma de protuberancias de diferente tamaño (figura 33A y figura 33B), tal como lo mencionan Chaves y Torres (2001) quienes indican que el “nematodo del nódulo de la raíz” induce alteraciones histológicas variadas entre las que se destaca la formación de su sitio de alimentación, como consecuencia de esta infección, la calidad del tubérculo disminuye (figura 32B), afectando su valor comercial y favoreciendo la diseminación del parásito a nuevas áreas en caso de ser utilizado

como papa – semilla (Vovlas, Mifsud, Landa y Castillo, 2005). Donde la variedad lomo blanco mostró formación de protuberancias a nivel de tubérculos, lo que indicaría que es una variedad susceptible, en cambio las demás variedades muestran mayor tolerancia en tubérculo al ataque de *M. hapla*.



**Figura 33:** A: Tubérculos de papa con protuberancias, síntomas causados por *Meloidogyne* spp., B: Tubérculos de papa con protuberancias en la variedad lomo blanco causado por *Meloidogyne hapla* y C: Corte transversal de un tubérculo dañado por *M. hapla*.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

#### 5.4.6. Evaluación del número de huevos y juveniles y el factor de reproducción en nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

De acuerdo al factor de reproducción, se observa que cinco variedades nativas (imilla negra, ccompis, lomo blanco, imilla blanca y huayro) y una variedad mejorada (mariva) presentaron una reacción de resistente (R) a *M. hapla*; donde los datos de factor de reproducción y número de huevos y juveniles son estadísticamente diferentes, ya que solo las variedades imilla negra y ccompis son estadísticamente iguales. Mientras que las variedades mejoradas (peruanita, andina y yungay) fueron inmunes al nematodo, debido a que no presentan número de huevos y juveniles en las raíces, lo cual muestra su inmunidad; también el tomate que se utilizó como testigo por la susceptibilidad a varias plagas y enfermedades, presentó resistencia con un factor de reproducción (FR = 0.662) (cuadro 7).

**Cuadro 7:** Número huevos y juveniles y el factor de reproducción de nueve variedades de papa inoculadas con *M. hapla*

Variedades de papa	Número huevos y juveniles (NHJ)		Factor de reproducción (FR)		Reacción
	Media (NHJ)	Scott-Knott	Media (FR)	Scott-Knott	
<b>Tomate cv santa cruz</b>	3311	-	0.662	-	R
<b>Imilla negra</b>	600	a	0.120	a	R
<b>Ccompis</b>	485	a	0.097	a	R
<b>Lomo blanco</b>	295	b	0.059	b	R
<b>Mariva</b>	291	b	0.058	b	R
<b>Imilla blanca</b>	233	b	0.047	b	R
<b>Huayro</b>	228	b	0.046	b	R
<b>Peruanita*</b>	0	c	0	c	I
<b>Yungay*</b>	0	c	0	c	I
<b>Andina*</b>	0	c	0	c	I
CV	35.05%		17.71%		

Leyenda: Media = Datos transformados  $\arcsen = \sqrt{x/100}$ , expresados en huevos y juveniles/100 ml de toda la raíz licuada, CV = Coeficiente de variabilidad, \* = Variedades que no presentaron número de huevos y juveniles en las raíces, R = Resistente e I = Inmune.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Concluyendo que las variedades mejoradas tienen altos niveles de resistencia, llegando a la inmunidad, por ello autores como Van Der Beek *et al.* (1998) mencionan que especies de papas silvestres (*Solanum* spp.) representan una gran reserva de diversidad genética para genes de resistencia a enfermedades, en tanto Pinheiro (2011) menciona que en Europa usan programas de mejoramiento para resistencia a *M. hapla*. También Lima (2013) verificó que la especie silvestre *S. chacoense* spp. chacoense fue resistente y con bajo índice de nodulación a *M. hapla* y otras especies. Teniendo en cuenta que *M. hapla* es un nematodo de clima frío (Stirling y Wachtel, 1985), variedades de papas nativas procedente de especies silvestres que representen resistencia e inmunidad pueden ayudar en una buena producción del cultivo de papa, aun cuando exista presencia de *Meloidogyne* spp.

## CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se han identificaron ocho géneros de nematodos fitoparásitos: *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorylaimus* y *Globodera*, identificados en cultivos de papa de la región Puno.
2. Se determinó altas densidades poblacionales del género *Globodera* en todos los campos de cultivo de papa de la región Puno; en cambio se presentaron densidades poblacionales bajas de los demás géneros de nematodos fitoparásitos.
3. Se caracterizó e identificó al nematodo del nódulo de la raíz a través del análisis morfológico del patrón perineal y mediante el estudio de isoenzimas con la técnica de electroforesis, identificándose a *Meloidogyne hapla* en cultivo de papa en la provincia de Yunguyo, región Puno.
4. Las variedades nativas (imilla negra, ccompis, lomo blanco, imilla blanca y huayro) y la variedad mejorada mariva presentan resistencia a *M. hapla* mientras que las variedades mejoradas peruanita, yungay y andina muestran inmunidad frente a esta especie identificada.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir evaluando campos de cultivo de papa en las provincias de la región Puno que no fueron muestreadas para determinar la presencia del género *Meloidogyne*.
2. Evaluar la interacción entre los géneros *Nacobbus* y *Meloidogyne*.
3. Evaluar la resistencia en otras variedades de papas tanto nativas como mejoradas y también en especies silvestres con fines de mejoramiento genético.
4. Planificar y ejecutar medidas de prevención para evitar la diseminación de *M. hapla* en campos libres de este nematodo.
5. Se recomienda utilizar variedades de papas nativas y mejoradas resistentes e inmunes a *M. hapla*.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Agrios, G. (2004a). *Plant Pathology*. University of Florida. Florida, USA: Fifth edition. Department of Plant Pathology, 945.
- Agrios, G. (2011b). *Fitopatología*. México: Editorial Limusa S.A. de CV Grupo Noriega Editores, 745 – 749.
- Ahmad, W. y Jairajpuri, M. S. (1982): *Opisthodorylaimus n. gen, and some new and known species of Dorylaimoidea (Nematoda) from India*. *Révue du Nématologie*, 5: 261–275.
- Alarcón, C. y Jatala. P. (1977). *Efecto de la temperatura en la resistencia de Solanum andigena a Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 7(2), 2 – 3.
- Ames, M. y Spooner, D. M. (2008). *DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato*. *Amer. J. Bot.* 95(2), 252 – 257.
- Andre, C. M., Ghislain, P. M., Bertin, M., Oufir, M.R., Herrera, L., Hoffmann, J. F., Hausman, Y., Larondelle y Evers, D. (2007). *Andean potato cultivars (Solanum tuberosum L.) as a source of antioxidant y mineral micronutrients*. *Agric. Food Chem.* 55, 366 – 378.
- Áñez, R. y Tavira, D. (1985). *La rotación de cultivos y los rendimientos de papa en suelos infestados con nematodo dorado*. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 2, 733 – 740.
- Arévalo, M. (2014). *Umbrales de acción para nematodos fitoparasíticos*. Laboratorio Agroexpertos. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

- Barker, K. R. (1998). *Introduction and synopsis of advancements in nematology*. In: Barker, K. R.; Pederson, G. A.; Windham, G. L. (Ed.). *Plant and nematode interactions*. Madison: American Society of Agronomy, 120.
- Bongers, T. y Ferris, H. (1999). *Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring*. *Trends in Ecology and Evolution* 14, 224 – 228.
- Bravo, R. (2010). *Plagas en tubérculos andinos*. Puno, Perú: Altiplano E.I.R.L, 131.
- Brodie, B., Evans, K. y Franco, J. (1993). *Nematode parasites of potatoes*. In: Evans K, Trudgill DL, Webster JM, eds. *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. Wallingford, UK: CAB International, 87 – 132.
- Cabanillas, E. (1985). *Summary report on the current status, progress and needs for Meloidogyne research in South América*. Lambayeque Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Cahuana, R., Arcos, J., Barreda, W., Canihua, J., Quenallata, J. y Holguin, V. (2012). *Producción de semilla de buena calidad de papa*. Programa nacional de innovación agraria en razas y tuberosas Instituto nacional de innovación agraria (INIA). Serie manual N° 01- 2012, 31.
- Cansaya, J. (2012). *Aceites esenciales de plantas con propiedades nematocidas en el control de nematodo Quiste de la papa (Globodera spp.) in vitro*. Tesis de pregrado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, 75.
- Canteri, M., Althaus, R., Virgens, J., Giglioti, E. y Godoy, C. (2001). *SASM-AGR (Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan)*. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v.1, n.2, 18 – 24.

- Carneiro, R. y Almeida, M. (2001). *Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides das galhas para identificação de espécies*. Nematologia Brasileira 25, 35 – 44.
- Castagnone-Sereno, P. (2002). *Genetic variability of nematodes: a threat to the durability of plant resistance genes*. Euphytica 124(2), 193 – 199.
- Charchar, J. M. (1995). *Meloidogyne em hortaliças*. In: *congresso internacional de nematologia tropical*. 27. congresso da sociedade brasileira de nematologia, 19. encontro anual da organização dos nematologistas da america tropical, 27. Programa e Anais. Rio Quente: SBN/ONTA, 149 – 153.
- Charchar, J. M. y Moita, A. W. (2001). *Resistência de genótipos de batata a Meloidogyne javanica*. Pesquisa Agropecuária Brasileira V. 36, n 3, 535 – 540.
- Chaves, E. J. (2005). *Los nematodos y la producción de papa*. Recuperado de: <http://www.elsitioagricola.com/gacetillas/balcarce/bl2005gacetillas/20051018nematodos.asp>.
- Chaves, E. y Torres, M. S. (2001). *Nematodos parásitos de la papa en regiones productoras de papa semilla en Argentina*. Revista de la Facultad de Agronomía 21, 245 – 259.
- Chitwood, D. y Perry, R. (2009). *Reproduction, Physiology and Biochemistry* in Perry, R.; Moens, M., Starr, J. Eds Root-knot nematodes, 182 – 194.
- CIP, Centro internacional de la papa (2016). *Papa y especies de papas silvestres*. Recuperado de: <http://cipotato.org/es/potato/>
- Coca, M. (1992). *Diagnóstico preliminar del nematodo nodulador de la raíz de Meloidogyne spp. en las zonas de altura productoras de semilla de papa de la*

provincia Carrasco. Memoria de la II Reunión Nacional de Papa, Cochabamba Bolivia, 74.

Coolen, W. y D'herde (1972). *A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue*. State Agricultural Research Centre, 77.

Coyne, D., Nicol, J. y Claudius-Cole, B. (2007). *Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio*. Instituto Internacional de Agricultura y el Centro Internacional de Mejora del Maíz y trigo. Cotonou, Benin, 82.

Crozzoli, R. (1989). *El nematodo dorado de la papa*. Agronomía al día. 2(4), 38 – 40.

Di Vito, M., Greco, N., Carputo, D. y Frusciante, L. (2003). *Respuesta de clones de papa silvestres y cultivadas a poblaciones italianas del nematodo agallador Meloidogyne spp.* Nematropica v 33 n 1, 65 – 72.

De Ley, P. y Blaxter, M. L. (2002). *Systematic position and phylogeny In The Biology of Nematodes* (ed. Lee D.) 1–30 Taylor y Francis, London, UK.

Doucet, E. M. y Di Rienzo, A. J. (1991). *Caracterización morfológica y morfométrica de poblaciones de N. aberrans (Thorne, 1935) Thorne y allen, 1944*. Laboratorio de nematología, centro de zoología aplicada, universidad de Córdoba, Argentina. Nematropica Vol. 21 No 1.

DRA, Dirección Regional Agraria (2016). Oficina de Estadística Agraria e Informática. Recuperado de: <http://www.agropuno.gob.pe/?q=node/1022#punto>

Eisenback, J. D. y Triantaphyllou, H. H. (1991). *Root-knot nematode: Meloidogyne spp. and races*. In: Nickle, W.R. (ed.) Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker New York. 191 – 174.

- Esbenshade, P. y Triantaphyllou, A. (1985). *Use of enzyme phenotypes for identification of Meloidogyne species*. Journal of Nematology 17, 6 – 20.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2003). *Agronomía de los cultivos Andinos*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s04.pdf>
- Fernandez, J. P. y Corro, M. A. (2003). *Soja: nematodo de la agalla en La Pampa*. Recuperado de: <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol77/cap17.pdf>
- Ferris, H. (1999). *Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX)*. University of California. Recuperado de: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>
- Franco, J. (1994). *Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados de la región andina*. Nematrónica 24, 179 – 195.
- Freitas, L. G., Neves, W. S. y Olivera, R. D. (2007). *Métodos en nematología vegetal*. In: Alfenas, A. C., Mafia, R. G. métodos en fitopatología. Editora de la Universidad federal de Vicosa. Vicosa. Minas gerais, 253 – 292.
- Fundesyram, B. V. (2012). *Nematodo anillado (Criconeimoides sp) cultivo de loroco*. Recuperado de: <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?FichaID=1740>.
- Ghislain, M., Núñez J., Herrera, M. R. y Spooner, D. M. (2009). *The single Andigenum origin of Neo-tuberosum-Tuberosum potato materials is not supported by microsatellite and plastid marker analyses*. Theor. Appl. Genet. 118, 963 – 969.
- Godoy, R. C. B., Scotti, C. A. y Bueno, L. A. P. (2003). *A Batata no Estado do Paraná*. Pp. 23-25. In Pereira, A. da S., Daniels, J. O cultivo da batata na Região Sul do país. 1ed. Brasília: EMBRAPA.

- Gonzales, A. y Franco, J. (1997). *Los Nematodos en la producción de semilla de papa*. Manual de capacitación. Fasc. 3.9-97 CIP. 13.
- Gonzaga, V. (2006). *Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de Pratylenchus Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil*. Universidade Estadual Paulista Câmpus De Jaboticabal Faculdade De Ciências Agrárias E Veterinárias – Brasil, 94.
- Grenier, E., S. Fournet, E. Petit, y G. Anthoine (2010): *A cyst nematode species factory called the Andes*. Nematology, 12 (2): 163 – 169.
- Huamán, Z. y Spooner, D. M. (2002). *Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (Solanum sect. Petota)*. Amer. J. Bot. 89, 947 – 965.
- Hunt, D. y Handoo, Z. (2009). *Taxonomy, identification and principal species*. In Perry, R.; Moens, M; Starr, J. eds. *Root-knot nematodes*. London, UK. CAB International, 55 – 88.
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). *Nota de prensa*. Producción de papa superó las 869 mil toneladas en primer trimestre del presente año. Recuperado de: <http://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-su-pero-las-869-mil-toneladas-en-primer-trimestre-del-presente-ano-9078/>
- INIA, Instituto Nacional de Innovación Agraria (2012). *Producción de tubérculos semillas de buena calidad de papa*. Programa nacional de innovación agraria en raíces y tuberosas. Serie: manual N° 01-2012 Puno - Perú.
- Jenkins, W. (1964). *A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil*. Plant disease reporter, v. 48, 692.

- Jensen, H., Armstrong, J. y Jatala, P. (1979). *Annotated bibliography of nematode pest of potato*. International potato Center, Lima Perú and Oregon State University Agricultural Experiment Station Corvallis, Oregon, 14 – 15.
- Jiménez-Guirado, D. (1988). *Especies de Dorylaimus Dujardin, 1845 (Nematoda) del sur de España*. Misc. 2001. 12: 33 – 39.
- Kaushal, K. K. (2013). *Plant nematology - Cyst and root knot nematodes*. BIOTECH BOOKS. New Delhi, 331.
- Karssen, G. y Moens, M. (2006). *Taxonomy and Principal General Root-Knot Nematodes*. En: *Plant Nematology* (Perry, R. y Moens, M. Eds). CAB International, Wallingford, UK. Part I, Chapter 3, 60 – 90.
- Koenning, R. y Barker, K. R. (1998). *Developing sustainable systems for nematode management*. Annual Review Phytopathology 36, 165 – 205.
- Lavelle, P. y Spain, A. V. (2001). *Soil Ecology*. Springer Kluwer Academic. Dordrecht, Germany, 654.
- Lax, P., Doucet, M. E., Gallardo, C., Muruaga de L'Argentier, S. y Vilte, H. (2006). *Plant-parasitic nematodes detected in Andean tubers from Argentina and Bolivia*. Nematología Brasileira 30(2), 195 – 201.
- Leijdens, M. B. y Hofmeester, Y. (1986). *Population fluctuations of some nematodes on potato and sugar beet in relation to different crop rotations*. Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen der Rijksuniversiteit Gent 51/3b, 1279 – 1286.

- León, B. y Romero, V. (2005). *Niveles de infestación del nematodo quiste de la papa Globodera spp. en campo de cultivo de papa en la región Puno*. Tesis de pregrado, 115.
- Lima, M. I. (2013). *Diversidade de populações de Meloidogyne spp. e Pratylenchus spp. de diferentes regiões do sul do Brasil produtoras de batata e estudo da patogenicidade em Solanum spp.* Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade. Pelotas.
- Lima, M. I., Coila, C. V. H., Gomes, C. B., Pereira, A. S y Nazareno, N. R. X. (2014). *Ocorrência de M. ethiopica em batata no estado do Paraná, além de avaliar a reação de diferentes genótipos comerciais a esta espécie de nematoide das galhas*. Horticultura. Brasileira. v. 32 n. 4.
- Lima, M. I. y Casa, C. V. H. (2016). *Nematología agrícola*. Especialización en nematología agrícola y prácticas de rutina para el diagnóstico.
- Lima, M. I., Bellé, C., Casa, C. V. H., Da Silva, P. A. y Bauer, G. C. (2016). *Reação de cultivares de batata aos nematoides-das-galhas*. Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - Brasil.
- López, R. y Salazar, L. (1978). *Morfometría y algunos hospedantes de Meloidogyne hapla en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica*. Agronomía Costarricense 2(1), 29 – 38.
- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. (2005). *Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd Edition, 871.

- Mai, W. y Mullin, P. (1996). *Plant parasitic nematodes apictorict key to genera*. Fifth edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press, 277.
- MINAGRI, Ministerio de Agricultura (2014). América Economía 1986-2015. *Perú impulsará registro de papas nativas para mejorar ingresos de agricultores*. Recuperado de: <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-impulsara-registro-de-papas-nativas-para-mejorar-ingresos-de-agricultores>
- Montero, Z., García, C., Salazar, L., Valverde, R. y Gómez, L. (2007). *Detección de Meloidogyne incognita en tubérculos de papa en Costa Rica*. Prospección nematológica en las zonas productoras de semilla de papa, 77.
- Mulvey, R. H. y Anderson, R. V. (1979). *Benthic species of Dorylaimus Dujardin, 1845 (nematode: Dorylaimidae) and Arctidorylaimus n. gen. from the Mackenzietories, Canada*. Can, J. Zool., 57, 743 – 755.
- Núñez, S., Carrion, C., Núñez, C. y Rebolledo, D. (2003). *Densidad de la población de quistes de Globodera rostochiensis Woll. En la Cofre de Perote, Veracruz, México*. Revista Mexicana de fitopatología. Julio – diciembre 21(002), 207 – 213.
- Ochoa, C. M. (1990a). *The potatoes of South America: Bolivia*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ochoa, C. M. (1999b). *Las papas de Sudamérica*: Pert. CIP, Lima, Perú.
- Oostenbrink, M. (1966). *Major characteristics of the relation between nematodes and plants*. Wageningen: Landbouwhoghe school 6, 1 – 46.
- Ortiz, O. (1999). *Percepción de los agricultores sobre el problema Tizón de la papa y su manejo*. Revista Latinoamérica de papa, 97.

- Ortuño, N., Rojas, B., Oros, R. y Díaz, O. (2013). *Meloidogyne sp. atacando el cultivo de papa en zonas altas y frías de Bolivia*, 70.
- Prasad, S. K. y Webster, J. M. (1967). *Effect of temperature on the rate of development of Nacobbus serendipiticus in excised tomato roots*. Nematológica 13, 85 – 90.
- Perry, R. y Moens, M. (2013a). *Plant Nematology 2<sup>nd</sup> edition*. Printed and bound by Gutenberg Press Ltd, Tarxien, Malta, 542.
- Perry, R. y Moens, M. (2014b). *Plant Nematology*. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn, 463.
- Perry, R, Moens, M. y Starr, J. (2009). *Root-knot Nematodes*. UK by the MPG Books Group. 530, 31.
- Pinheiro, J. B. y Lopes, C. A. (2011). *Manejo integrado de nematoides em cultivos de batata* In: ZAMBOLIM, L. Produção integrada da batata. Volume 2. Viçosa: Universo Agrícola, 69 – 94.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en el Ecuador*. Quito, INIAP y CIP, 229.
- Quimi, V. H. (1979). *Studies on the false root-knot nematode Nacobbus aberrans*. Ph.D. thesis, University of London, Imperial College, U.K, 235.
- Ruppert, E. E. y Barnes, R. D. (1996). *Zoología de los Invertebrados*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. 6ta Edición. México, D.F., 208 – 304.
- Scurrah, M. (2008). *Manual de manejo de nematodos en campos de papa en el Perú*. Proyecto INCODEV “Evaluating new traits for potato in the Central Andes with an appropriate poverty focus”. Lima, 73.

- Sasser, J. (1977). *Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes (Meloidogyne spp.)*. Journal Nematology 9, 26 – 29.
- Sasser, J. N. y Freckman, D. W. (1987). *A world perspective on nematology: the role of the society*. In: \_ Veech, J. A. y Dickson, D. W. (eds). Vistas on Nematology. Hyattsville: Society of Nematologist, 7 – 14.
- Sasser, J., Eisenback, J., Carter, C. y Triantaphyllou, A. (1983). *The International Meloidogyne Project-its Goals and accomplishments*. Annual review of Phytopathology 21, 271 – 288.
- Sen, D., Chatterjee, A. y Manna, B. (2011). *A new species of dorylaimus dujardin, 1845 (nematoda: dorylaimidae) from west bengal, India* Nematol. mediterr., 39: 3 – 8.
- SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016). SENAMHI órgano oficial y rector del sistema hidrometeorológico nacional al servicio del desarrollo socio económico del país.
- Seminario, C. J. (2008). *Diversidad y variabilidad de papa, con énfasis en el norte peruano*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, programa de raíces y tubérculos andinos. Recuperado de: <http://investigacionyacademia.Blogspot.pe/2011/05/variedades-de-papa-nativa-ymejorada.html>
- Schereck, R. C., Vieira, D. S. M. C., Marais, M., Santos, M. S., Duyts, H., Freitas, H., Van Der Putten, W. M. y Abrantes, I. (2010). *First record of Helicotylenchus varicaudatus Yuen, 1964 (nematoda: Hoplolaimidae) parasitizing Ammophila arenaria (L.)*. Link in Portuguese coastal sand dunes. Phytopathology Mediterranean 49, 212 – 226.

- Scott, A. y Knott, M. (1974). *A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance*. *Biometrics* 30, 507 – 512.
- Siddiqi, M. R. (2000). *Morphological characters and taxonomic methods*. In: Tylenchide parasites of plant and insects. Second edition. CAB Internacional. UK.
- Sher, S.A. (1970). *Revision of the genus Nacobbus Thorne and Allen 1944 (Nematoda: Tylenchoidea)*. *Journal of Nematology* 2: 228 – 235.
- Silva, A. R. y Santos, J. M. (2007). *Nematoides na cultura da batata no Brasil*. 1ra. Edição, São Paulo, Associação Brasileira da Batata – ABBA, 55.
- Smith, G. T., Brenowitz, E. A. y Wingfield, J. C. (1997a). *Roles of photoperiod and testosterone in seasonal plasticity of the avian song control system*. *J Neurobiol* 32, 426 – 442.
- Spooner, D. M. y Salas, A. (2006). *Structure, biosystematics, and genetic resources*. pp. 1-39. En: Gopal, J. y S.M.P. Khurana (eds.). *Handbook of potato production, improvement, and postharvest management*. Haworth's Press, Inc., Binghamton, NY.
- Spooner, D. M., Fajardo, D. y Bryan, G. J. (2007). *Species limits of Solanum berthaultii Hawkes and S. tarijense Hawkes and the implications for species boundaries in Solanum sect. Petota*. *Taxon* 56(4), 987 – 999.
- Stirling, G. R. y Wachtel, M. F. (1985). *Root-knot nematode (Meloidogyne hapla) on potato in southeastern South Australia*. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 25, 455 – 457.
- Subbotin, S.A., Mundo-Ocampo, M. y Baldwin, J.G. (2010). *Systematics of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderinae)*. *Nematology Monographs and*

- Perspectives 8A (Series Editors: Hunt, D.J. & Perry, R.N.). Leiden, The Netherlands, Brill, 351.
- Taylor, A. L. y Sasser, J. N. (1983). *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne)*. Proyecto internacional de *Meloidogyne*, 111.
- Tihohod, D. (1993a). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FUNEP.
- Tihohod, D. (2000b). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472.
- Trudgill, D. L. y Blok, V. C. (2001). *Apomictic polyphagous root-knot nematodes: exepcionally successful and damaging biotrophic root pathogens*. *Ann. Rev. Phytopathol* 39, 53 - 77. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos75/nematodos-fitoparasitos-manejo-formadores-agallas/nematodos-fitoparasitos-manejo-formadores-agallas2.shtml#ixzz4LUdQWCoy>
- Van Der Beek, J. G., Poleij, L. M., Zijlstra, C., Janssen, R. y Janssen, G. J. W. (1998). *Variation in virulence within Meloidogyne chitwoodi, M. fallax and M. hapla on Solanum spp.* *Nematology*, v.88, n.7, 658 - 665.
- Van der Putten, W. H. y van der Stoel, C. D. (1998). *Effects of plant parasitic nematodes on spatio-temporal variation in natural vegetation*. *Applied Soil Ecology* 10, 253 - 262.
- Vera, N. (2014). *Técnica Molecular de PCR para identificar las principales especies de Meloidogyne en poblaciones provenientes de Perú*. Tesis para el grado de magister Scientiae en Fitopatología, 109.
- Vovlas, N., Mifsud, D., Landa, B. y Castillo, P. (2005). *Pathogenicity of the root-knot nematode Meloidogyne javanica on potato*. *Plant pathology* 54, 657 - 664.

Yeates, G. W. y Bongers, T. (1999). *Nematode diversity in agroecosystems*. Agriculture, Ecosystems and Environment 174: 113 – 135.

Yeates, G. W. (2003). *Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects*. Biology and Fertility of Soils 37. 199 – 210.



ANEXOS

**Cuadro 8:** Datos generales de los lugares evaluados de la región Puno

N°	CÓDIGO	PRODUCTOR	FECHA COLECTA	MUESTRA COLECTA	N° MUESTRAS COLECTADAS	ÁREA PARCELA (ha)	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y/O SECTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
										LATITUD "S"	LONGITUD "W"	ALTITUD "msnm"
1	P-1	7/12/2015	5	0.5	Puno	Capachica	C. C. Siate	15°39'37.8"	69°48'37.6"	3824		
2	P-2	7/12/2015	5	0.5	Puno	Capachica	C. C. Chifrón	15°38'11"	69°48'54"	3831		
3	P-3	7/12/2015	5	0.5	Puno	Capachica	C. C. Chifrón Sector Checlata	15°38'21.4"	69°49'25.4"	3874		
4	P-4	7/12/2015	5	0.5	Puno	Capachica	C. C. Chaquenuco	15°36'36.6"	69°51'01.7"	3825		
5	P-5	7/12/2015	5	0.5	Puno	Capachica	C. C. Ilata	15°36'40.8"	69°51'06.6"	3824		
6	S-1	13/12/2015	3	0.25	Sandia	Cuyocuyo	C. C. Aripo	14°28'7.22"	69°32'19.79"	3535		
7	S-2	13/12/2015	3	0.25	Sandia	Cuyocuyo	C. C. Aripo	14°28'1.94"	69°32'16.64"	3513		
8	S-3	13/12/2015	3	0.25	Sandia	Cuyocuyo	C. C. Aripo	14°27'38.10"	69°32'13.34"	3434		
9	S-4	13/12/2015	3	0.25	Sandia	Cuyocuyo	C. C. Aripo	14°27'31.11"	69°32'12.21"	3418		
10	S-5	13/12/2015	3	0.25	Sandia	Cuyocuyo	C. C. Aripo	14°27'20.53"	69°32'12.46"	3432		
11	CH-1	16/12/2015	3	0.25	Chucuito	Juli	C. C. Huaquina	16°12'11.56"	69°28'27.27"	3857		
12	CH-2	16/12/2015	5	0.5	Chucuito	Juli	C. C. Huaquina	16°11'59.98"	69°28'11.98"	3851		
13	CH-3	16/12/2015	5	0.5	Chucuito	Juli	C. C. Huaquina	16°12'15.57"	69°28'50.35"	3828		
14	CH-4	28/12/2015	5	0.5	Chucuito	Juli	C. C. Molino	16°13'10.69"	69°26'52.37"	4056		
15	CH-5	28/12/2015	5	0.5	Chucuito	Juli	C. C. Tiwinza	16°12'24.33"	69°30'59.56"	3831		

Leyenda: C. C. = Comunidad campesina y C. P. = Centro Poblado

Fuente: Elaboración propia (2016).

Continuación del cuadro 8

N°	CÓDIGO PRODUCTOR	FECHA COLECTA MUESTRA	N° MUESTRAS COLECTADAS	ÁREA PARCELA (ha)	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y /O SECTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
								LATITUD "S"	LONGITUD "W"	ALTITUD "msnm"
16	A-1	7/01/2016	5	0.5	Azángaro	Azángaro	C. C. Chaupi Sahuacasi	14°53'32.73"	70°10'48.73"	3864
17	A-2	7/01/2016	5	0.5	Azángaro	Azángaro	C. C. Chaupi Sahuacasi	14°53'24.68"	70° 9'47.08"	3884
18	A-3	7/01/2016	5	0.5	Azángaro	Azángaro	C.C. Chaupi Sahuacasi	14°52'42.34"	70° 9'32.72"	3883
19	A-4	8/01/2016	3	0.125	Azángaro	Azángaro	Entrada Azángaro	14°54'14.13"	70°11'12.53"	3856
20	A-5	8/01/2016	3	0.125	Azángaro	Azángaro	Entrada Azángaro	14°54'53.87"	70°12'41.49"	3862
21	H-1	20/01/2016	5	0.5	Huancané	Taraco	C.C. Puquis 2do sector	15°16'7.32"	69°54'57.56"	3823
22	H-2	20/01/2016	5	0.5	Huancané	Taraco	C.C. Puquis 2do sector	15°16'12.81"	69°54'55.35"	3825
23	H-3	20/01/2016	5	0.5	Huancané	Taraco	C.C. Puquis 2do sector	15°16'47.95"	69°54'44.48"	3823
24	H-4	20/01/2016	5	0.5	Huancané	Taraco	C.C. Puquis 4to sector	15°17'4.05"	69°54'24.67"	3825
25	H-5	20/01/2016	5	0.5	Huancané	Taraco	Parcialidad Jasana Central	15°17'58.26"	69°59'48.27"	3830
26	Y-1	23/01/2016	5	0.5	Yunguyo	Copani	C.C. Tahuaco	16°19'38.7"	69°04'22.8"	3926
27	Y-2	23/01/2016	10	1	Yunguyo	Copani	C.C. Tahuaco	16°19'09.9"	69°03'38.8"	3891
28	Y-3	23/01/2016	3	0.25	Yunguyo	Copani	C. P. Calacoto	16°20'48.9"	69°02'35.4"	3873
29	Y-4	23/01/2016	3	0.25	Yunguyo	Copani	C. P. Tacapisi	16°23'18.1"	69°02'22.5"	3852
30	Y-5	23/01/2016	5	0.5	Yunguyo	Copani	C. P. Isani	16°26'36.71"	69°03'53.98"	3835
31	CA-1	28/01/2016	5	0.5	Carabaya	Macusani	C.C. Pacaje	13°59'29.18"	70°27'18.33"	4376
32	CA-2	28/01/2016	5	0.5	Carabaya	Macusani	C.C. Pacaje sector Antajahui	13°58'30.05"	70°28'37.22"	4248
33	CA-3	28/01/2016	5	0.5	Carabaya	Macusani	C.C. Pacaje sector Antajahui	13°57'49.57"	70°29'11.67"	4153
34	CA-4	28/01/2016	5	0.5	Carabaya	Macusani	C.C. Pacaje sector Ac'ña	13°56'20.26"	70°29'27.08"	4167
35	CA-5	28/01/2016	5	0.5	Carabaya	Macusani	C.C. Pacaje sector Yanaccacca	13°56'12.57"	70°29'34.48"	4153

Leyenda: Asoc. = Asociación, C. C. = Comunidad campesina y C. P. = Centro Poblado

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 9:** Datos generales de los lugares y cultivo de papa evaluado de la región Puno

N°	CÓDIGO PRODUCTOR	ESTADO FENOLÓGICO DE LA COLECCIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO	ROTACIÓN DE CULTIVO			TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
			2015	2016	2017		
1	P-1	Emergencia de la planta	Papa	Papa	Papa	Franco arenosos	Cultivo aplicado nematocidas
2	P-2	Emergencia de la planta	Descanso	Papa	Oca	Franco arenosos	Cultivo aplicado nematocidas
3	P-3	Emergencia de la planta	Papa	Papa	Cebada	Franco arenoso - arcilloso	Cultivo aplicado nematocidas
4	P-4	Emergencia de la planta	Quinua	Papa	Haba	Arcilloso	-----
5	P-5	Emergencia de la planta	Descanso	Papa	Avena	Arcilloso	-----
6	S-1	Madurez fisiológica de la planta	Papa	Papa	Maíz	Francos	-----
7	S-2	Madurez fisiológica de la planta	Papa	Papa	Descanso	Francos	-----
8	S-3	Madurez fisiológica de la planta	Papa	Papa	-	Francos	-----
9	S-4	Madurez fisiológica de la planta	Papa	Papa	-	Francos	-----
10	S-5	Madurez fisiológica de la planta	Papa	Papa	-	Francos	-----
11	CH-1	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Arenosos	-----
12	CH-2	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Arenosos	-----
13	CH-3	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Arenosos	-----
14	CH-4	Crecimiento vegetativo	Quinua	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----
15	CH-5	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----
16	A-1	Crecimiento vegetativo	Avena	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----
17	A-2	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----
18	A-3	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----
19	A-4	Crecimiento vegetativo	Avena	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----
20	A-5	Crecimiento vegetativo	Descanso	Papa	Quinua	Franco arenoso - arcilloso	-----

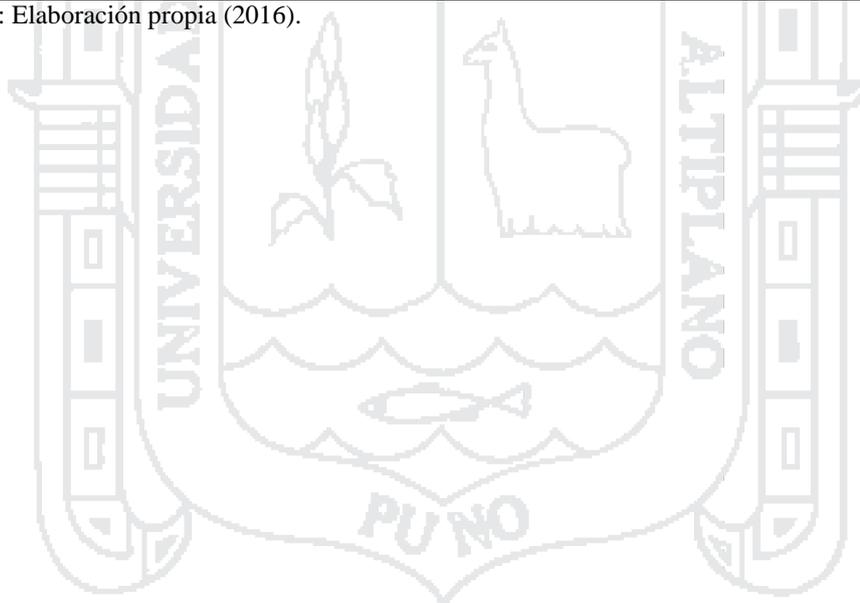
Leyenda: P = Puno, S = Sandía, CH = Chucuito, A = Azángaro, H = Huancané, Y = Yunguyo y CA = Carabaya.  
Fuente: Elaboración propia (2016).



**Cuadro 10:** Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la región Puno

Provincia	Distrito	Número de nuestra analizadas por distrito	Nematodos								
			1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Nacobbus</i> spp.	3.- <i>Pratylenchus</i> spp.	4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	6.- <i>Xiphinema</i> spp.	7.- <i>Dorylaimus</i> spp.	8.- <i>Globodera</i> spp.	9.-Nematodos de vida libre
Puno	Capachica	25	0	2	1	16	4	9	3	25	25
Huancané	Taraco	25	0	0	1	11	2	7	0	25	24
Chucuito	Juli	23	0	0	1	16	10	3	0	23	23
Sandia	Cuyocuyo	15	1	0	3	13	14	10	1	15	15
Azángaro	Azángaro	21	0	0	0	12	13	4	0	21	21
Yunguyo	Copani	26	4	0	1	2	15	5	0	26	23
Carabaya	Macusani	25	0	0	0	3	1	2	0	25	25
<b>Total de muestras</b>		<b>160</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>73</b>	<b>59</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>160</b>	<b>156</b>

Fuente: Elaboración propia (2016).



**Cuadro 11:** Porcentaje de incidencia por productor, densidades medias y rangos mayores y menores de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo

Cód. del Productor	1.- <i>Meloidogyne</i> spp.			2.- <i>Nacobbus</i> spp.			3.- <i>Pratylenchus</i> spp.			4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.			5.- <i>Mesocriconema</i> spp.		
	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	
1	0	0	0	0	0	0	80	5.33(0-10.67)	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	60	8.80(0-20.00)	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	60	12.00(0-22.67)	60	6.93(0-21.33)	60	6.93(0-21.33)	60	6.93(0-21.33)	
4	0	0	40	0.80(0-2.67)	20	0.53(0-2.67)	60	5.60(0-17.33)	20	3.47(0-17.33)	20	3.47(0-17.33)	20	3.47(0-17.33)	
5	0	0	0	0	0	0	60	4.27(0-9.33)	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	40	1.87(0-5.33)	20	1.33(0-6.67)	20	1.33(0-6.67)	20	1.33(0-6.67)	
7	0	0	0	0	0	0	40	1.07(0-4.00)	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	40	0.80(0-2.67)	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	20	0.27(0-1.33)	60	4.27(0-12.00)	20	2.4(0-12.00)	20	2.4(0-12.00)	20	2.4(0-12.00)	
10	0	0	0	0	0	0	40	5.33(0-20.00)	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	100	10.22(2.67-21.33)	66.7	14.22(0-29.33)	66.7	14.22(0-29.33)	66.7	14.22(0-29.33)	
12	0	0	0	0	0	0	100	4.80(1.33-9.33)	20	1.06(0-5.33)	20	1.06(0-5.33)	20	1.06(0-5.33)	
13	0	0	0	0	0	0	60	5.60(0-13.33)	20	1.33(0-6.67)	20	1.33(0-6.67)	20	1.33(0-6.67)	
14	0	0	0	0	0	0	60	2.93(0-6.67)	60	3.20(0-5.33)	60	3.20(0-5.33)	60	3.20(0-5.33)	
15	0	0	0	0	20	0.53(0-2.67)	40	1.87(0-8.00)	60	2.40(0-6.67)	60	2.40(0-6.67)	60	2.40(0-6.67)	
16	0	0	0	0	0	0	80	7.73(0-17.33)	40	1.60(0-5.33)	40	1.60(0-5.33)	40	1.60(0-5.33)	
17	0	0	0	0	0	0	80	10.93(0-24.00)	60	10.40(0-30.67)	60	10.40(0-30.67)	60	10.40(0-30.67)	
18	0	0	0	0	0	0	40	3.73(0-13.33)	80	2.93(0-5.33)	80	2.93(0-5.33)	80	2.93(0-5.33)	
19	0	0	0	0	0	0	66.67	1.77(0-2.67)	100	8.44(2.67-12)	100	8.44(2.67-12)	100	8.44(2.67-12)	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	33.33	0.89(0-2.67)	33.33	0.89(0-2.67)	33.33	0.89(0-2.67)	

Leyenda: Cód = Código, P = Puno, H = Huancañé, CH = Chucuito, A = Azángaro, Medias = Expresado en individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y < > = Expresan rangos mayores y menores de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo  
Fuente: Elaboración propia (2016).

Continuación del cuadro 11

Código del Productor	1.- <i>Meloidogyne</i> spp.		2.- <i>Nacobbus</i> spp.		3.- <i>Pratylenchus</i> spp.		4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.		5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	
	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)
21	0	0	0	0	0	0	66.7	14.2(0-41.33)	100	16(5.33-29.33)
22	33.33	0.44(0-1.33)	0	0	0	0	100	7.56(4.00-12.00)	100	22.22(17.33-25.33)
23	0	0	0	0	33.33	2.67(0-8.00)	100	15.60(14.67-17.33)	100	35.11(28.00-40.00)
24	0	0	0	0	33.33	2.22(0-6.67)	66.7	8.00(0-17.33)	66.67	13.33(0-25.33)
25	0	0	0	0	33.33	2.22(0-6.67)	100	10.20(6.67-13.33)	100	27.11(18.67-32.00)
26	0	0	0	0	0	0	10	0.13(0-1.33)	60	16.00(0-61.33)
27	0	0	0	0	0	0	0	0	80	35.70(0-98.67)
28	33.33	6.70(0-20)	0	0	33.33	1.78(0-5.33)	0	0	100	48.00(9.33-98.67)
29	33.33	1.80(0-5.33)	0	0	0	0	0	0	66.67	10.20(0-16.00)
30	40	3.70(0-12)	0	0	0	0	20	0.80(0-4.00)	0	0
31	0	0	0	0	0	0	20	2.67(0-13.33)	0	0
32	0	0	0	0	0	0	40	3.47(0-13.33)	20	5.33(0-26.67)
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Leyenda: Cód = Código, S = Sandía, Y = Yunguyo, CA = Carabaya, Medias = Expresado en individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y < > = Expresan rangos mayores y menores de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

Continuación del cuadro 11

Código del productor	6.- <i>Xiphinema</i> spp.			7.- <i>Dorylaimus</i> spp.			8.- <i>Globodera</i> spp.			9.-Nematodos de Vida libre		
	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)
1	P - 1	0	0	20	2.67(0-13.33)	100	31.60(17.07-54.53)	100	29.90(5.33-40.00)			
2	P - 2	40	0.53(0-1.33)	20	1.87(0-9.33)	100	57.10(34.53-74.00)	100	30.10(17.33-57.33)			
3	P - 3	60	4.00(0-9.33)	0	0	100	39.70(18.00-69.33)	100	21.30(6.67-44.00)			
4	P - 4	60	3.20(0-5.33)	20	0.8(0-4.00)	100	41.70(23.47-59.47)	100	21.70(13.33-32.00)			
5	P - 5	20	0.53(0-2.67)	0	0	100	59.20(45.33-68.67)	100	30.40(5.33-60.00)			
6	H - 1	0	0	0	0	100	50.29(39.33-61.60)	100	21.33(12.00-28.00)			
7	H - 2	20	0.27(0-1.33)	0	0	100	34.53(23.60-42.27)	100	17.60(10.67-22.67)			
8	H - 3	40	1.33(0-4.00)	0	0	100	73.87(62.13-92.93)	100	23.73(17.33-33.33)			
9	H - 4	40	0.80(0-2.67)	0	0	100	77.79(50.27-118.67)	80	17.87(0-26.67)			
10	H - 5	40	1.07(0-2.67)	0	0	100	74.67(35.47-119.07)	100	23.20(4.00-44.00)			
11	CH - 1	33.33	0.89(0-2.67)	0	0	100	24.98(10.80-43.87)	100	17.3(10.67-21.33)			
12	CH - 2	20	0.27(0-1.33)	0	0	100	91.25(40.93-116.27)	100	13.90(10.67-20.00)			
13	CH - 3	0	0	0	0	100	61.23(31.73-102.67)	100	20.00(17.33-22.67)			
14	CH - 4	0	0	0	0	100	37.12(28.00-50.00)	100	17.60(6.67-44.00)			
15	CH - 5	20	0.53(0-2.67)	0	0	100	36.05(4.80-58.00)	100	19.50(10.67-50.67)			
16	A - 1	0	0	0	0	100	44.03(34.00-56.93)	100	20.80(13.33-26.67)			
17	A - 2	60	1.87(0-4.00)	0	0	100	44.16(27.87-61.60)	100	27.47(21.33-34.67)			
18	A - 3	20	0.27(0-1.33)	0	0	100	42.67(32.00-56.93)	100	20.00(16.00-24.00)			
19	A - 4	0	0	0	0	100	50.40(25.73-68.27)	100	20.44(14.67-26.67)			
20	A - 5	0	0	0	0	100	77.69(48.00-132.13)	100	12.00(6.67-18.67)			

Leyenda: Cód = Código, P = Puno, H = Huancané, CH = Chucuito, A = Azángaro, Medias = Expresado en individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, < > = Expresan rangos mayores y menores de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y el género *Globodera* esta expresado en quistes/100cm<sup>3</sup> de suelo.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

Continuación del cuadro 11

Código del productor	6.- <i>Xiphinema</i> spp.			7.- <i>Dorylaimus</i> spp.			8.- <i>Globodera</i> spp.			9.-Nematodos de Vida Libre		
	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)	Incidencia (%)	Media (< >)
21	S - 1	66.7	1.78(0-4.00)	33.3	0.44(0-1.33)	100	60.60(46.53-75.47)	100	21.80(20-22.67)			
22	S - 2	33.3	0.44(0-1.33)	0	0	100	48.70(32.80-68.00)	100	17.80(14.67-22.63)			
23	S - 3	100	2.22(1.33-2.67)	0	0	100	48.30(44.80-53.07)	100	13.80(8.00-20.00)			
24	S - 4	66.7	2.67(0-5.33)	0	0	100	69.50(59.87-81-60)	100	20.40(10.67-30.67)			
25	S - 5	66.7	1.78(0-2.67)	0	0	100	56.00(38.40-74.40)	100	28.00(20.00-32.00)			
26	Y - 1	20	0.27(0-1.33)	0	0	100	72.50(32.00-130.13)	90	15.87(0-24.00)			
27	Y - 2	0	0	0	0	100	47.40(40.67-62.13)	60	11.73(0-24.00)			
28	Y - 3	66.67	2.22(0-4.00)	0	0	100	120.00(62.13-222.13)	100	20.00(9.33-29.33)			
29	Y - 4	0	0	0	0	100	47.60(17.33-67.07)	100	20.00(12.00-26.67)			
30	Y - 5	20	1.33(0-6.67)	0	0	100	23.10(9.20-48.00)	100	16.27(10.67-20.00)			
31	CA - 1	0	0	0	0	100	41.57(30.53-57.20)	100	14.93(10.67-18.67)			
32	CA - 2	0	0	0	0	100	39.92(34.00-48-00)	100	26.40(12.00-66.67)			
33	CA - 3	0	0	0	0	100	44.93(26.27-74.93)	100	17.07(10.76-21.33)			
34	CA - 4	20	0.80(0-4.00)	0	0	100	34.77(27.60-47.60)	100	20.53(9.33-30.67)			
35	CA - 5	20	0.53(0-2.67)	0	0	100	169.80(98.13-246.67)	100	21.87(17.33-30.67)			

Leyenda: S = Sandía, Y = Yunguyo, CA = Carabaya, Medias = Expresado en individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, < > = Expresan rangos mayores y menores de las densidades de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y el género *Globodera* esta expresado en quistes/100cm<sup>3</sup> de suelo.  
Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 12:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Capachica, provincia de Puno de la región Puno

		Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo								
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Nacobbus</i> spp.	3.- <i>Pratylenchus</i> spp.	4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	6.- <i>Xiphinema</i> spp.	7.- <i>Dorylaimus</i> spp.	8.- <i>Globodera</i> spp.	9.-Nematodos de vida libre
P - 1	P - 1.1	0.00	0.00	0.00	9.33	0.00	0.00	0.00	32.53	37.33
	P - 1.2	0.00	0.00	0.00	5.33	0.00	0.00	0.00	17.07	37.33
	P - 1.3	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	54.53	40.00
	P - 1.4	0.00	0.00	0.00	10.67	0.00	0.00	13.33	26.00	29.33
	P - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.73	5.33
P - 2	P - 2.1	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	74.00	57.33
	P - 2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.27	30.67
	P - 2.3	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00	56.00	17.33
	P - 2.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	34.53	17.33
	P - 2.5	0.00	0.00	0.00	17.33	0.00	1.33	9.33	58.93	28.00
P - 3	P - 3.1	0.00	0.00	0.00	14.67	0.00	2.67	0.00	30.67	44.00
	P - 3.2	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	69.33	6.67
	P - 3.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.07	22.67
	P - 3.4	0.00	0.00	0.00	22.67	10.67	8.00	0.00	18.00	24.00
	P - 3.5	0.00	0.00	0.00	22.67	21.33	9.33	0.00	33.20	9.33
P - 4	P - 4.1	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	59.47	13.33
	P - 4.2	0.00	1.33	2.67	17.33	17.33	5.33	0.00	23.47	24.00
	P - 4.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.33	4.00	51.60	32.00
	P - 4.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.13	25.33
	P - 4.5	0.00	2.67	0.00	2.67	0.00	5.33	0.00	27.73	14.00
P - 5	P - 5.1	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	2.67	0.00	58.13	24.00
	P - 5.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.33	5.33
	P - 5.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.67	60.00
	P - 5.4	0.00	0.00	0.00	9.33	0.00	0.00	0.00	56.80	21.33
	P - 5.5	0.00	0.00	0.00	9.33	0.00	0.00	0.00	67.07	41.33

Leyenda: P = Puno y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 13:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Taraco, provincia de Huancané de la región Puno

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo						
		1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Pratylenchus</i> spp.	3.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- <i>Xiphinema</i> spp.	6.- <i>Globodera</i> spp.	7.-Nematodos de vida libre
H - 1	H - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.53	28.00
	H - 1.2	0.00	0.00	5.33	0.00	0.00	61.60	25.33
	H - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.33	22.67
	H - 1.4	0.00	0.00	4.00	6.67	0.00	49.07	18.67
	H - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.93	12.00
H - 2	H - 2.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.20	21.33
	H - 2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.27	21.33
	H - 2.3	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	23.60	10.67
	H - 2.4	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	38.27	22.67
	H - 2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	29.33	12.00
H - 3	H - 3.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.80	17.33
	H - 3.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.93	17.33
	H - 3.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.93	24.00
	H - 3.4	0.00	0.00	2.67	0.00	2.67	80.53	26.67
	H - 3.5	0.00	0.00	1.33	0.00	4.00	62.13	33.33
H - 4	H - 4.1	0.00	0.00	5.33	0.00	0.00	50.27	18.67
	H - 4.2	0.00	0.00	4.00	0.00	2.67	88.40	26.67
	H - 4.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.33	21.33
	H - 4.4	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	64.27	0.00
	H - 4.5	0.00	1.33	12.00	12.00	0.00	118.67	22.67
H - 5	H - 5.1	0.00	0.00	20.00	0.00	2.67	83.73	44.00
	H - 5.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	119.07	22.67
	H - 5.3	0.00	0.00	6.67	0.00	2.67	97.20	32.00
	H - 5.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.47	13.33
	H - 5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.87	4.00

Leyenda: H = Huancané y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 14:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Juli, provincia de Chucuito de la región Puno

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo						7.-Nematodos de vida libre
		1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Pratylenchus</i> spp.	3.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- <i>Xiphinema</i> spp.	6.- <i>Globodera</i> spp.	
CH - 1	CH - 1.1	0.00	0.00	21.33	29.33	2.67	10.80	21.33
	CH - 1.2	0.00	0.00	2.67	13.33	0.00	20.27	20.00
	CH - 1.3	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	43.87	10.67
CH - 2	CH - 2.1	0.00	0.00	9.33	0.00	0.00	95.60	10.67
	CH - 2.2	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	115.87	13.33
	CH - 2.3	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	87.60	14.67
	CH - 2.4	0.00	0.00	6.67	5.33	0.00	116.27	20.00
	CH - 2.5	0.00	0.00	5.33	0.00	1.33	40.93	10.67
CH - 3	CH - 3.1	0.00	0.00	10.67	0.00	0.00	102.67	21.33
	CH - 3.2	0.00	0.00	13.33	0.00	0.00	55.60	22.67
	CH - 3.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.87	17.33
	CH - 3.4	0.00	0.00	4.00	6.67	0.00	76.27	18.67
	CH - 3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.73	20.00
CH - 4	CH - 4.1	0.00	0.00	6.67	5.33	0.00	28.00	6.67
	CH - 4.2	0.00	0.00	0.00	5.33	0.00	50.00	10.67
	CH - 4.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.80	12.00
	CH - 4.4	0.00	0.00	5.33	5.33	0.00	34.80	44.00
	CH - 4.5	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	44.00	14.67
CH - 5	CH - 5.1	0.00	0.00	8.00	4.00	0.00	46.80	50.67
	CH - 5.2	0.00	2.67	0.00	1.33	0.00	44.13	10.67
	CH - 5.3	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	26.53	10.67
	CH - 5.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	12.00
	CH - 5.5	0.00	0.00	0.00	6.67	2.67	58.00	13.33

Leyenda: CH = Chucuito y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 15:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Cuyo Cuyo, provincia de Sandia de la región Puno

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo							
		1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Pratylenchus</i> spp.	3.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- <i>Xiphinema</i> spp.	6.- <i>Dorylaimus</i> spp.	7.- <i>Globodera</i> spp.	8.-Nematodos de vida libre
S - 1	S - 1.1	0.00	0.00	0.00	5.33	0.00	0.00	75.47	22.67
	S - 1.2	0.00	0.00	1.33	13.33	1.33	1.33	59.87	20.00
	S - 1.3	0.00	0.00	41.33	29.33	4.00	0.00	46.53	22.67
S - 2	S - 2.1	0.00	0.00	4.00	17.33	1.33	0.00	32.80	22.67
	S - 2.2	1.33	0.00	12.00	25.33	0.00	0.00	45.33	14.67
	S - 2.3	0.00	0.00	6.67	24.00	0.00	0.00	68.00	16.00
S - 3	S - 3.1	0.00	0.00	14.67	40.00	2.67	0.00	47.07	13.33
	S - 3.2	0.00	0.00	14.67	28.00	1.33	0.00	53.07	8.00
	S - 3.3	0.00	8.00	17.33	37.33	2.67	0.00	44.80	20.00
S - 4	S - 4.1	0.00	6.67	17.33	14.67	5.33	0.00	81.60	30.67
	S - 4.2	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00	67.07	20.00
	S - 4.3	0.00	0.00	0.00	25.33	2.67	0.00	59.87	10.67
S - 5	S - 5.1	0.00	0.00	10.67	18.67	0.00	0.00	55.20	32.00
	S - 5.2	0.00	0.00	13.33	30.67	2.67	0.00	74.40	20.00
	S - 5.3	0.00	6.67	6.67	32.00	2.67	0.00	38.40	32.00

Leyenda: S = Sandia y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 16:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Azángaro, provincia de Azángaro de la región Puno

		Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo					
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	6.- <i>Xiphinema</i> spp.	8.- <i>Globodera</i> spp.	9.-Nematodos de vida libre
A - 1	A - 1.1	0.00	14.67	5.33	0.00	48.67	25.33
	A - 1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	56.93	13.33
	A - 1.3	0.00	1.33	2.67	0.00	38.80	16.00
	A - 1.4	0.00	5.33	0.00	0.00	41.73	26.67
	A - 1.5	0.00	17.33	0.00	0.00	34.00	22.67
A - 2	A - 2.1	0.00	14.67	9.33	2.67	61.60	30.67
	A - 2.2	0.00	0.00	12.00	2.67	38.80	26.67
	A - 2.3	0.00	24.00	30.67	4.00	27.87	34.67
	A - 2.4	0.00	1.33	0.00	0.00	52.00	21.33
	A - 2.5	0.00	14.67	0.00	0.00	40.53	24.00
A - 3	A - 3.1	0.00	0.00	4.00	0.00	49.60	24.00
	A - 3.2	0.00	0.00	5.33	1.33	34.27	18.67
	A - 3.3	0.00	0.00	2.67	0.00	32.00	21.33
	A - 3.4	0.00	5.33	0.00	0.00	56.93	16.00
	A - 3.5	0.00	13.33	2.67	0.00	40.53	20.00
A - 4	A - 4.1	0.00	0.00	2.67	0.00	68.27	26.67
	A - 4.2	0.00	2.67	12.00	0.00	25.73	14.67
	A - 4.3	0.00	2.67	10.67	0.00	57.20	20.00
A - 5	A - 5.1	0.00	0.00	2.67	0.00	132.13	18.67
	A - 5.2	0.00	0.00	0.00	0.00	52.93	6.67
	A - 5.3	0.00	0.00	0.00	0.00	48.00	10.67

Leyenda: A = Azángaro y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 17:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Copani, provincia de Yunguyo de la región Puno

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo							
		1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Nacobbus</i> spp.	3.- <i>Pratylenchus</i> spp.	4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	6.- <i>Xiphinema</i> spp.	8.- <i>Globodera</i> spp.	9.-Nematodos de vida libre
Y - 1	Y - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	32.00	24.00
	Y - 1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	61.33	0.00	66.13	17.33
	Y - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.93	20.00
	Y - 1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	1.33	73.20	12.00
	Y - 1.5	0.00	0.00	0.00	1.33	14.67	0.00	74.00	20.00
	Y - 1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	130.13	8.00
	Y - 1.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.93	13.33
	Y - 1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	18.67	0.00	34.67	0.00
	Y - 1.9	0.00	0.00	0.00	0.00	25.33	1.33	80.00	22.67
	Y - 1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.47	21.33
Y - 2	Y - 2.1	0.00	0.00	0.00	0.00	34.67	0.00	49.87	10.67
	Y - 2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	44.00	0.00	40.93	0.00
	Y - 2.3	0.00	0.00	0.00	0.00	98.67	0.00	43.60	24.00
	Y - 2.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.67	0.00
	Y - 2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	62.13	24.00
Y - 3	Y - 3.1	0.00	0.00	0.00	0.00	98.67	4.00	62.13	21.33
	Y - 3.2	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	0.00	75.60	9.33
	Y - 3.3	20.00	0.00	5.33	0.00	9.33	2.67	222.13	29.33
Y - 4	Y - 4.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.53	12.00
	Y - 4.2	5.33	0.00	0.00	0.00	14.67	0.00	67.07	21.33
	Y - 4.3	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	17.33	26.67
Y - 5	Y - 5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20	20.00
	Y - 5.2	12.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	48.00	10.67
	Y - 5.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	17.33	17.33
	Y - 5.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	16.00
	Y - 5.5	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.93	17.33

Leyenda: Y = Yunguyo y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Cuadro 18:** Nematodos fitoparásitos en el cultivo de papa del distrito de Macusani, provincia de Carabaya de la región Puno

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo						9.-Nematodos de vida libre
		1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	4.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	6.- <i>Xiphinema</i> spp.	8.- <i>Globodera</i> spp.		
CA - 1	CA - 1.1	0.00	13.33	0.00	0.00	57.20	18.67	
	CA - 1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	30.53	16.00	
	CA - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	43.87	16.00	
	CA - 1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	42.13	13.33	
	CA - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	34.13	10.67	
CA - 2	CA - 2.1	0.00	13.33	0.00	0.00	34.40	66.67	
	CA - 2.2	0.00	0.00	26.67	0.00	41.60	16.00	
	CA - 2.3	0.00	0.00	0.00	0.00	34.00	13.33	
	CA - 2.4	0.00	4.00	0.00	0.00	48.00	12.00	
	CA - 2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	41.60	24.00	
CA - 3	CA - 3.1	0.00	0.00	0.00	0.00	55.60	20.00	
	CA - 3.2	0.00	0.00	0.00	0.00	34.27	14.67	
	CA - 3.3	0.00	0.00	0.00	0.00	74.93	21.33	
	CA - 3.4	0.00	0.00	0.00	0.00	33.60	18.67	
	CA - 3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	26.27	10.67	
CA - 4	CA - 4.1	0.00	0.00	0.00	4.00	47.60	17.33	
	CA - 4.2	0.00	0.00	0.00	0.00	29.87	22.67	
	CA - 4.3	0.00	0.00	0.00	0.00	37.07	22.67	
	CA - 4.4	0.00	0.00	0.00	0.00	31.73	9.33	
	CA - 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	27.60	30.67	
CA - 5	CA - 5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	117.20	17.33	
	CA - 5.2	0.00	0.00	0.00	0.00	192.93	22.67	
	CA - 5.3	0.00	0.00	0.00	0.00	246.67	20.00	
	CA - 5.4	0.00	0.00	0.00	0.00	194.00	30.67	
	CA - 5.5	0.00	0.00	0.00	2.67	98.13	18.67	

Leyenda: CA = Carabaya y el género *Globodera* está expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 1**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 110820

**Región:** Puno**Provincia:** Azángaro**Distrito:** Azángaro**Latitud:** 14°54'51.7"**Longitud:** 70°11'26.7"**Altitud:** 3863 m.s.n.m.**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										18.4	19.4	17.7
2016	17.9	17.2	18.9	17.2								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										1.4	3.6	3.2
2016	3.8	4.7	2.4	2.9								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										9.9	11.5	10.5
2016	10.9	11.0	10.7	10.0								

**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										74.3	66.7	139.7
2016	101.2	230.8	42.5	118.7								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										59	60	68
2016	69	77	71	74								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 2**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 115037

**Región:** Puno

**Provincia:** Huancané

**Distrito:** Huancané

**Latitud:** 15°12'05.4"

**Longitud:** 69°45'12.8"

**Altitud:** 3890 m.s.n.m

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										16.9	17.8	17.0
2016	16.9	15.8	17.4	16.2								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										0.1	2.9	3.5
2016	4.0	5.4	2.4	1.3								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										8.5	10.4	10.2
2016	10.4	10.6	9.9	8.8								

**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										40.6	64.0	119.4
2016	96.4	236.5	14.0	53.0								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										55	60	64
2016	65	76	67	67								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 3**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 110820

**Región:** Puno

**Provincia:** Yunguyo

**Distrito:** Copani

**Latitud:** 16°18'28,2"

**Longitud:** 69°04'29,0"

**Altitud:** 3891 m.s.n.m

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										16.2	17.0	16.3
2016	16.5	15.6	17.2	15.4								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										2.8	4.4	4.7
2016	5.3	5.7	5.0	3.6								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										9.5	10.7	10.5
2016	10.9	10.6	11.1	9.5								

**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										27.8	55.2	52.4
2016	129.9	183.8	52.6	92.0								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										61	64	67
2016	68	72	69	70								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 4**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 116061

**Región:** Puno**Provincia:** Chucuito**Distrito:** Juli**Latitud:** 16°12'13,6"**Longitud:** 69°27'35,7"**Altitud:** 3812 m.s.n.m**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										14.9	16.1	15.6
2016	15.6	14.6	15.9	14.8								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										3.5	5.0	5.4
2016	6.3	6.7	6.0	4.2								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										9.2	10.6	10.5
2016	11.0	10.7	11.0	9.5								

**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										29.2	20.7	73.0
2016	114.8	251.8	6.7	80.9								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										54	54	61
2016	69	77	41	62								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 5**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 100021

**Región:** Puno**Provincia:** Puno**Distrito:** Capachica**Latitud:** 15°36'22,9"**Longitud:** 69°49'55,7"**Altitud:** 3828 m.s.n.m**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										15.8	16.9	16.6
2016	16.4	15.3	17.1	15.7								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										1.0	3.2	3.2
2016	4.5	5.7	3.4	2.1								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										8.4	10.0	9.9
2016	10.4	10.5	10.2	8.9								

**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										64.9	42.4	62.1
2016	111.0	197.6	29.2	62.1								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										60	59	62
2016	65	74	63	66								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 6**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 114039

**Región:** Puno      **Provincia:** Carabaya      **Distrito:** Macusani**Latitud:** 14°04'12"      **Longitud:** 70°26'20,7"      **Altitud:** 4345 m.s.n.m**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										13.2	14.0	12.4
2016	13.0	12.3	13.5	12.9								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										-3.9	-1.7	-1.3
2016	-0.9	0.2	-1.3	-2.9								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										-3.9	-1.7	-1.3
2016	6.0	6.2	6.1	5.0								

**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										22.9	40.9	124.0
2016	85.0	109.5	60.0	48.9								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										76	78	80
2016	81	82	81	81								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).

**FICHA METEOROLÓGICA 7**

"SENAMHI ÓRGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA  
HIDROMETEOROLÓGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO  
SOCIO ECONÓMICO DEL PAÍS"

ESTACIÓN: CO. 114039

**Región:** Puno**Provincia:** Sandía**Distrito:** Cuyocuyo**Latitud:** 14°29'20,1"**Longitud:** 69°32'56,4"**Altitud:** 3414 m.s.n.m**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										14.4	14.8	13.7
2016	14.8	14.2	14.9	14.6								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										5.0	6.6	6.5
2016	6.4	6.7	5.9	5.6								

**PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										9.7	10.7	10.1
2016	10.6	10.5	10.4	10.1								

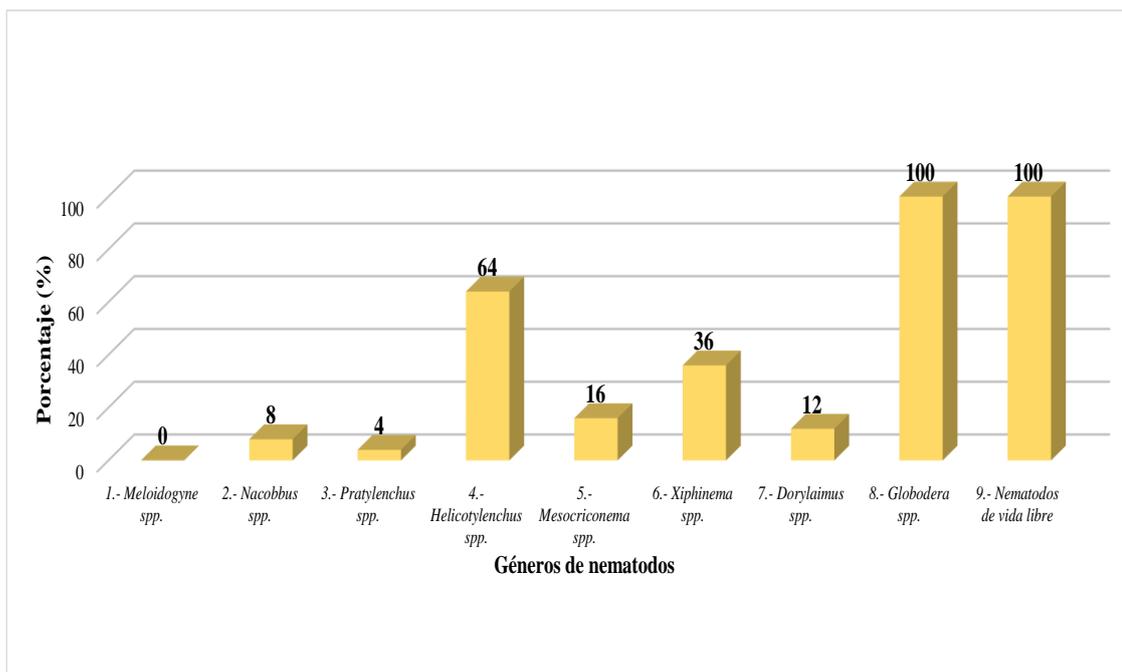
**PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										32.2	91.6	75.9
2016	101.7	81.4	19.6	53.2								

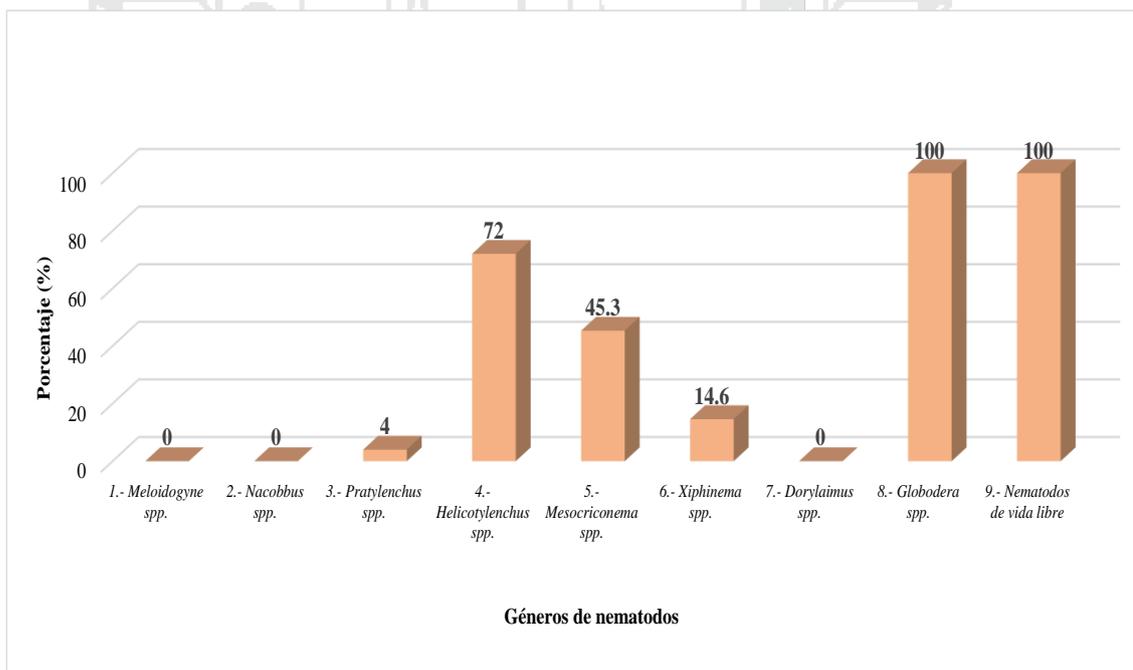
**PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %**

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015										88	89	88
2016	87	89	87	87								

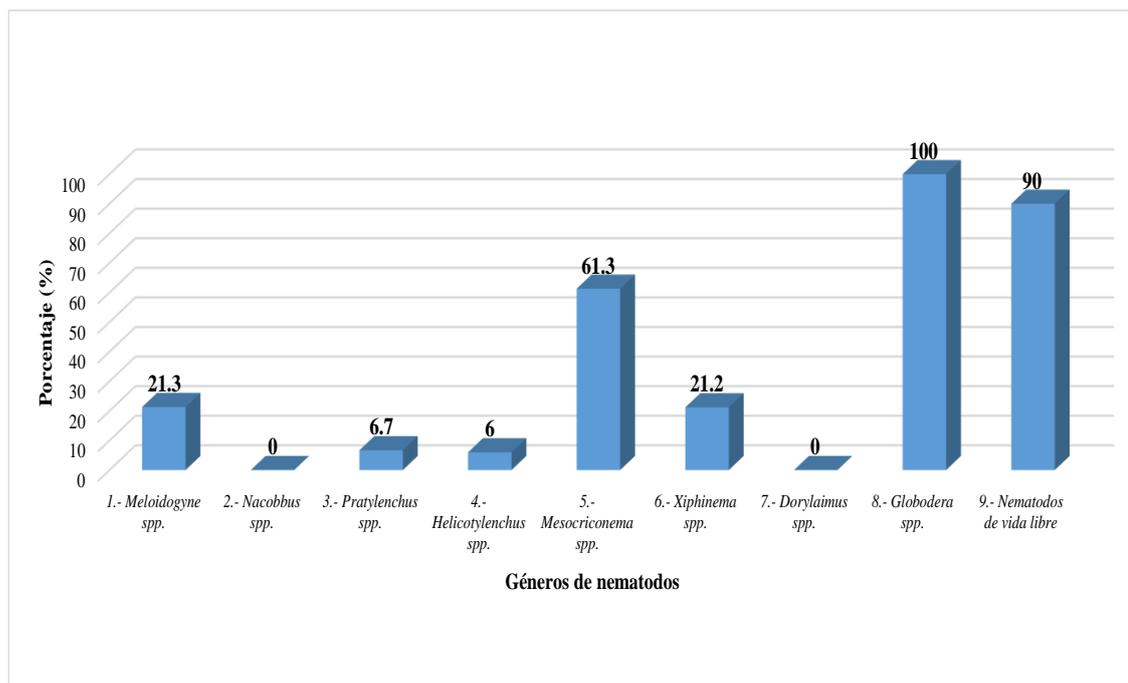
Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2016).



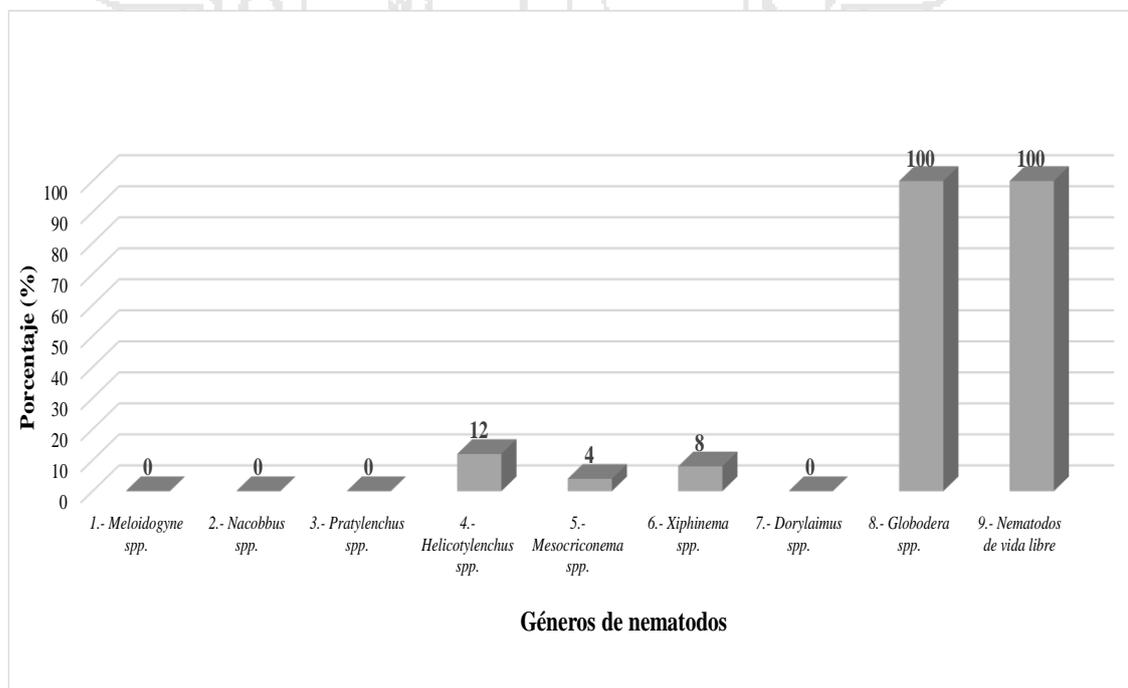
**Figura 34:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Capachica, provincia de Puno.



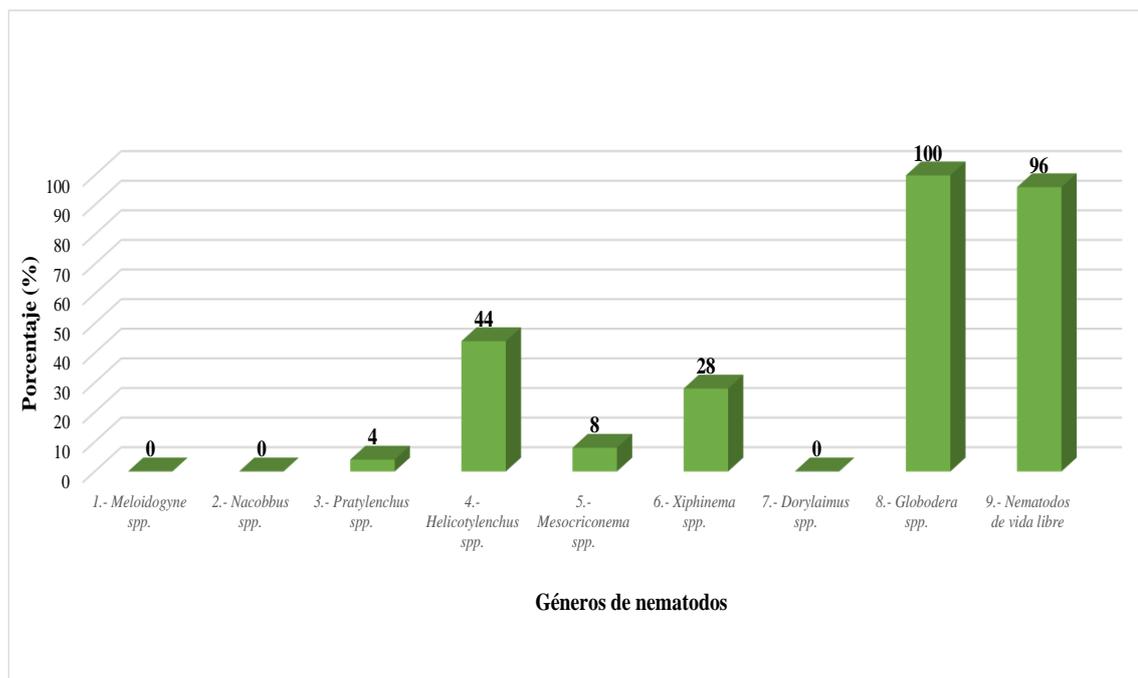
**Figura 35:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Juli, provincia de Chucuito.



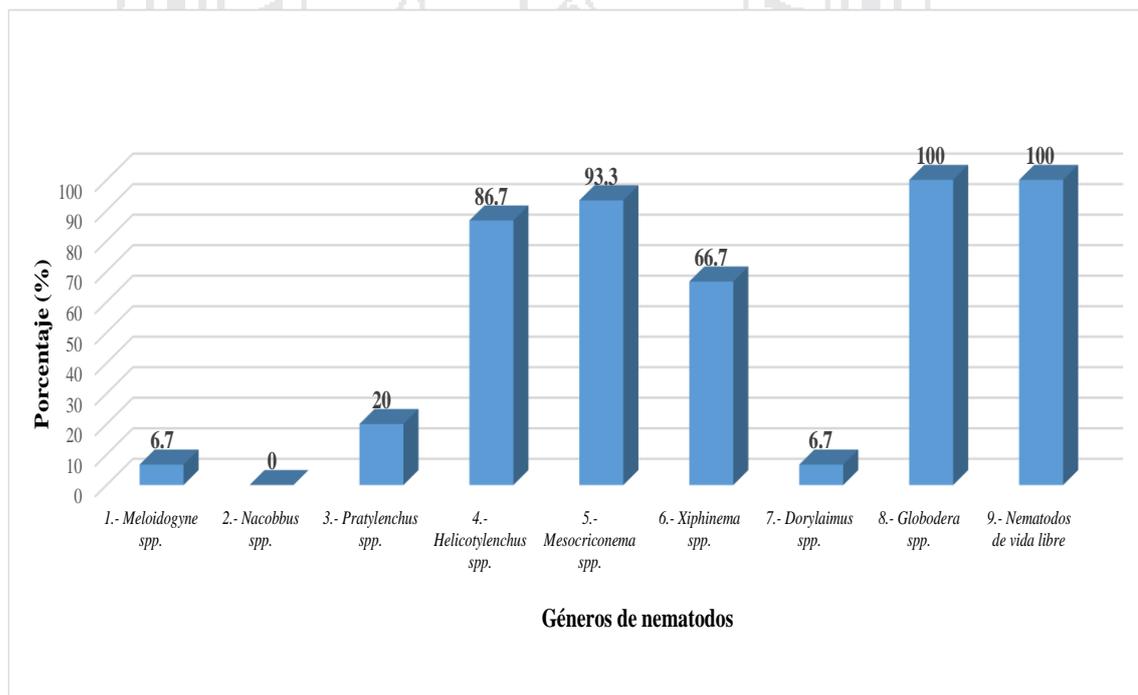
**Figura 36:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Copani, provincia de Yunguyo.



**Figura 37:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Macusani, provincia de Carabaya.



**Figura 38:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Taraco, provincia de Huancañé.



**Figura 39:** Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Cuyocuyo, provincia de Sandía.

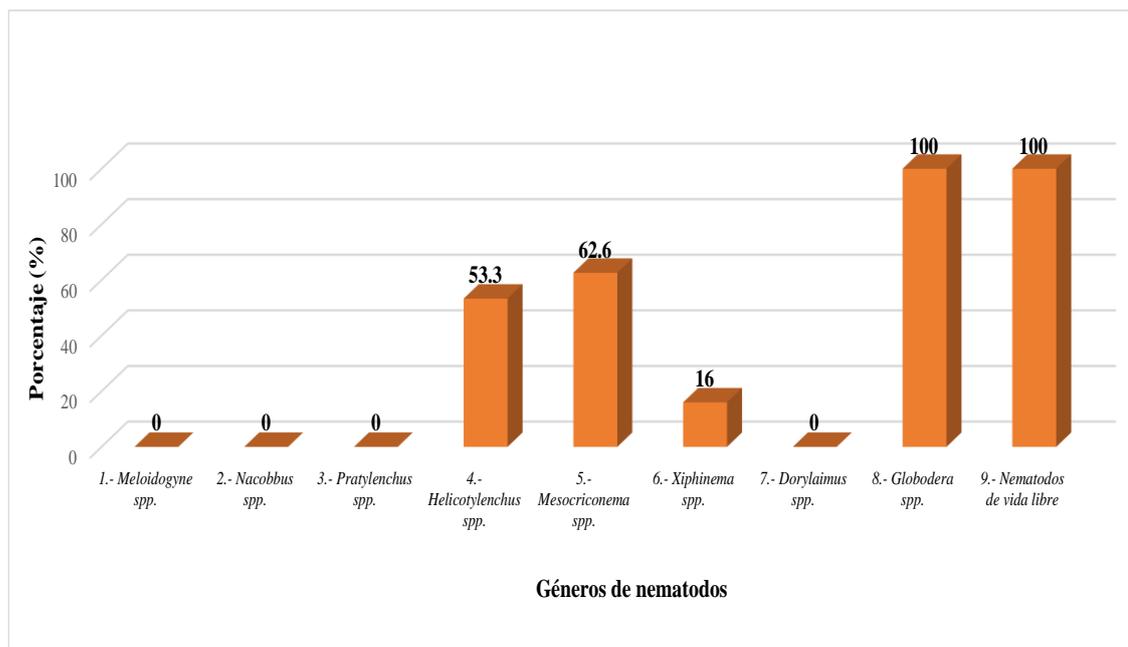
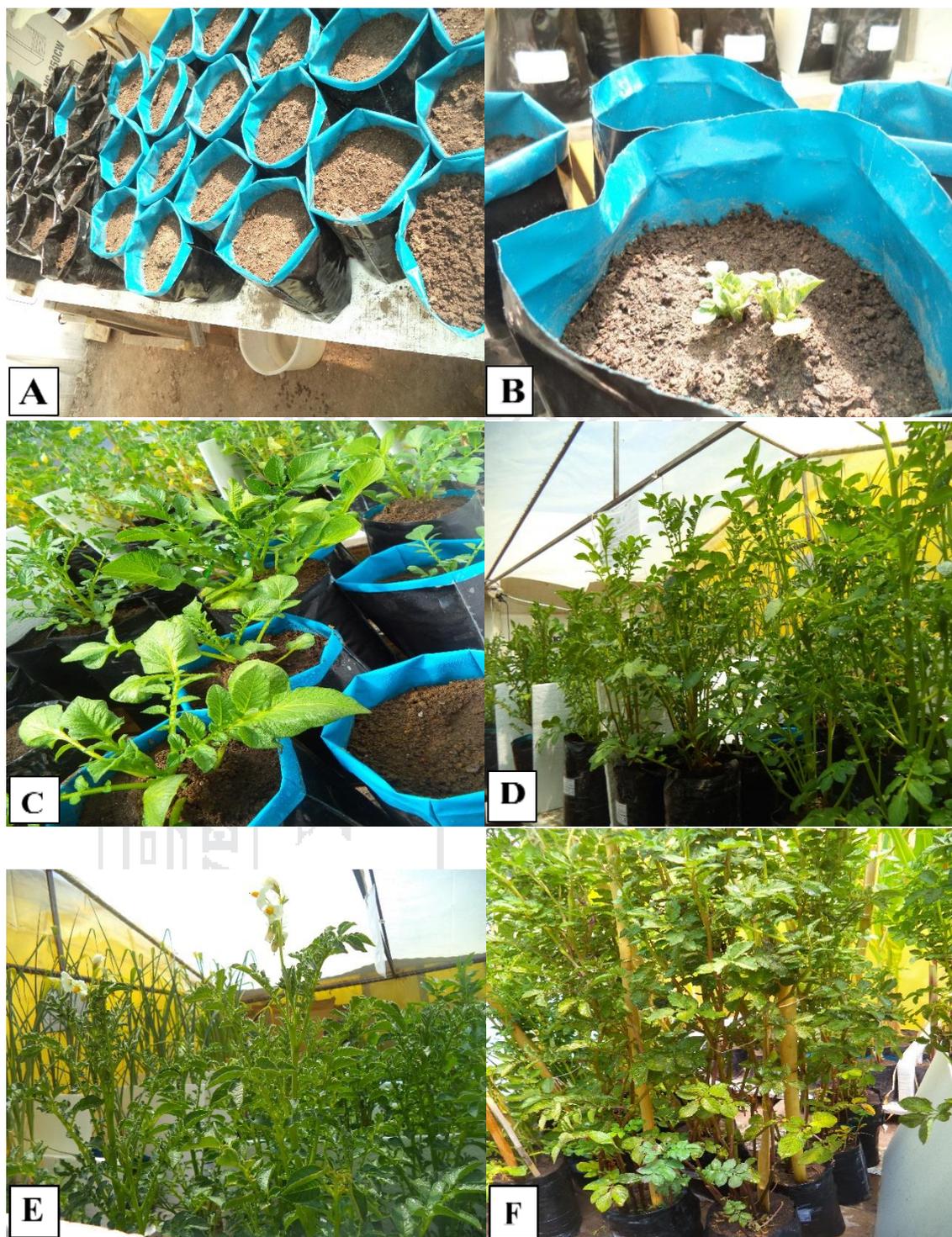


Figura 40: Incidencia (%) de géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en el cultivo de papa del distrito de Cuyocuyo, provincia de Sandía.



Figura 41: A: Pesado de muestras de parte aérea de la planta de papa y B: Peso de la parte radicular de la planta de papa.



**Figura 42:** Evaluación de desarrollo y crecimiento del cultivo de papa en invernadero (A: Siembra de nueve variedades de papa, B: Emergencia de la planta, C y D: Crecimiento vegetativo, E: Floración y F: Inicio de senescencia).