

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA  
RAÍZ (*Meloidogyne spp.*) EN EL CULTIVO DE TOMATE  
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN REGION SUR DEL PERÚ**

**TESIS**

PRESENTADO POR:

**Br. SHADAM ELVIS CHECAHUARI JARATA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PUNO – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**

CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA RAÍZ  
(*Meloidogyne* spp.) EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
EN REGION SUR DEL PERÚ

**TESIS**

PRESENTADO POR:

**Br. SHADAM ELVIS CHECAHUARI JARATA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 DE MARZO DEL 2018

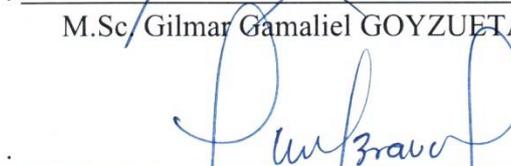
APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



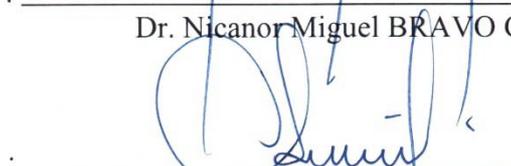
PRESIDENTE

  
M.Sc. Gilmar Gamaliel GOYZUETA CAMACHO

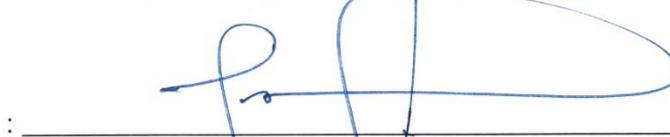
PRIMER MIEMBRO

  
Dr. Nicanor Miguel BRAVO CHOQUE

SEGUNDO MIEMBRO

  
Dr. Alvaro Gabino SARMIENTO MENA

DIRECTOR DE TESIS

  
M.Sc. Alfredo Ludwig LOZA DEL CARPIO

ASESOR DE TESIS

  
Dr. Sc. Israel LIMA MEDINA

ASESOR DE TESIS

  
M.Sc. Rosario Ysabel BRAVO PORTOCARRERO

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUBLINEA: Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

TEMA: Recursos Naturales y Manejo Ecológico de Plagas: Entomología

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios por haberme permitido terminar esta profesión y mostrarme su amor a través de los muchos milagros obrados en mi Persona, concederme cada minuto de vida y hacerme conocer el camino, la verdad y la vida a través de su sagrada palabra y sus principios.*

*A mis queridos y respetables Padres Elmer Loreth Checahuari Yuera y Juana Jarata Ramos, quienes cuidaron de mi persona con mucho amor, paciencia y que sabiamente supieron corregirme de mis errores.*

*Finalmente, a mis apreciados hermanos Alex Brachmany y Elmer Roy por su gran apoyo a cada instante y por los momentos inolvidables que afrontamos frente a las adversidades de la vida juntos y que seguiremos persistiendo a las muchas pruebas remitidas en el camino de este mundo. Recordando el texto bíblico: "Tú dices: 'Yo Soy rico, estoy enriquecido, y nada necesito'. Y no conoces que eres un cuitado y miserable, pobre, ciego y desnudo. Por lo tanto, te aconsejo que compres de mí: oro afinado en fuego, para que seas rico; vestidos blancos, para cubrir la vergüenza de tu desnudez; y colirio para ungir tus ojos y puedas ver (Apoc. 3:17-18). La gracia de nuestro señor Jesucristo se con todos vosotros. ¡Amén!*

## AGRADECIMIENTOS

Quedo agradecido con Dios por brindarme la vida y hacer posible que acabe mi carrera, como también a todos mis maestros y maestras de mi Escuela Profesional que me formaron en los años de estudio.

Agradecer de manera especial a mi querida Escuela Profesional de Biología, al vicerrectorado académico por permitirnos usar los ambientes del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano.

Muy encarecidamente al Ministerio de la Producción que mediante el programa INNOVATE-PERÚ nos brindaron el financiamiento del proyecto “Diversidad biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares”.

Al proyecto *Meloidogyne* por permitirme formar parte de su equipo de investigación.

Agradecer a mis asesores Ph. D. Israel Lima Medina y M. Sc. Rosario Ysabel Bravo Portocarrero.

A mi director de tesis M. Sc. Alfredo Loza del Carpio y a mis jurados por brindarme su tiempo y apoyo.

A los que me apoyaron durante el largo proceso de la tesis: Ph. D. Sabino Atencio, Dr. Edmundo Moreno, Dr. Victor Hugo Casas, Dr. Ángel Canales, Ing. Henry Loza Fernández, Ing. Fernando Orazaba, Ing. Juan Paricahua, Ing. Vidal Marca, Ing. Edgar, Téc. Tomas Calcina, Téc. Máximo, Lic. Wilder Arpasi, Lic. Irma, Lic. Beatris, Lic. Charito y Lic. Jacinto.

A mis compañeros del proyecto *Meloidogyne*: Noely, Yeni, Marilia, Zheylya, Sthewar, Maritza, Yanet, Blakely, Marilú y Cielo.

A mis amigos Ing. Tirso Larijo Coaquira y Blgo. Fredy Ramos Infantes.

A mis sobrinos que aprecio tanto: Thania, Brenda, Bruce y Ariana.

Agradecer a los que estuvieron conmigo en los momentos más difíciles de mi vida: Ronal Zapana, Hector Luque, Antony Pino, Abel Callacondo, Mabel Challapa, Evelyn Huahuacondori, Yaneth Vasquez, Yojayda Chura, Maritza Mayta, Yanet Quispe, Jose Gómez y su familia, Ernesto Quispe y su familia, Victor Alonso y su familia; a los hermanos Edwin, Santiago, David, Kony y Junior Quispe; a los Hmanos (as), Hugo Ponce, Leoniza, Marcelina Mamani, Eugenia Lima, Adrian Quispe, Eva Padilla, Agripina, Ruth, Estanislao, Joel, Sarita, Benjamin, Ester, Jersy, Franco, Viky, Anita, Ademir, Marcelino, Rómulo, Jhony, Jose y Daniel Llanos. A todos los hermanos de la Iglesia Adventista Los Olivos, Sinai, Belen y Mirador. A todos los mencionados y a otras personas que no mencione pero que tengo en mente, agradecerle infinitamente y que Dios el Padre los recompensará enormemente. Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	17
2.2. MARCO TEÓRICO .....	22
2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y BIOLÓGICAS DEL CULTIVO DE TOMATE ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	22
2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE .....	25
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	32
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	34
3.2. TIPO DE ESTUDIO .....	36
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.4. METODOLOGÍA.....	36
3.4.1. Para identificar las especies del género <i>Meloidogyne</i> en las áreas productoras de tomate en la región sur del Perú. ....	36
3.4.2. Para identificar los principales géneros de nematodos fitoparásitos en las diferentes áreas productoras de tomate en la región sur del Perú. ....	41
3.4.3. Para determinar la variación de la densidad poblacional de los nematodos fitoparásitos en las principales áreas de producción de tomate de la región sur del Perú.....	45
3.4.4. Para verificar la resistencia y susceptibilidad de variedades de tomate al nematodo del nódulo de la raíz ( <i>Meloidogyne</i> spp.) en invernadero. ....	45
3.4.5. Método Estadístico (Análisis de datos) .....	47
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Identificación de las especies del género <i>Meloidogyne</i> en las áreas productoras de tomate en la region sur del Perú. ....	48
4.1.1. Identificación de las especies del género <i>Meloidogyne</i> a través del patrón perineal. ....	48
4.1.2. Identificación de las especies del género <i>Meloidogyne</i> a través del análisis de isoenzimas. ....	51
4.2. Géneros de nematodos fitoparásitos en las principales áreas productoras de tomate de la región sur del Perú. ....	54
4.2.1. Género <i>Meloidogyne</i> . ....	54
4.2.2. Género <i>Pratylenchus</i> . ....	56
4.2.3. Género <i>Helicotylenchus</i> . ....	57

4.2.4. Género <i>Tylenchus</i> .....	57
4.2.5. Género <i>Mesocriconema</i> . ....	58
4.2.6. Género <i>Xiphinema</i> . ....	59
4.2.7. Género <i>Globodera</i> .....	60
4.2.8. Nematodo de vida libre. ....	61
4.3. Variación de la densidad poblacional de nemátodos fitoparásitos en las principales áreas de producción de tomate de la región sur del Perú. ....	62
4.3.1. Variación de la densidad poblacional promedio del genero <i>Meloidogyne</i> , <i>Pratylenchus</i> , <i>Helicotylenchus</i> , <i>Tylenchus</i> , <i>Mesocriconema</i> , <i>Xiphinema</i> , <i>Globodera</i> y nemátodos de vida libre presentes en cultivo de tomate de la región Arequipa. ....	65
4.3.2. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Meloidogyne</i> , <i>Pratylenchus</i> , <i>Helicotylenchus</i> , <i>Mesocriconema</i> , <i>Xiphinema</i> y nemátodos de vida libre en cultivo de tomate en la región Tacna.....	67
4.3.3. Variación de la densidad poblacional promedio del genero <i>Meloidogyne</i> , <i>Pratylenchus</i> , <i>Helicotylenchus</i> , <i>Mesocriconema</i> , <i>Xiphinema</i> , <i>Globodera</i> y nemátodos de vida libre en cultivo de tomate de la región Puno.....	69
4.4. Resistencia de variedades de tomate al nematodo del nódulo de la raíz <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	70
4.4.1. Evaluación de la altura de la planta (AP) en nueve variedades de tomate inoculado con <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	70
4.4.2. Evaluación del peso de la parte aérea de la planta (PPAP) en nueve variedades de tomate inoculados con <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	73
4.4.3. Evaluación del número de frutos (NF) en nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	75
4.4.4. Evaluación del peso de la raíz (PR) en nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	77
4.4.5. Evaluación del número de nódulos (NN) de la raíz de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	79
4.4.6. Evaluación del factor de reproducción (FR) en nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> y <i>M. javanica</i> . ....	80
<b>CONCLUSIONES</b> .....	82
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	83
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA</b> .....	84
<b>ANEXOS</b> .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Movimiento relativo del fenotipo esterase (I1). .....	51
<b>Tabla 2:</b> Movimiento relativo del fenotipo esterase (J3) .....	53
<b>Tabla 3:</b> Incidencia de nemátodos fitoparásitos ( <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Helicotylenchus</i> spp., <i>Tylenchus</i> spp., <i>Mesocriconema</i> spp., <i>Xiphinema</i> spp., <i>Globodera</i> spp.) y nemátodos de vida libre presentes en los distritos de la región Tacna, 2015; Arequipa y Puno, 2016. ....	63
<b>Tabla 4:</b> Promedios generales de la densidad y error estándar de los nematodos fitoparásitos ( <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Helicotylenchus</i> spp., <i>Mesocriconema</i> spp., <i>Xiphinema</i> spp., <i>Globodera</i> spp.) y nemátodos de vida libre por distritos de la región Tacna, 2015; Arequipa y Puno 2016. ....	64
<b>Tabla 5:</b> Altura de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M.</i> <i>incognita</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	71
<b>Tabla 6:</b> Altura de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M.</i> <i>javanica</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	71
<b>Tabla 7:</b> Peso de la parte aérea de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	73
<b>Tabla 8:</b> Peso de la parte aérea de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. javanica</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	74
<b>Tabla 9:</b> Número de frutos (NF) de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	75
<b>Tabla 10:</b> Número de frutos (NF) de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. javanica</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	76
<b>Tabla 11:</b> Peso de la raíz de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	77
<b>Tabla 12:</b> Peso de la raíz de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. javanica</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	78
<b>Tabla 13:</b> Número de nódulos de la raíz de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016. ....	79

<b>Tabla 14:</b> Número de nódulos de la raíz de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. javanica</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.....	79
<b>Tabla 15:</b> Factor de reproducción de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. incognita</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.....	80
<b>Tabla 16:</b> Factor de reproducción de nueve variedades de tomate inoculadas con <i>M. javanica</i> , evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.....	81
<b>Tabla 17:</b> Datos generales evaluados en los diferentes lugares de la región Tacna, 2015. ....	99
<b>Tabla 18:</b> Datos generales evaluados en los diferentes lugares de la región Arequipa, 2016. ....	100
<b>Tabla 19:</b> Datos generales evaluados en los diferentes lugares de la región Puno, 2016.....	101
<b>Tabla 20:</b> Datos generales de las áreas evaluadas de la región Tacna, 2015.....	102
<b>Tabla 21:</b> Datos generales de las áreas evaluadas de la región Arequipa, 2016.....	103
<b>Tabla 22:</b> Datos generales de las áreas evaluadas de la región Puno, 2016. ....	104
<b>Tabla 23:</b> Incidencia de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de tomate en la región Tacna, 2015; Arequipa, 2016 y Puno, 2016.....	105
<b>Tabla 24:</b> Datos de los nemátodos fitoparasitos identificados en los distritos de la región de Arequipa, 2016. ....	106
<b>Tabla 25:</b> Datos de los nemátodos fitoparásitos identificados en los distritos de la región de Tacna, 2016. ....	107
<b>Tabla 26:</b> Datos de los nemátodos fitoparasitos identificados en los distritos de la región de Puno, 2016. ....	108
<b>Tabla 27:</b> Factores climatológicos de la región Arequipa, 2016. Estaciones Santa Rita y Pampa Blanca. ....	109
<b>Tabla 28:</b> Factores climatológicos de la región Tacna, 2016. Estaciones La Yarada, Jorge Basadre y Calana.....	110
<b>Tabla 29:</b> Factores climatológicos de la región Puno, 2016.....	111
<b>Tabla 30:</b> Datos de los parámetros evaluados de nueve variedades de tomate inoculados con el nemátodo del nódulo de la raíz, especie <i>Meloidogyne incognita</i> , 2016.....	112
<b>Tabla 31:</b> Datos de los parámetros evaluados de nueve variedades de tomate inoculados con el nemátodo del nódulo de la raíz, especie <i>Meloidogyne javanica</i> , 2016. ....	113
<b>Tabla 32:</b> Aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para el análisis de los datos letrados de nematodos fitoparásitos de distritos Pedregal, Cocachacra y Punta Bombón de la región Arequipa, 2016. ....	114
<b>Tabla 33:</b> Aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para el análisis de los datos letrados de nematodos fitoparásitos de distritos La Yarada, Pocollay y Calana de la región Tacna, 2016.....	114
<b>Tabla 34:</b> Aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para el análisis de los datos letrados de nematodos fitoparásitos de distritos San Gabán, Ollachea y Ayapata de la región Puno, 2016.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama del ciclo de vida del nematodo agallador <i>Meloidogyne</i> . J2: segundo estadio juvenil; J3: juvenil de tercera etapa; J4: juvenil de cuarta etapa. Fuente: (Perry y Moens, 2006).....	30
<b>Figura 2:</b> Ambito de estudio: Ubicación de los distritos evaluados en la región de Arequipa, 2016.....	34
<b>Figura 3:</b> Ambito de estudio: Ubicación de los distritos evaluados en la región de Tacna, 2016 .....	35
<b>Figura 4:</b> Ambito de estudio: Ubicación de los distritos evaluados en la región de Puno, 2016.....	35
<b>Figura 2:</b> Extracción de espécimen hembra de <i>Meloidogyne</i> sp. y corte del patrón perineal, para su identificación morfológica. A y B: Separación de masa de huevos de la hembra madura del nematodo, C y D: Corte a nivel de cabeza del espécimen hembra y eliminación del material contenido dentro del cuerpo, E y F: Ubicación del patrón perineal en la parte posterior del espécimen hembra y corte en forma rectangular con el patrón perineal en el centro. Fuente: (Vera, 2014). .....	37
<b>Figura 6:</b> Procedimiento para seleccionar hembras adultas de <i>Meloidogyne</i> de raíces procedentes de tomate, desarrollado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. A) Raíces de con bastantes nodulaciones. B) Extracción de hembras en el Estereoscopio. C) Hembras adultas de coloración blanca lechosa. D) Almacenamiento de hembras adultas en tubos capilares.....	38
<b>Figura 4:</b> Proceso de electroforesis del género <i>Meloidogyne</i> . sobre el gel de poliacrilamida, ejecutado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. A) Gel de poliacrilamida en estado sólido. B) Macerado de las hembras de <i>Meloidogyne</i> . en el tubo capilar. C) Colocación de la concentración macerada con la jeringa nematológica sobre el papel whatman. D) Corrida de gel con muestras en cubas con una fuente de energía a 80V por 4 horas. ....	39
<b>Figura 8:</b> Revelado de las bandas estarísticas del gel de poliacrilamida en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. A) Migración de 5 cm de azul de bromofenol. B) Gel de poliacrilamida sometido a la enzima esterase. C) Se observan las bandas esterísticas reveladas. D) Fijador para geles de poliacrilamida reveladas. ....	40
<b>Figura 9:</b> Toma de muestras A) en forma de zig-zag y B) forma de la calicata en V.....	41
<b>Figura 10:</b> Cultivo de tomate del distrito de la Yarada, región Tacna, 2015. A) Colecta de muestras de suelo. B) Raíces con nódulos de <i>Meloidogyne</i> del mismo sector.....	42
<b>Figura 11:</b> Lavado de las muestras de suelo de tomate en el exterior del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, 2016. A) Homogenizado de muestra de suelo en 1 litro agua. B) Vertido de la mezcla sobre tamices de 60, 100 y 400 Mesh. ....	43
<b>Figura 12:</b> Procesamiento del licuado de raíces de tomate infestadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en el ambiente del Megalaboratorio de la	

Universidad Nacional del Altiplano-Puno, 2016. A) Cortado de las raíces en pequeños trozos. B) Adición de la solución de Hipoclorito de sodio a la licuadora. C) Licuado de raíces. D) Tamizaje del licuado. ....	44
<b>Figura 13:</b> Proceso para evaluar resistencia de variedades de tomate frente al nematodo <i>Meloidogyne</i> en Invernadero del Megalaboratorio, 2016. A) Almácigos de nueve variedades de tomate. B) Inoculación con huevos y juveniles de <i>M. javanica</i> y <i>M. incognita</i> sobre los almácigos de tomate. C) Variedades de tomate en estado de floración bajo invernadero. D) Evaluación paramétrica de las nueve variedades de tomate.....	46
<b>Figura 14:</b> Patrón perineal de <i>M. incognita</i> . A) Corte perineal (elaboración propia), realizado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. B) Clave de patrón perineal para comparación, obtenida de (Luc <i>et al.</i> , 2005). ....	48
<b>Figura 15:</b> Patrón perineal de <i>M. javanica</i> . A) Corte perineal (elaboración propia) realizado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. B) Clave de patrón perineal para comparación, obtenida de (Luc <i>et al.</i> , 2005). ....	50
<b>Figura 16:</b> Bandas fenotipos de <i>M. incognita</i> Est. II en el distrito de la Yarada, región Tacna, 2016. ....	51
<b>Figura 17:</b> Bandas esterásticas de <i>M. javanica</i> . A) Est. J2a en el distrito de El Pedregal, región Arequipa, 2016. B) Est. J3 en los distritos de San Gabán, Ollachea y Ayapata de la región Puno, 2016.....	53
<b>Figura 18:</b> Biometría del género <i>Meloidogyne</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Hembra adulta de coloración blanquesina. B) Longitud de estilete del estado juvenil J2. C) Longitud de cuerpo del estado juvenil del género <i>Meloidogyne</i> . ....	55
<b>Figura 19:</b> Biometría del género <i>Pratylenchus</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud de cuerpo del estado juvenil. B). Longitud de estilete del estado juvenil. ....	56
<b>Figura 20:</b> Biometría del género <i>Helicotylenchus</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Forma del cuerpo. B) Longitud de cuerpo del estado juvenil. C) Estilete del estado juvenil.....	57
<b>Figura 21:</b> Biometría del género <i>Tylenchus</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud y forma del cuerpo. B) Estilete del estado juvenil.....	58
<b>Figura 22:</b> Biometría del género <i>Mesocriconema</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud corporal del estado juvenil. B) Longitud del estilete. ....	59
<b>Figura 23:</b> Biometría del género <i>Xiphinema</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud del cuerpo. B) Longitud del estilete. ....	60

<b>Figura 24:</b> Género <i>Globodera</i> , realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Forma del cuerpo. B) Longitud del cuerpo del quiste.....	60
<b>Figura 25:</b> Nemátodos de vida libre, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Cavidad bucal esclerotizada. B) Forma del cuerpo.....	61
<b>Figura 26:</b> Densidad poblacional promedio de géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivo de tomate de la región Arequipa, 2016.....	66
<b>Figura 27:</b> Densidad poblacional promedio de géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivo de tomate en la región Tacna, 2015.....	68
<b>Figura 28:</b> Densidad poblacional promedio de géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivo de tomate de la región Puno, 2016. ....	69
<b>Figura 29:</b> Medición de la altura de planta de variedades de tomate inoculado con <i>M. incognita</i> , evaluado en el exterior del invernadero del Megalaboratorio, 2016. A) var. Galilea. B) var. Matusalem. C) var. Patio.....	72
<b>Figura 30:</b> Cultivo de tomate. A) Con presencia notoria de los síntomas causados por el nematodo <i>M. incognita</i> y B) plantas con reducido crecimiento vegetativo en el distrito la Yarada, región Tacna, 2015; C) Producción normal con mínima presencia de <i>Meloidogyne</i> y D) crecimiento bajo de la parte aérea como consecuencia de <i>M. javanica</i> en el distrito de El Pedregal, región Arequipa, 2016.....	73
<b>Figura 31:</b> Pesado de la parte aérea de la planta de tomate, evaluado en el exterior del invernadero del Megalaboratorio, 2016. A) variedad patio. B) variedad italiano. ....	75
<b>Figura 32:</b> Frutos de la variedad patio inoculados con A) <i>M. incognita</i> y B) <i>M. javanica</i> . ....	76
<b>Figura 33:</b> Cultivo de tomate A) presencia de plagas y enfermedades en el distrito la Yarada, región Tacna, 2015. B) necrosis en la raíz de la planta en el distrito el Pedregal, región Arequipa, 2016. ....	78
<b>Figura 34:</b> Nódulos causados por <i>Meloidogyne</i> , hallados en la raíz de tomate, en plantas del invernadero del Megalaboratorio, 2016. ....	80

## RESUMEN

El cultivo de tomate en el Perú constituye una fuente importante para la economía del agricultor, sin embargo, es afectada en su rendimiento por diferentes plagas. Entre los más importantes se destaca el género *Meloidogyne*, que causa nodulaciones en las raíces, obstrucción en el paso de nutrientes, amarillamiento y marchitez en las hojas, ocasionando grandes pérdidas de producción a este cultivo. Por el cual se planteó el objetivo de caracterizar al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en el cultivo de tomate de las regiones Tacna, Arequipa y Puno. Se logró recolectar 95 muestras de suelo y de raíz en el cultivo de tomate. Las muestras de suelo fueron procesadas por el método de fluctuación centrifuga con caolín y sacarosa, y posteriormente se conto el número de nematodos fitoparásitos y de vida libre con la ayuda de un Estereoscopio, las raíces con bastantes nodulaciones se llevaron al laboratorio, se extrayeron las hembras de *Meloidogyne* para practicar la técnica de corte perineal y electroforesis. Para evaluar la resistencia de 9 variedades de tomate (ameliore, sweetie, celebrity, italiano, patio, matusalem, rutger, santa cruz y galilea) se inoculó una población inicial de 5000 huevos/planta con la especie *M. incognita*, de igual modo para la especie *M. javanica* y cuando las plantas entraron en senescencia se evaluaron los parámetros de altura y peso, así mismo se calculó la densidad de la población final de huevos/planta con la ayuda de la lamina de Peterson bajo un Microscopio. Llegándose a identificar mediante el uso de isoenzimas, a las especies *M. incognita* Est II en el distrito la Yarada de la región Tacna, *M. javanica* Est J2a en el distrito el Pedregal de la región Arequipa y *M. javanica* Est J3 en los distritos de San Gabán, Ollachea y Ayapata de la región Puno. Observándose una variabilidad interespecífica dentro del género *Meloidogyne*. Así mismo se identificó morfológicamente a los géneros: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Globodera* y nemátodos de vida libre. En cuanto a la variabilidad de la densidad poblacional, se destacó el género *Meloidogyne* con una densidad poblacional de 782, 366.7, 222.2, 220.6 y 38.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en los distritos de la Yarada, Ollachea, San Gabán, Ayapata y Pedregal respectivamente. Valores que superan los límites de tolerancia y umbrales de daño de 20 individuos/100 cm<sup>3</sup> para *Meloidogyne*. Finalmente, las nueve variedades de tomate no demostraron resistencia frente a una población de 5000 huevos + juveniles/planta de *Meloidogyne*, sino susceptibles. Presentando un FR entre 3.5 y 10.5 para *M. incognita* y un FR entre 6 y 11 para *M. javanica*.

**Palabras clave:** Nemátodos fitoparásitos, *meloidogyne*, electroforesis, centrifugación, resistencia, susceptibilidad.

## ABSTRACT

The tomato crop in Peru is an important source for the farmer's economy, however, it is affected by its performance by different pests. Among the most important stands out the genus *Meloidogyne*, which causes nodulations in the roots, obstruction in the passage of nutrients, yellowing and wilting in the leaves, causing. For which the objective of characterizing the nematode of the root nodule (*Meloidogyne* spp.) Was proposed in the tomato crop of the Tacna, Arequipa and Puno regions. It was possible to collect 95 samples of soil and root in the tomato crop. The soil samples were processed by the centrifugal fluctuation method with kaolin and sucrose, and then they were made with the number of phytoparasitic and free-living nematodes with the help of a stereoscope, the roots with enough nodulations were taken to the laboratory, extracted the females of *Meloidogyne* to practice the technique of perineal cutting and electrophoresis. To evaluate the resistance of 9 varieties of tomato (dulce de leche, celebrity, Italian, patio, murusalem, rutger, santa cruz and galilea) an initial population of 5000 eggs / plant was identified with the species *M. incognita*, in the same way the species *M. javanica* and when the plants entered senescence the parameters of height and weight were evaluated, likewise the density of the final population of the eggs / plant was calculated with the help of Peterson's blade under a microscope. To reach a point by the use of isoenzymes, to the species *M. incognita* Est I1 in the Yarada district of the Tacna region, *M. javanica* Est J2a in the Pedregal district of the Arequipa region and *M. javanica* Est J3 in the districts of San Gabán, Ollachea and Ayapata of the Puno region. Observing an interspecific variability within the *Meloidogyne* genus. Likewise, the genera were identified morphologically: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Globodera* and free-living nematodes. Regarding the variability of population density, the *Meloidogyne* genus was highlighted with a population density of 782, 366.7, 222.2, 220.6 and 38.7 individuals / 100 cm<sup>3</sup> of soil in the districts of Yarada, Ollachea, San Gabán, Ayapata and Pedregal respectively. Values that exceed the tolerance limits and damage thresholds of 20 individuals / 100 cm<sup>3</sup> for *Meloidogyne*. Finally, the nine tomato varieties showed no resistance against a population of 5000 eggs + juveniles/plant *Meloidogyne* plant, but susceptible. Presenting an FR between 3.5 and 10.5 for *M. incognita* and a FR between 6 and 11 for *M. javanica*.

**Key words:** Phytoparasitic nematodes, *meloidogyne*, electrophoresis, centrifugation, resistance, susceptibility.

## I. INTRODUCCIÓN

Los nematodos que parasitan plantas son muy pequeños, microscópicos y pueden causar daños significativos a diferentes cultivos, y puede llegar a causar fuertes daños, entre 15 y 60%, y en casos extremos podrían perjudicar la producción hasta en un 75%. Esto dependerá de una amplia gama de factores como la densidad poblacional, virulencia de las especies, la resistencia o tolerancia de la planta huésped.

Dentro del grupo de nemátodos fitoparásitos existen grupos diversos de géneros, como *Meloidogyne* y *Pratylenchus* (que atacan más a cultivos hortícolas), *Tylenchorhynchus* y *Helicotylenchus*. Reportándose mayores pérdidas económicas para el género *Meloidogyne* ya que causa daños a nivel de la raíz formando nódulos o agallas en diferentes cultivos, y entre las especies más representativas se conocen a las especies *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* que se distribuyen en mayor cantidad en el mundo ya sea en regiones con clima templado, cálido, o en inviernos cortos y moderados, y que pueden llegar a parasitar hasta 3000 especies de plantas ya sean silvestres o cultivadas, debido a su alta capacidad de parasitismo y especialización en su hospedante, siendo de difícil erradicación, de manera que constituyen un problema de importancia mundial.

*Meloidogyne* spp. conocido como nemátodo del nódulo de la raíz, es de hábitats cálidos o templados, por el cual ataca a cultivos del mismo hábitat, como es el caso del tomate, calculándose pérdidas a nivel mundial de 20 a 40 % para este cultivo, siendo la especie más dañina y agresiva *M. incognita*, representando un factor limitante, afectando la calidad y cantidad de producción en diferentes países productoras de tomate. Por el que fue motivo de esta investigación.

En Norteamérica y Sudamérica, están ampliamente distribuidas las especies *M. javanica* (es más común a medida que se va aproximando al Ecuador), *M. incognita* y *M. arenaria*. En el Perú, se cuenta con pocos estudios de identificación de este nemátodo, enfocándonos en las regiones de Arequipa, Tacna y Puno, no se cuenta con estudios sobre la identificación a nivel de especies del género *Meloidogyne*, y que se cuenta con extensas áreas de producción de tomate.

Los síntomas que causa *Meloidogyne* spp. son a nivel del sistema radicular de la planta, formando nódulos, agallas, lesiones necróticas, deformación, proliferación de raíces secundarias y pobre crecimiento radicular, y en la parte aérea se aprecia marchitez, enanismo y clorosis. Que generalmente los pequeños agricultores confunden estos síntomas con otros problemas fitosanitarios al tener conocimientos muy básicos sobre estos nematodos limitando realizar un mejor manejo. Consecuentemente obtienen baja productividad y afrontan costos altos debido a la limitada disponibilidad de semilla de calidad, y especialmente de variedades resistentes. Conllevando al productor al uso de pesticidas que causan graves daños al ambiente contaminando extensas áreas de terreno y que ellos se exponen a estos agroquímicos, que claramente se observó durante el recojo de muestras.

El tomate, es una de las especies vegetales más comunes en el mundo ya que se consume en estado fresco o en sus múltiples derivados (pasta, jugos, salsa de tomate y otros), gracias a su baja cantidad de calorías y por ser fuente importante de minerales como el potasio, magnesio y vitamina C. Alcanzando una producción mundial de aproximadamente 177'042,359 toneladas en 4'782,753 ha, y en el Perú cerca de 232,898 toneladas en 6,070 ha, con un rendimiento de 38.37 kg/m<sup>2</sup> según los datos de encontrados en la página web (FAOSTAT, 2016). De manera que constituye una fuente vital para la economía de los agricultores peruanos dedicados a este cultivo.

En el Perú, en las tres regiones mencionadas, no se encontraron registros de identificación de especies del género *Meloidogyne* spp. utilizando técnicas bioquímicas como electroforesis con la enzima esterase, conllevando así al uso de esta técnica en la presente investigación. Lográndose identificar a las especies *M. incognita* y *M. javanica* en las diferentes zonas de producción de tomate, además de otros nematodos fitoparásitos como de nematodos de vida libres, que se muestran en los resultados. Siendo de gran importancia y utilidad, para los productores de tomate de las regiones abarcadas, y para futuros planes o proyectos conllevados al manejo de estos nemátodos observados e identificados.

**Objetivo general**

Caracterizar al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) de las principales zonas de producción del cultivo de tomate en la región sur del Perú.

**Objetivos específicos**

- Identificar las especies del género *Meloidogyne* en las áreas productoras de tomate en la región sur del Perú.
- Identificar los principales géneros de nemátodos fitoparásitos en las diferentes áreas productoras de tomate en la región sur del Perú.
- Determinar la variación de la densidad poblacional de los nemátodos fitoparásitos en las principales áreas de producción de tomate de la región sur del Perú.
- Verificar la resistencia y susceptibilidad de variedades de tomate al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ANTECEDENTES

Salazar y Guzmán (2013a), identificaron 11 géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivares de tomate, siendo los mas representativos *Meloidogyne* (Goeldi, 1892) y *Pratylenchus* (Filipjev, 1936) en un 31%, *Tylenchorhynchus* (Cobb, 1913) 14%, *Helicotylenchus* (Steiner, 1945) 13%, y menos del 10% están *Criconemoides* (Taylor, 1936), *Rotylenchus* (Filipjev, 1936), *Rotylenchulus* (Linford y Oliveira, 1940), *Scutellonema* (Andrássy, 1958), *Xiphinema* (Cobb, 1913), *Trichodorus* (Cobb, 1913) y *Hemicycliophora* (de Man, 1921). También Carrillo *et al.* (2000), hallaron 40 especies de *Meloidogyne* encontradas en los cultivos de tomate, chile, berenjena y pepino, y con mayor frecuencia fueron *M. incognita* (Kofoid y White, 1919), *M. arenaria* (Neal, 1889) y *M. javanica* (Treub, 1885) con 82.5, 12.5 y 5.0% respectivamente.

En Ecuador, Cantuña (2013), usando la práctica con reacción en cadena de la polimerasa, identificó (utilizando el gen 16D10) a la especie *M. incognita* (gen de la proteína 8D5) y *M. javanica* (gen del colágeno Mjcol-3) en muestras de suelos agrícolas del cultivo del tomate; en Brasil también en cultivos de tomate (con variedades resistentes a *Meloidogyne*) identificaron a *M. mayaguensis*, mediante la técnica de electroforesis con enzima esterase (Est M2), observando en el gel de poliacrilamida dos bandas principales (Rm: 0.7 y 0.9) y dos bandas secundarias (Rm: 0.75, 0.9) (Carneiro *et al.*, 2006). Del mismo modo en Venezuela encontraron a *M. incognita* con el uso de patrones isoenzimáticos esterasa (EST) II, en muestras de suelo de tomate (Lugo *et al.*, 2005).

En el Perú, también se encontró registros de las especies *Meloidogyne*; así como Flores *et al.* (2016), identificaron en la región de Puno, según el patrón perineal y la técnica de electroforesis (enzima esterase) a *M. hapla* (Chitwood, 1949) en plantas del cultivo de papa. Similarmente Vera (2014), con la ayuda del patrón perineal y la técnica de PCR halló a la especie *M. incognita* y *M. javanica* parasitando a tabaco en la región Lambayeque, *M. arenaria* en plantaciones de vid en Lima y *M. hapla* en plantas de aguaymanto en Cajamarca.

En tanto Ornat y Verdejo (1999), encontraron una población de *Meloidogyne* spp. en un 34% de los cultivos horticolas, predominando las especies *M. javanica*, *M. incognita* y *M. arenaria*, también Castillo *et al.* (2003) observaron a *M. baetica* con una banda (Rm: 31) mediante la técnica de electroforesis (enzima esterase), tomando como padrón a *M. javanica* J3 en cultivos de olivo silvestre.

Otro investigador como Cid del Prado *et al.* (2001), identificaron a las especies *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) en cultivos de hortalizas, frutales, y ornamentales; encontrándose entre altitudes que oscila de 5 a 2348 msnm; cabe mencionar que *M. incognita* predominó en un 60,7%, *M. arenaria* 21,4%, *M. javanica* 12,5% y *M. hapla* 5,3% respectivamente. Así también Salazar y Guzmán (2013a), observaron en 80 muestras de suelo del cultivo de tomate que *Meloidogyne* sp. presenta la población más alta, con un promedio de 739 juveniles de segundo estadio/100 g de suelo, seguido de *Pratylenchus* con 555, *Tylenchorhynchus* 386, *Helicotylenchus* 252 individuos, alcanzando *Meloidogyne* una población máxima de 1800 individuos y *Pratylenchus* 1110 individuos.

Salazar y Guzmán (2014), reportan que *Meloidogyne* y otros nemátodos fitoparásitos tienen un mayor desarrollo en suelos de tipo franco arenoso con 2.018 individuos y 1.297 individuos evaluadas en raíces de tomate; pero en suelos franco arcillosos la población fue de 549 individuos en suelo y 347 individuos en raíces; factores como la precipitación pluvial no favorece al incremento poblacional, pero la ausencia de rotación de cultivos favorece su incremento (Talavera, 2003).

Por otro lado, Sorribas y Verdejo (1999), al verificar la capacidad parasitaria de *M. javanica*, *M. incognita* y *M. arenaria* en cultivos de tomate (gen *Mi*), observaron que *M. javanica* alcanza un índice de reproducción de 58 a 60% con una inoculación de 7.500 huevos/planta en la variedad Luxor, y en la variedad Carmelo disminuyó el índice de reproducción a 39 y 40 %. También Martínez *et al.* (2015), hallaron a *M. enterolobii* (Yang y Eisenback, 1983) en la variedad de tomate Ramses, con una fluctuación poblacional de 300 a 315 larvas/100g de suelo.

Salazar y Guzmán (2013b), inocularon *Meloidogyne* sp. en tomate variedad shanty, y se obtuvieron resultados contradictorios, ya que al ser mayor la población de nemátodos disminuye el factor de reproducción (FR), tal es así que a una densidad inicial de 100 individuos/100 g de suelo, el FR es 4,79; y cuando la densidad inicial se incrementa a 450 individuos/100 g de suelo el FR baja a 3,44 ; y a una densidad inicial de 900 individuos/100 g de suelo, el FR disminuye bruscamente a 1,71. En cambio, al inocular *M. enterolobii* (Yang y Eisenback, 1983) (5000 huevos/planta), en variedades de genotipos e híbridos de tomate tolerantes a nemátodos, no se presentó tolerancia de ninguna variedad (Rosa *et al.*, 2014). Los genotipos de tomate (FA 572-Katherine y LT-M12), al ser infectados con *M. incognita*, alcanzan un FR de 9, 19 y 9,15 respectivamente, y según los rangos de FR son muy susceptibles (Navarro *et al.*, 2009).

Verdejo *et al.* (2013), observaron de 29 especies de *Meloidogyne*, que cerca del 48% es infectiva a las variedades de tomate junto al gen *Mi.*, y entre estas sobresale *M. javanica* mas que *M. incognita* y *M. arenaria*. De los genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Aro 8484, HA 3063, Caramba y HA 8476, el genotipo Aro 8484 es susceptible con un FR de 5, 77 huevos/planta, y el resto de genotipos se ubican dentro de la categoría muy susceptibles frente a la inoculación con *M. incognita*; por lo que no recomienda su uso (Gómez *et al.* 2012).

Cervantes *et al.* (2013), identificaron tres especies nativas de tomate (Cereza 4, totonaca 2, arriñonado 6) tolerantes a *M. incognita*, ya que presentaron un índice de agallamiento menor a 0,33 %. Así mismo Cortada *et al.* (2010), evaluaron la resistencia de diez patrones de tomate (comerciales y experimentales) frente a nemátodos del género *Meloidogyne* realizando un ensayo de campo en un invernadero de plástico, donde el suelo estaba infestado por *M. javanica*, se observó que 7 de los patrones demuestran altos niveles de resistencia, 1 patrón presentó resistencia intermedia y 2 resultaron ser susceptibles al nematodo. Por otro lado, también Liriano *et al.* (2012), investigaron que las cepas de *Trichoderma* spp. (A - 53 y Ts - 3) es eficiente para combatir a *M. incognita* a una dosis de 30 kg/ha bajo condiciones organopónicas.

Piedra *et al.* (2005), estudiaron la virulencia de 33 poblaciones del nematodo *Meloidogyne* spp. sobre tomate y pimiento resistentes bajo invernadero, donde el 36,4% de poblaciones fueron virulentas a tomate como pimiento resistente; 33,3 % virulentas a

tomate resistente, pero no a pimiento; 24,2% avirulentas a tomate y pimiento resistentes y 6,1% restante presentó virulencia sólo a pimientos portadores de genes de resistencia. Cabe indicar que Guzmán *et al.* (2013) mencionan que los hongos que forman micorrizas arbusculares junto a *Bacillus subtilis* (Ehrenberg, 1835), tienen un efecto negativo para controlar a *Meloidogyne* spp., ya que al inocular 900 huevos y 54 estados juveniles infectivos - J2 sobre las plántulas del cultivo del tomate (variedad calima), el índice de severidad superó el 60 %.

Gómez *et al.* (2009), mencionan que la aplicación de los hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera del tomate favorece el desarrollo a nivel de raíz ya que, al evaluar el peso de las plantas estos demostraron mayor peso; pero no recomiendan utilizar para el control del nematodo *M. incognita* ya que colonizaron de 10 a 75% en las raíces del tomate a diferencia del control que mantiene a menos del 10%. En otra investigación León *et al.* (2000), en Uruguay demostraron que los tratamientos de biofumigación con estiércol de gallina y de pollo más la cascara de arroz, demuestran alta eficacia para controlar a la población *M. incognita* en cultivos de tomate, ya que al evaluar en campos de este cultivo después de 30 y 60 días de su trasplante, no detectaron la presencia de nódulos en la raíz.

Lopes *et al.* (2011), al inocular 5.000 huevos/planta de *M. javanica* sobre plántulas de tomate, resultó que 60 días después del trasplante, la aplicación con hojas secas de ruedecilla (*Ricinus communis* L.) y neem (*Azadirachta indica* A. Juss) reduce la población de *M. javanica* a 118 huevos/raíz a comparación del control con 384 huevos/raíz. También Ceiro (2010), demuestra que el hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata* (Kamyscho ex Barron y Onions) (cepa IMI SD 187), es eficaz para controlar biológicamente a *Meloidogyne* spp., así como la lechuga (*Lactuca sativa* L.) al actuar como planta trampa fue efectiva para los tratamientos donde las poblaciones de la plaga fueron más altas.

Hernández (2010), evaluó la interacción de los hongos micorrizogénicos arbusculares (*Glomus mosseae* Albert Bernhard, 1885) y el hongo nematófago (*Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata*) sobre *M. incognita* en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) portadora del gen *Mi*; en donde *P. chlamydosporia* colonizó el 70 % de las masas de huevos de *M. incognita*, y al combinarse con *G. mosseae* su actividad

disminuyó al 60%, al igual que la actividad parasítica sobre los huevos disminuyó de un 30 a 25% con el tratamiento combinado. Similarmente Solano *et al.* (2014), determinaron que al aplicar varios aislamientos de hongos nematófagos de *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) y *Purpureocillium lilacinum* (Luangsa *et al.* 2011) sobre *M. incognita*, tienen un resultado positivo para controlar estos nemátodos en campo, ya que estos reducen el índice de agallamiento entre 25 y 54,3 %; y el mayor efecto de control fue de Pch-001 de *P. chlamydosporia* seguido de P1-001 de *P. lilacinum* y Pch-005.

Lara *et al.* (1996), indican que el hongo *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson (cepa del Perú) es eficaz para controlar a *M. incognita* en el cultivo de tomate en los campos de Puerto Rico, ya que al cabo de 90 días después del trasplante, la población de *M. incognita* disminuyó entre 736 a 1.237 nemátodos/300 cm<sup>3</sup> de suelo; aumentando el rendimiento de 1.255 kg/ha al inicio hasta llegar a un total de 23.037 kg/ha, a comparación del control que llegó de 1.242 a 18.770 kg/ha. Y finalmente Alarcón *et al.* (2013), indican que la aplicación del concentrado de cepas nativas (CCN) agrupado con *Glomus mosseae* son efectivas para controlar al nematodo *Meloidogyne* spp. sobre cultivos del tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Vyta, porque este tratamiento permitió obtener un buen desarrollo y rendimiento de las plántulas de tomate a diferencia del control y demás tratamientos.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y BIOLÓGICAS DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas según. Este cultivo se produce durante todo el año, solo en el invierno existe limitaciones por la probabilidad de heladas (FAO, 2013). Para ello se selecciona el lugar adecuado, evitando sembrar en áreas donde se hayan realizado cultivos sucesivos de tomates o solanáceas en los 3 años, evitando suelos muy arcillosos o muy arenosos; sino suelos sueltos, profundos y con alto contenido de materia orgánica y un buen nivel de nutrientes (Gázquez, 2006).

#### **Ecología**

El tomate es una hortaliza de clima cálido, y la temperatura ambiente para su desarrollo oscila entre 21 a 24 °C, siendo lo óptimo de 22 °C (López, 2010), mientras que Chemonics (2008), indica que la temperatura optimo esta entre los 28 a 30 °C durante el día y de 15 a 18 °C durante la noche (INTA, 2004). El tomate es un cultivo insensible a la radiación durante todo del día, sin embargo, necesita de una buena iluminación, siendo modifica por la densidad de siembra, poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la captación de los rayos solares, especialmente en época lluviosa cuando la radiación es menor (CENTA, 2002), sus necesidades de luz por día oscilan entre las 8 y 16 horas (Chemonics, 2008). La humedad relativa óptima se encuentra entre 60 y 80%, y humedades relativas superiores favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación (Escalona *et al.*, 2009). Cabe indicar que los mejores rendimientos se dan en suelos franco a franco arcillosos para el cultivo, los suelos muy pesados retienen mucha humedad y restringen la respiración de las raíces, además crean un ambiente favorable a enfermedades, en cuanto al pH del suelo debe ser ligeramente ácido, entre 6 y 7 (Disagro, 2004).

#### **Morfología**

La planta es perenne y arbustiva (Cepeda, 2009). La raíz principal crece de 3 a 60 cm de profundidad (Rodríguez *et al.*, 1984) y presenta una gran cantidad de ramificaciones secundarias y raíces adventicias (Argerich *et al.*, 2010). Posee un tallo herbáceo (INTA, 2004). Las hojas son compuestas e imparipinnadas, tiene foliolos peciolados, lobulados y un borde dentado que estan de forma alternada sobre el tallo (Escalona *et al.*, 2009).

En la flor encontramos mas de cinco sépalos y pétalos de color amarillo, que se encuentran en forma helicoidal, con igual número de estambres, se agrupan en inflorescencias llamadas racimos (Escalona *et al.*, 2009). El fruto es en una baya de forma, dimensión y número de lóculos variable según el cultivar (redondeados, aplanados, ovalados, semiovalados, alargados, en forma de uva o pera). Las semillas de tomate son aplanadas y tienen la forma lenticelar (CENTA, 2002).

### **Fenología**

El tomate tiene varias etapas de desarrollo en su ciclo de crecimiento, como el establecimiento de la planta en donde se desarrolla la raíz y se forman las partes aéreas de la planta; pasado los 40 y 45 días, la planta entra en la fase de crecimiento vegetativo en donde los frutos empiezan a desarrollarse, esta fase es seguida por otras 4 semanas de crecimiento rápido, mientras la planta está floreciendo y desarrollando frutos, y después de 70 días, no hay casi ningún desarrollo vegetativo, ni acumulación de materia seca en hojas o tallos (Tjalling, 2006). Posteriormente el tomate entra en la etapa de floración y cuaja, dependiendo de la variedad, clima y el manejo del cultivo; después la fruta empieza a desarrollarse, a crecer, y en este periodo es donde se acumula en mayor cantidad la materia seca en la fruta, finalmente transcurrido en promedio 80 días después de transplante se logra la madurez fisiológica del fruto (López, 2010).

### **Variedades de tomate**

**Patio (híbrido):** esta variedad es una planta arbustosa de crecimiento determinado que llega a una altura de 60 a 80 cm, el follaje es de color verde oscuro y sus frutos son rojos de tamaño medio, de piel fina, jugoso y sabor dulce que llega a pesar aproximadamente 115 g., además es ideal para cultivarla en maceta, en las terrazas y balcones, y que asu vez es resistente a la enfermedad de tomate y nemátodos agalladores de la raíz (Everhart *et al.*, 2002; Oseeds, 2017).

**Matusalem (híbrido):** tipo galilea tiene un crecimiento determinado e ideal para altas temperaturas, con alto rendimiento en la producción, fruto de buen tamaño de color rojo brillante intenso de forma ovalada alargada, con resistencia a los nemátodos (Semiagro, 2017). La variedad de tomate italiano es excelente para el cuaje de frutos y alcanza un peso promedio de frutos de 210 g, alto nivel de resistencia a Vd raza 1, Fol raza 1, *Mi.* razas 1, 2, 3 y 4 y *Mj.* (nemátodos) (Sakata, 2017).

**Galilea:** le permite al agricultor sembrar casi todo el año, posee un color rojo intenso y brillante, extra duro y larga vida post cosecha, la planta es muy vigorosa y tiene frutos de tipo rio grande ya que son frutos carnosos, de muy buena firmeza y larga vida post cosecha, de gran tamaño y peso con alto rendimiento. Además, es resistente a nemátodos y tiene buen cuaje a bajas temperaturas (Semiagro, 2017). La variedad Celebrity (Híbrido), también tiene un fruto grande de buen sabor y carnosa. Y es resistente a la marchitez por *Verticillium*, marchitamiento por *Fusarium* razas 1 y 2, nemátodos y virus del mosaico del tabaco (Bonnieplants, 2017) y que según Oscseeds (2017), es resistente a nematodos de la raíz y de mayor rendimiento en el jardín.

**Ameliore bonny best improved:** es de producción prolífica y continua (frutas individuales maduran sucesivamente durante muchos días), los racimos son de tamaño medio de 225 g, la fruta es de color rojo oscuro y de tamaño uniforme con un sabor atractivo (Oscseeds, 2017). En tanto la variedad santa cruz, tiene uniformidad de frutos en tamaño y cantidad en todos los racimos, es una planta con entrenudos cortos, de excelente calidad de frutos, tamaño, coloración, brillo y firmeza con un peso promedio de 190 g e indicado para regiones con incidencia de nematodos (*Mj.* y *Mi.* razas 1, 2, 3 y 4) (Sakata, 2017).

**Sweetie (híbrido):** tiene frutos pequeños de 3 cm en racimos largos y alcanza una altura de la planta de 1 a 2 m. Se cosecha cerca a los 50 días y tiene un rendimiento muy alto (Oscseeds, 2017). Finalmente, otra variedad Rutger, que es muy utilizada en el ámbito de investigación como testigo susceptible a nematodos del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.), esta variedad tiene ramas cortas con racimos de flores que crecen en las puntas de los tallos, los frutos de tomate empiezan a madurar durante un corto período de cosecha (Hogar, 2017).

### Plagas

La Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood y *Bemisia tabaco* Gennadius), los estados de ninfa y adulto de ambas especies se alimentan de la savia causando el debilitamiento de la planta (amarillamiento y marchitez de la planta) debido al hábito alimenticio chupador del insecto, que succiona los jugos celulares (López, 2010). Asimismo el pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae* Sulzer) y Pulgón del algodónero (*Aphis gossypi* Glover), causa daños en los estadios ninfales y adultos (FAO, 2013). Como la palomilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick), que puede llegar a ocasionar

pérdidas de hasta 100 % del rendimiento comercial ya que los estados larvales son los responsables de ocasionar los daños, debido a su hábito minador en el tejido foliar produciendo galerías o minas traslúcidas al consumir la hoja (el mesófilo) (Cantuña, 2013).

Otra plaga es el perforador del fruto de tomate (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée), el daño los producen las larvas al ingresar en el fruto por la parte media e inferior alimentándose de las semillas tiernas y luego de la pulpa (Cañedo *et al.*, 2011), también tenemos otras plagas como el gusano del Brote (*Heliothis tergeminus* Felder y Rogenhofer), gusano variado (*Peridroma saucia* Hubner), minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard), gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), gusano cortador (*Agrotis* sp.) y otros (FAO, 2013).

### **2.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE TOMATE**

El tomate es un cultivo muy susceptible al ataque de nemátodos fitoparásitos, estos viven en el suelo y su observación solo es posible a través del microscopio de alta resolución por tener un tamaño reducido (Talavera, 2003; Doria, 2010). Entre los más importantes se encuentra el nematodo del nódulo de la raíz o agallador (*Meloidogyne* spp.) (Escalona *et al.*, 2009), nematodo lesionador (*Pratylenchus* spp.), nematodo barrenador y minador (*Tylenchorhynchus*), el nematodo (*Helicotylenchus*) (Talavera, 2003), *Trichodorus* sp. y *Criconemoides* sp (MAG, 1991).

Estos nemátodos viven en la película acuosa de microtúneles del suelo y dentro de los tejidos vegetales (Scholaeen, 2005). Todos tienen alguna forma de estilete o arpón oral, que les permite perforar la pared de las células del hospedador, e inyectar enzimas que digieren parcialmente el contenido de éstas (Talavera, 2003).

Dichos nemátodos son considerados parásitos obligados porque dependen de las estructuras de los tejidos de las plantas, para completar el desarrollo de su ciclo de vida (Lima y Casa, 2016). Los nemátodos fitoparásitos se pueden separar en dos grupos: parásitos aéreos, aquellos que se alimentan de las partes aéreas de las plantas; y los parásitos de raíces y tubérculos, aquellos que se alimentan de las partes subterráneas (Coyne *et al.*, 2007). También se agrupan por su hábito y movilidad en tres grupos

principales: endoparásitos migratorios, nemátodos móviles que se alimentan dentro del tejido radical; endoparásitos sedentarios, nemátodos que una vez alcanzado el sitio de alimentación dentro de la planta cesan de ser móviles y se alimentan desde un sitio fijo, y los ectoparásitos son nemátodos que se alimentan de la planta desde el exterior sin invadir la misma (Bernal, 2010).

***Pratylenchus spp.***: la gravedad de los daños que ocasiona este nematodo varía con el cultivo atacado y al formar lesiones en raíces jóvenes reduce e inhibe a la raíz, debido a los daños que sufre la raíz, las plantas afectadas muestran un crecimiento deficiente, dan poco rendimiento y finalmente mueren (Luc *et al.*, 2005). Son organismos cilindroideos fuertes con una cabeza roma, estilete fuerte y cola notablemente redondeada (Agrios, 2011). Penetran en las raíces jóvenes de las plantas hospedadoras, allí migran a través de las raíces, a menudo destruyendo células consideradas como endoparásitos migradores (Tihohod, 2000). Las hembras depositan los huevos de uno en uno en el tejido radicular o en suelo y pueden producir hasta 100 huevos a lo largo de su vida (Talavera, 2003).

***Helicotylenchus spp.***: la palabra *Helicotylenchus*, proviene de los vocablos griegos helic (=espiral, enrollar), tyl (= perilla, nudo), ench (= lanza, arpón), indicando que es un microorganismo con forma de espiral y con un estomatoestilete en la región anterior (cabeza) (Borror, 1960), que es usado para perforar los tejidos de la planta hospedante y extraer los nutrientes, causando enfermedades que se manifiestan con un crecimiento deficiente y un rendimiento menor (Luc *et al.*, 2005).

Son muy comunes en la mayoría de las muestras de suelos. No se consideran como nemátodos principales si no secundarias. Se alimentan de los tejidos externos de las raíces, matando a las células en los sitios infectados y que causan daño tisular local (Siddiqi, 2000). Muchas enfermedades graves en las plantas son el resultado de sus actividades. Tienen un ciclo de vida en la que todas las fases son móviles y se alimentan de las raíces de las plantas. Aunque no está confirmado plenamente, su reproducción puede ser tanto anfimítica como partenogénica (Tihohod, 2000).

***Tylenchus spp.***: Este nematodo fitoparásito posee un estilete y nódulos pequeños que son poco visibles al microscopio, la distancia de la parte anterior de la cabeza hacia el centro del bulbo medio es corta, la vulva se encuentra entre el 60 o 70% de la parte

anterior de la cabeza, la cola de estos individuos es filiforme (cola de raton) (Ferris, 1999). Estos alcanzan una longitud del cuerpo entre 1.0 y 1.2 mm, son nemátodos ectoparásitos que atacan diferentes plantas, siendo los principales hospederos: alfalfa, algodón, aguacate, caña de azúcar, centeno, durazno, fresa, frijol, lechuga, manzano, nogal, papaya, piña, sorgo, tomate, platano, papa y vid (Torres, 2016).

***Mesocriconema spp.***: los nemátodos anillados corresponden a uno de los géneros de nemátodos fitoparásitos más importantes, y se encuentran comúnmente en suelos arenosos, que corresponde a un nemátodo ectoparásito migratorio (Lima y Casa, 2016). Las hembras producen de 3 a 5 huevos por día, incrementando su población rápidamente, el daño característico son raíces cortadas y necrosis de raíces finas absorbentes, reducción en la capacidad de la planta a soportar distintos tipos de estrés y reducción en la asimilación de nutrientes (Nemachile, 2017). Estos nemátodos tienen una cutícula gruesa por el cual tiene estrías o anillos en dirección transversal, de cuerpo grueso, fusiforme; la bombilla media del esófago y el procuerpo están fusionados (Tihohod, 2000).

***Xiphinema spp.***: se clasifica dentro de la familia Longidoridae y son considerados como ectoparásitos migradores, aunque todo el cuerpo está fuera de las raíces, puede parasitar células de la epidermis, córtex e incluso el cilindro central, gracias a que posee estilete (odontostilio) muy largo (Ferris, 1999). Por su apariencia se denomina nemátodo daga, se conecta a un órgano de soporte, que ya es parte del esófago, llamado odontóforo, y parasitan las células de la epidermis, córtex y cilindro central, preferentemente en las puntas de las raicillas (Perry y Moens, 2006). Permanecen por largo periodo en un solo lugar, causando engrosamiento de la raíz o agallas en los extremos de las raicillas y los síntomas reflejados son retraso en el crecimiento y enanismo (Tihohod, 2000).

***Globodera spp.***: nemátodos formadores de quistes, que producen diversas enfermedades en las plantas principalmente en las regiones templadas del mundo (Ravichandra, 2014). Algunas especies atacan solo a unas cuantas especies vegetales y viven en áreas geográficas limitadas, mientras que otras atacan a una gran cantidad de especies vegetales y se encuentran ampliamente distribuidas, y este nemátodo formador de quistes en particular ataca severamente a la papa, tomate y berenjena (Agrios, 2011).

## BIOLOGÍA DEL NEMÁTODO DEL NÓDULO DE LA RAÍZ (*Meloidogyne* spp.)

Nemátodo endoparásito sedentario obligado de relevante importancia económica y es uno de los principales factores limitantes en la producción de campos de cultivos en países tropicales y subtropicales (Vera, 2014; Scholaen, 2005).

El género *Meloidogyne* se ubica en la siguiente clasificación taxonómica (Perry y Moens, 2013):

Phylum	:	Nematoda, Potts, 1932
Clase	:	Chromadorea, Inglis, 1983.
Sub clase	:	Chromadoria, Pearse, 1942
Orden	:	Rhabditida, Chitwood, 1933
Suborden	:	Tylenchina, Chitwood 1950.
Infraorden	:	Tylenchomorpha, De Ley y Blaxter, 2002
Superfamilia	:	Tylenchoidea, Örley, 1880
Familia	:	Meloidogynidae, Skarbilovich, 1959
Subfamilia	:	Meloidogyninae, Skarbilovich 1959.
Género	:	<i>Meloidogyne</i> , Göldi 1892.

Según Talavera (2003), estos nemátodos en el invierno se encuentran en el suelo, en la forma de huevo. En primavera incrementa su población ya que los juveniles de segundo estadio J2s, llegan a eclosionar, emigran por el suelo para llegar a la raíz de una planta hospedera, donde se establecen. En la etapa de juvenil van engrosando y mudando hasta llegar a ser hembras adultas o machos. Para diferenciar una hembra tiene la forma redondeada e inmóvil mientras que los machos son filiformes y por lo general abandonan la raíz ya que no se alimentan (Luc *et al.*, 2005). La hembra produce cerca de 300 a 500 huevos pudiendo llegar hasta 1000 huevos envueltos en una masa gelatinosa producida por la hembra, completan su ciclo en menos de un mes y depende de la temperatura del suelo (Agrios, 2011).

### Ciclo biológico

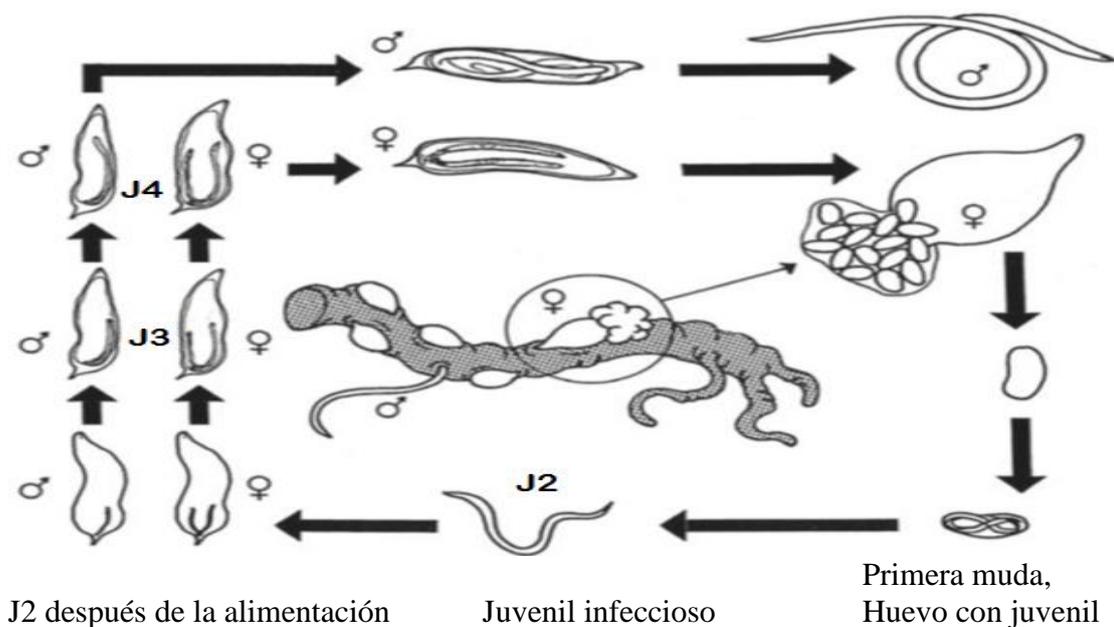
El número anual de generaciones del nematodo *Meloidogyne* varía de acuerdo con la temperatura y humedad; bajo regiones de temperatura de 26 a 34 °C el ciclo vital puede cumplirse en cuatro o seis semanas (Cepeda, 2009). En este lapso el nematodo pasa por

distintas etapas de desarrollo que están asociados también con su comportamiento infectivo (Figura 1) (Perry y Moens, 2006).

La etapa preinfectiva comienza con el desarrollo del cigoto, empieza pocas horas después de la oviposición, hasta que se observa el primer estadio larval o juvenil completamente desarrollado dentro del huevo con un estilete móvil y visible, en esas condiciones el juvenil puede tener cierta movilidad dentro del huevo y dentro del mismo huevo tiene lugar la primera muda (Agrios, 2011). La etapa parasítica aproximadamente 10 días después de la ovoposición, tiene lugar la ecdisis del huevo y si las condiciones ambientales son favorables ocurre una muda que da lugar al segundo estadio larval o segundo juvenil y solo hasta entonces ocurre la ruptura del huevo, quedando el juvenil de segundo estadio libre en el suelo (Agrios, 2011).

La infectividad del juvenil de segundo estadio está en función de la temperatura ambiental, aireación, humedad, densidad del suelo y la distancia entre el juvenil y la raíz; cuando se completan la segunda y tercera muda en las hembras juveniles de tercero o cuarto estadios respectivamente, y el estilete mas el bulbo medio esofágico desaparecen (Taylor y Sasser, 1983). La segunda etapa larvaria infecta comúnmente penetra en las raíces por detrás de la punta de ellas y se abre paso a través de las células hasta que llegan a la parte trasera de la zona de crecimiento, ahí se establece permanentemente y coloca su cabeza en el pleroma (Agrios, 2011).

La fase adulta inicia después de la cuarta muda, en ambos sexos el estilete y el bulbo medio son regenerados y en la hembra se forman el útero, la vagina y el patrón perineal que se hace visible (Tihohod, 2000). En los machos después de la segunda y tercera mudas, el estilete no es muy visible, el bulbo medio se ha generado y solo las gónadas se han alargado; el esófago, bulbo medio, espículas y espermatozoides en los testículos de los machos, se encuentran presentes y visible al microscopio compuesto (Luc *et al.*, 2005).



**Figura 1:** Diagrama del ciclo de vida del nematodo agallador *Meloidogyne*. J2: segundo estadio juvenil; J3: juvenil de tercera etapa; J4: juvenil de cuarta etapa. Fuente: (Perry y Moens, 2006).

**Morfología:** Los nemátodos adultos presentan dimorfismo sexual, el macho es filiforme y se considera como endoparásito migratorio (Siddiqui, 2000); mide 1400  $\mu\text{m}$  de largo y 390  $\mu\text{m}$  de ancho en promedio, la hembra se engrosa en forma de pera o limón y se encuentra en las raíces de las plantas, embebida o adherida como endoparásito o semiendoparásito (Eisenback *et al.*, 1983); mide 635  $\mu\text{m}$  de largo y 330  $\mu\text{m}$  de ancho en promedio, su cutícula está finamente estriada y adopta un modelo característico en la región perineal, el cual permite diferenciar a las especies (Musdagi y Gozel, 2015).

Los nemátodos adultos machos y hembra del nódulo de la raíz son fáciles de distinguir morfológicamente, ya que los machos son vermiformes y miden aproximadamente de 1.2 a 1.5 mm de largo por 30 a 36 mm de diámetro, en cambio las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.40 a 1.30 mm de largo por un ancho de 0.27 a 0.75 mm; cada hembra deposita aproximadamente entre 400 a 500 huevecillos en una sustancia gelatinosa que ella misma produce (Agrios, 2011). Los juveniles (J2) son delgados, vermiforme, miden alrededor de 450  $\mu\text{m}$  largo; el esqueleto de la región del estilete y labial están débilmente esclerotizados y tiene la forma cónica con hialina (Luc *et al.*, 2005). A sí mismo el J2 infeccioso varía en longitud desde 250 a 600  $\mu\text{m}$ , y el estilete recto tiene aproximadamente 9-16  $\mu\text{m}$  de largo (Perry y Moens, 2006).

**Reproducción:** el género *Meloidogyne* puede reproducirse de tres formas distintas: Anfimixis, donde el esperma de los machos fertiliza los ovocitos en las hembras y posteriormente se produce una meiosis (Taylor y Sasser, 1983), partenogénesis meiótica facultativa, se da en presencia de los machos produciéndose 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) (Chitwood y Perry, 2009) y por último por partenogénesis mitótica obligada en el que 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) (Perry *et al.*, 2009).

**Síntomas:** según Talavera (2003), las plantas infectadas muestran amarillamiento, marchitamiento, reducción en la producción y cuando la raíz está infectada produce engrosamientos o agallas de distintos tamaños. 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 (Scholaen, 2005). Las plantas infectadas muestran un desarrollo deficiente y una menor cantidad de hojas pequeñas, de color verde pálido que tienden a marchitarse cuando el clima es cálido, las raíces infectadas se hinchan en la zona de invasión y desarrollan las agallas típicas del nódulo de la raíz, las cuales tienen un diámetro dos o tres veces mayor al de las raíces sanas (Doria, 2010).

Sin embargo, es frecuente que las raíces infectadas sean más pequeñas y muestren varios grados de necrosis y con frecuencia se produce la pudrición de las raíces a finales de la estación (Escalona *et al.*, 2009). Cuando los tubérculos u otros órganos subterráneos carnosos son atacados, forman pequeñas hinchazones sobre la superficie, la cual en ocasiones se hace bastante prominente y produce la deformación de los órganos o el agrietado de su cascara (Agrios, 2011).

Los huevos se encuentran agrupados en masas de 100 a 1.200 individuos, protegidos por una matriz gelatinosa secretada por la hembra y dichas masas se encuentran en el suelo o en los restos de raíces del cultivo anterior, ya en el estado larval se alimentan de la raíz, causando heridas que pueden ser la vía de ingreso para patógenos. En la parte

aérea de la planta el daño se manifiesta como clorosis (amarillamiento), marchitez, enanismo y reducción de rendimiento (FAO, 2013). Las raíces infectadas se hinchan en la zona de invasión y desarrollan las agallas típicas del nódulo de la raíz, las cuales tiene un diámetro dos a tres veces mayor al de las raíces sanas (Medina *et al.*, 2014).

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

**ADN.** - siglas de ácido desoxirribonucleico, grupo protético de las nucleoproteínas depositario de las características genéticas. En ella contiene la información genética de un ser vivo y de algunos virus (Hickman *et al.*, 1998).

**Alimento.** - toda sustancia o mezcla de sustancias naturales o elaboradas que al ser ingeridas aporten a su organismo los materiales y la energía necesaria para el desarrollo de sus procesos biológicos (Hickman *et al.*, 1998).

**Anual.** - planta que cumple su ciclo en un año o menos, durante el cual florece, fructifica y muere. Se opone a perenne (Cepeda, 2009).

**Antesis.** - periodo de florescencia o floración de las plantas con flores (Cepeda, 2009).

**Ecdisis.** - cambio de cutícula que se produce periódicamente en los artrópodos, se produce por la secreción de una hormona la ecdisoma (Tihohod, 2000).

**Electroforesis.** - Técnica para la separación de moléculas según la movilidad de éstas en un campo eléctrico (Tihohod, 2000).

**Endoparásito.** - Parásito que vive en el interior de su hospedero (Agrios, 2011).

**Endospermo.** - tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla (Escalona *et al.*, 2009).

**Espícula.** - órgano reproductor masculino del nematodo (Tihohod, 2000).

**Estoma.** - porcion del tracto digestivo entre la abertura oral y el esófago (Tihohod, 2000).

**Fitoparásito.** - que se alimenta de las plantas rompiendo el tejido vegetal con ayuda de su estilete (Coyne *et al.*, 2007).

**Hospedante.** - planta que es invadida por un parásito y de la cual este obtiene sus nutrientes (Hickman *et al.*, 1998).

**Inoculación.** - arribo o transferencia de un patógeno sobre su hospedante también en ambientes terrestres (Hickman *et al.*, 1998).

**Identificar.** - Reconocer la identidad mediante características específicas propias de una especie (Talavera, 2003).

**Lycopeno.** - es un carotenoide que se encuentra principalmente en el tomate, conserva sus propiedades funcionales después de ser procesado, no presenta toxicidad y posee efectos antioxidantes (Escalona *et al.*, 2009).

**Lóculo.** - cavidad de un órgano vegetal que contiene semillas o esporas (Hickman *et al.*, 1998).

**Nematodo fitoparásito.** - nemátodos que tienen un estilete, que tiene la habilidad de punzar y succionar los líquidos de las células para alimentarse (Perry y Moens, 2006).

**Nematodo endoparásito.** - cuando el nematodo se alimenta introduciendo la totalidad de su cuerpo (Perry y Moens, 2006).

**Nematodo sedentario.** - se encuentran en cultivos determinados y por lo general viven en un solo lugar (Perry y Moens, 2006).

**Pelos glandulares.** - actúan como defensa química al realizar secreciones (Cepeda, 2009).

**Perenne.** - planta u órgano que vive más de dos años; se opone a anual y bienal. Vegetal cuyo ciclo vegetativo se extiende más de dos años (Cepeda, 2009).

**Ovario.** - estructura reproductiva femenina que produce o contiene a la célula huevo (Hickman *et al.*, 1998).

**Rotación.** - el tiempo que toma para un ciclo de reproducción, crecimiento y cosecha de un rodal de bosque natural o de plantación (Escalona *et al.*, 2009).

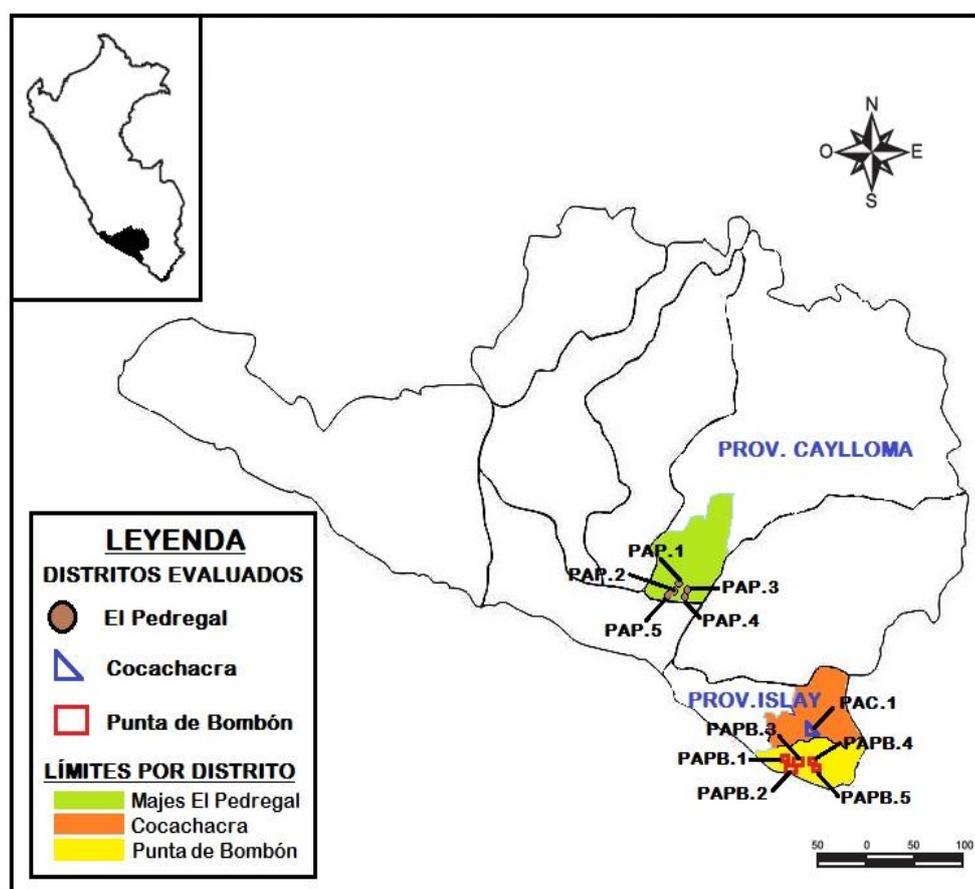
**Tejido.** - conjunto de células de estructura similar que llevan a cabo una función especial (Hickman *et al.*, 1998).

**Testa o cubierta seminal.** - capa de células que rodea a la semilla de las plantas espermatófitas con distinta estructura y función (Escalona *et al.*, 2009).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Para el desarrollo de la investigación se colectó muestras de raíz y suelo del cultivo de tomate de tres regiones del sur del Perú. En la región Arequipa: en los distritos de Pedregal (presentando una altitud de 1 410 m.s.n.m. con coordenadas  $16^{\circ}19'16''S$  y  $72^{\circ}36'49''O$ ), Cocachacra (altitud de 84 m.s.n.m. y coordenadas de  $17^{\circ}05'29''S$  y  $71^{\circ}46'12''O$ ) y Punta de Bombón (altitud de 23 m. s. n. m. y coordenadas de  $17^{\circ}10'01''S$  y  $71^{\circ}48'13''O$ ) (Figura 2). En la región Tacna: en los distritos de Calana (altitud de 875 m.s.n.m. y coordenadas  $17^{\circ}56'20''S$   $70^{\circ}11'10''O$ ), Pocollay (altitud de 670 m.s.n.m. y coordenadas de  $17^{\circ}59'49''S$   $70^{\circ}13'17''O$ ) y la Yarada (altitud de 32 m.s.n.m. y coordenadas  $18^{\circ}13'45''S$   $70^{\circ}28'37''O$ ) (Figura 3). Y en la región Puno: en los distritos de Ayapata (altitud de 3 475 m.s.n.m. y coordenadas entre  $13^{\circ}46'40''S$   $70^{\circ}19'21''O$ ), Ollachea (altitud de 2 866 m.s.n.m. y coordenadas entre  $13^{\circ}47'41''S$   $70^{\circ}28'17''O$ ) y San Gabán (altitud de 1 407 m.s.n.m. y coordenadas entre  $13^{\circ}26'00''S$   $70^{\circ}23'22''O$ ) (Figura 4).



**Figura 2:** Ambito de estudio: Ubicación de los distritos evaluados en la región de Arequipa, 2016.

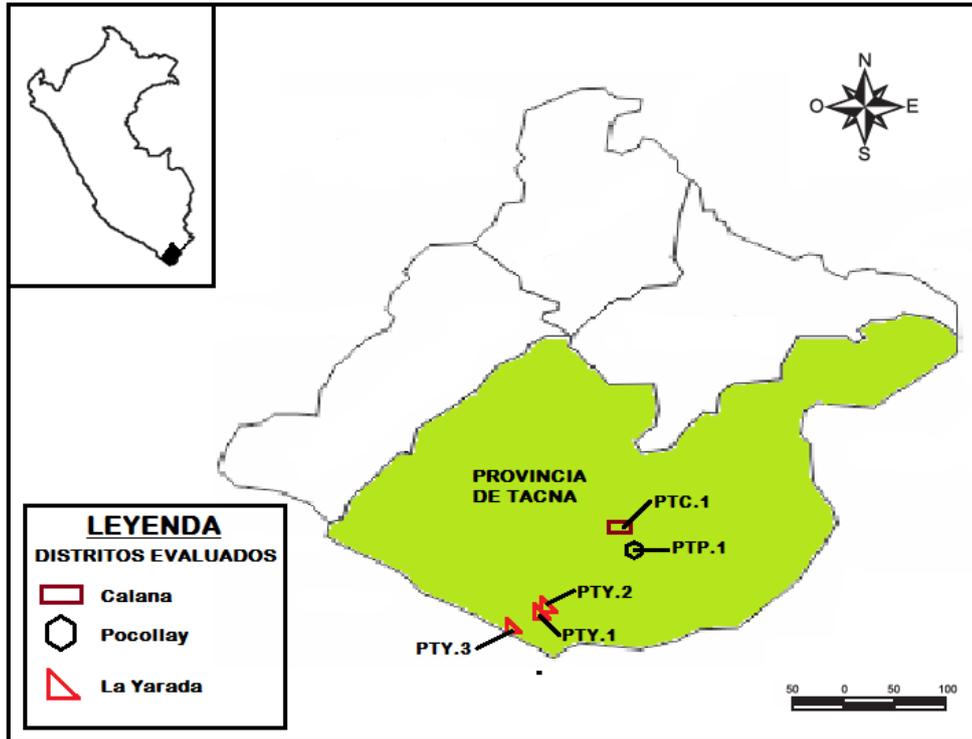


Figura 3: Ambito de estudio: Ubicación de los distritos evaluados en la región de Tacna, 2016

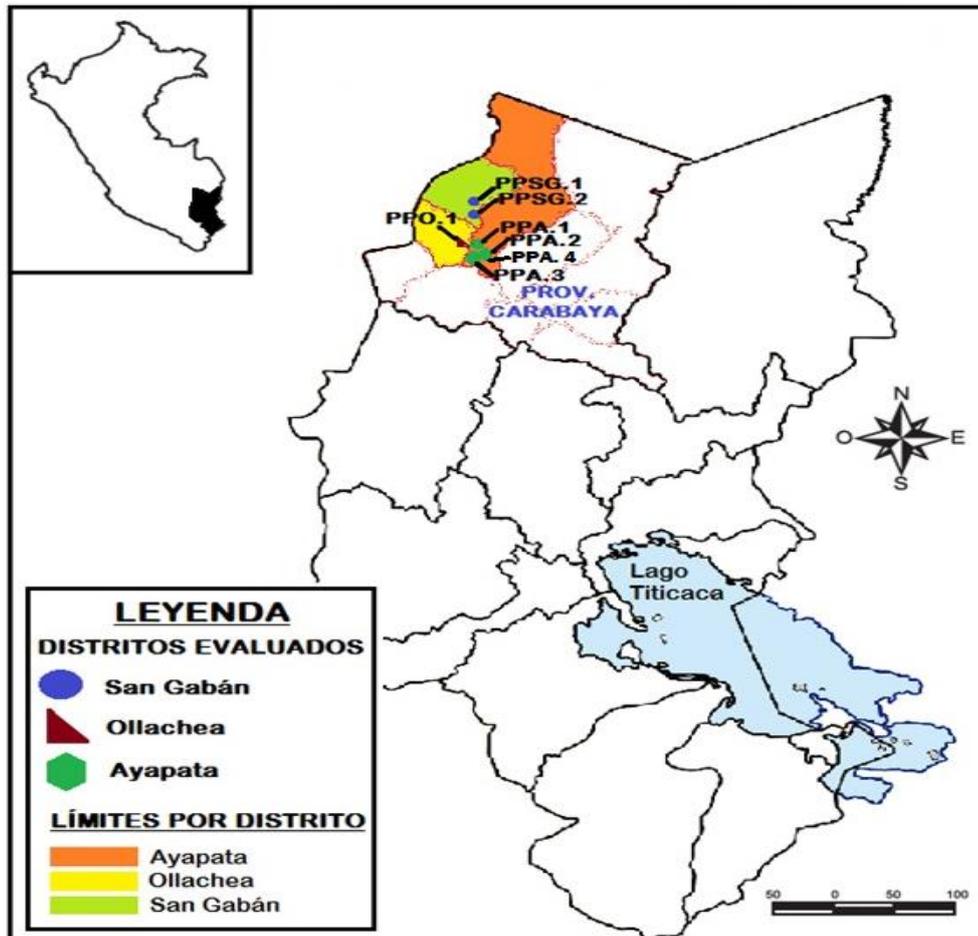


Figura 4: Ambito de estudio: Ubicación de los distritos evaluados en la región de Puno, 2016.

### 3.2. TIPO DE ESTUDIO

La investigación fue de carácter descriptivo y explicativo ya que se realizó colectas, identificación e interpretación de las muestras de suelo y raíces recolectadas de las áreas de producción del tomate de las regiones Arequipa, Tacna y Puno; en cuanto al método de investigación es cualitativo, cuantitativo y analítico adaptado a una técnica de muestreo estratificado al azar. Los análisis *ex situ* se llevaron a cabo en el Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano Puno y Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la misma Universidad.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio fue el nematodo del género *Meloidogyne* primordialmente y otros nematodos fitoparasitos como *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Xiphinema*, *Mesocriconema* y *Globodera*, y nematodos de vida libre.

Las muestras fueron tomadas de los suelos y raíces de cultivos de tomate, lográndose recolectar 95 muestras de suelo de 9 distritos que pertenecen a la region de Arequipa, Tacna y Puno. Así mismo se colectaron 5 muestras de raíces de tomate que presentaron nodulaciones.

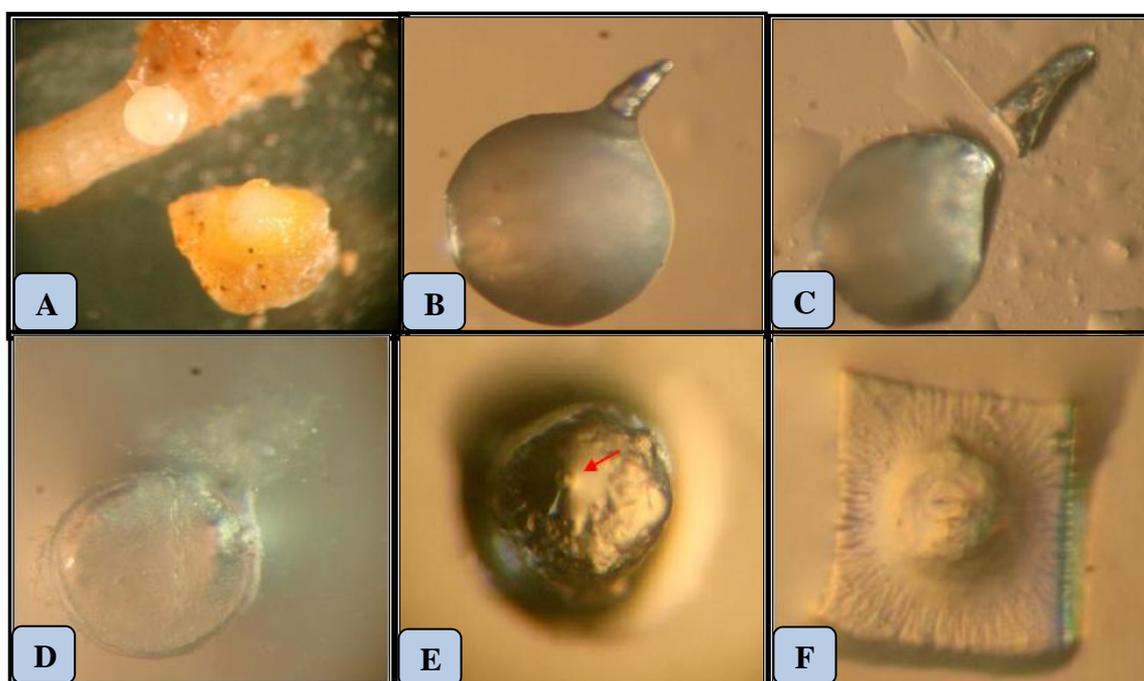
### 3.4. METODOLOGÍA

La investigación fue desarrollada en tres fases: fase de campo en 9 distritos, fase de laboratorio y fase de invernadero llevados a cabo dentro en la Universidad Nacional del Altiplano – Puno con ubicación geográfica de 15°49'29.25'' S y 70°00'56.11''O. La metodología fue realizada según los objetivos planteados:

#### 3.4.1. Para identificar las especies del género *Meloidogyne* en las áreas productoras de tomate en la región sur del Perú.

Para identificar la población de *Meloidogyne* spp. se practicó la técnica de identificación a través del patrón perineal realizando los siguientes pasos:

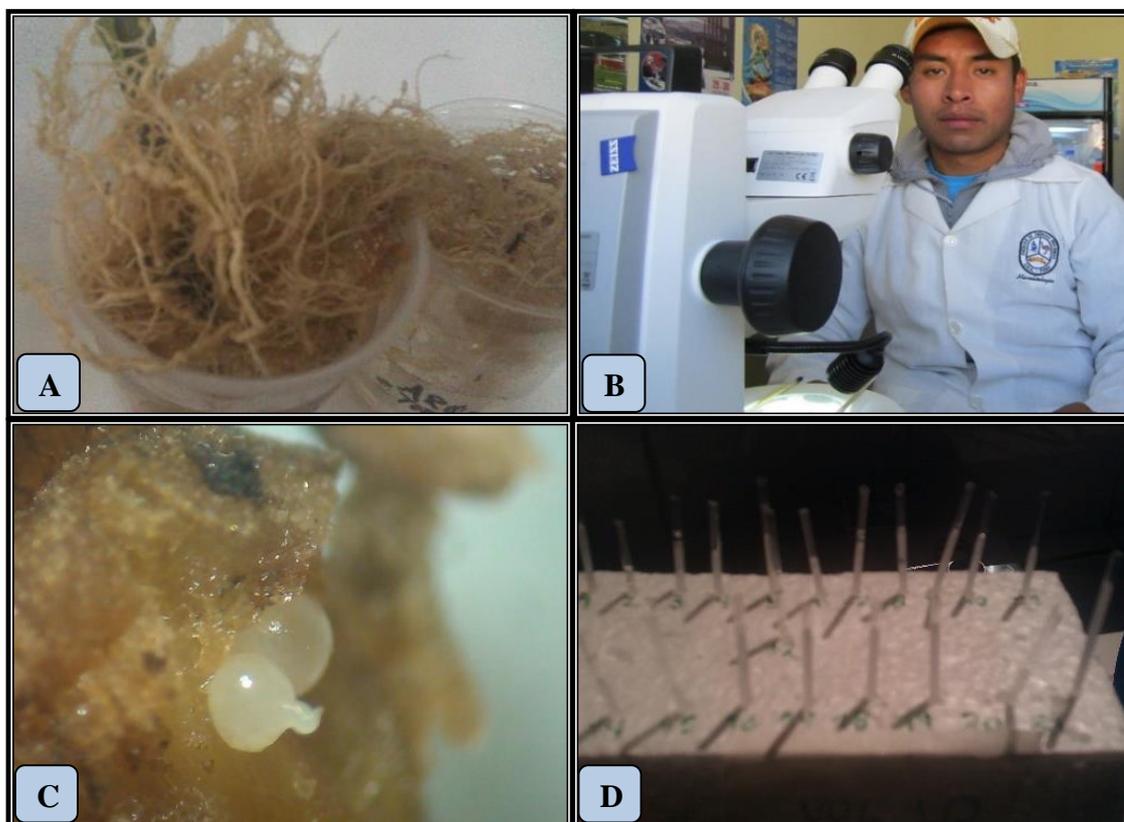
1. Las muestras de raíces con una buena cantidad de nodulaciones fueron lavadas sobre una bandeja.
2. La raíz nodulada se abrió cuidadosamente con la ayuda de una aguja de punta fina (Figuras 5 A y B) y se seleccionó diez hembras maduras y lechosas sin dañarlas, luego se colocamos a estas una gota de ácido láctico en una placa petri durante 24 horas.
3. Posteriormente bajo un microscopio se procedió a cortar el cuello de las hembras con un bisturí y se apretó muy lentamente para conseguir que salga el contenido interno de las hembras (Figuras 5 C y D).
4. Luego se realizaron cortes en la parte media del cuerpo y mas cortes hasta obtener la región perineal en forma rectangular (Figuras 5 E y F) preparandose por lamina 10 cortes.
5. Finalmente, cada corte perineal se transfirió a una lámina porta objetos adicionándose una micro gota de glicerina, se tapó con el cubre objetos y rápidamente fue sellada con esmalte de uñas transparente. El portaobjetos fue rotulado con cada muestra.



**Figura 5:** Extracción de espécimen hembra de *Meloidogyne* sp. y corte del patrón perineal, para su identificación morfológica. A y B: Separación de masa de huevos de la hembra madura del nematodo, C y D: Corte a nivel de cabeza del espécimen hembra y eliminación del material contenido dentro del cuerpo, E y F: Ubicación del patrón perineal en la parte posterior del espécimen hembra y corte en forma rectangular con el patrón perineal en el centro. Fuente: (Vera, 2014).

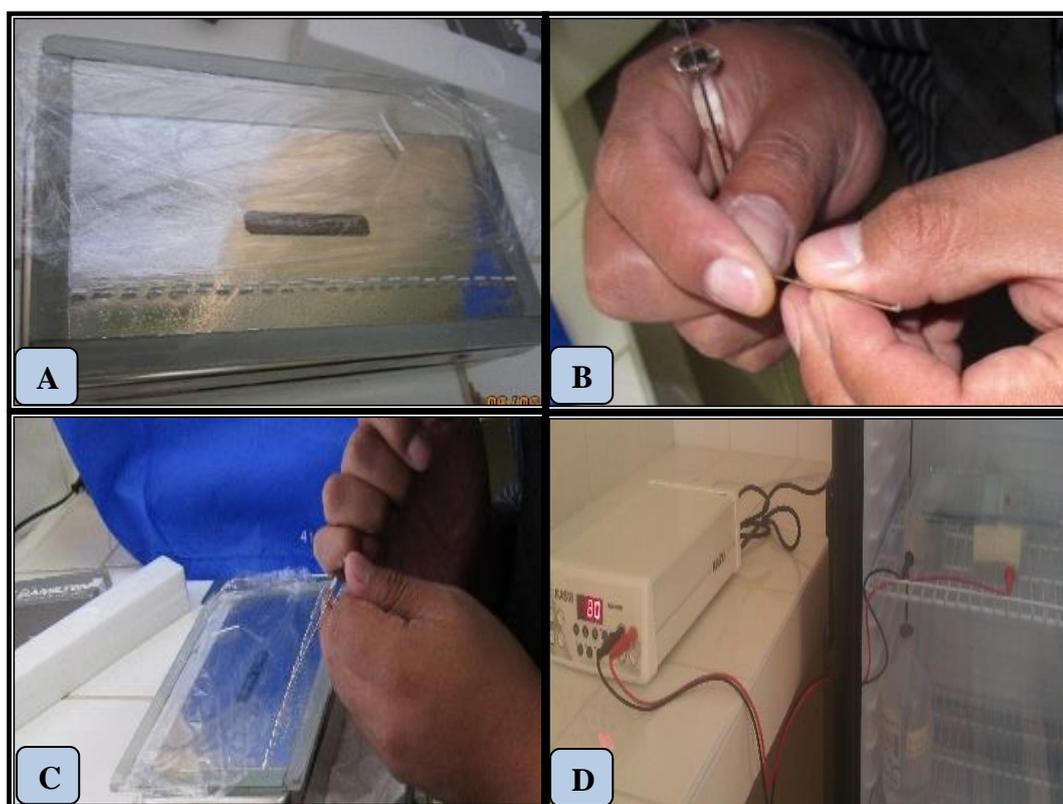
Posteriormente se aplicó otra técnica complementaria de identificación a través de la caracterización bioquímica de los individuos del género *Meloidogyne*. Esta técnica se desarrolló en el ambiente del Laboratorio de Entomología (Laboratorio de electroforesis) de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.

1. Se tomaron muestras de raíces de tomate con bastantes nodulaciones (Figura 6A), y con la ayuda del microscopio estereoscópico (Figura 6B), se extrajeron 20 hembras adultas de coloración blanca lechosa, con una aguja de punta fina (Figura 6C).
2. La masa de huevos del nematodo fue almacenada en micro tubos (ependorf) con contenido de solución salina al 0.1% e identificadas.
3. Las hembras adultas de *Meloidogyne* spp. se colocaron en tubos capilares y se conservó bajo hielo en una solución de 2-3  $\mu\text{L}$  del tampón de extracción (solución de sacarosa) (Figura 6D).



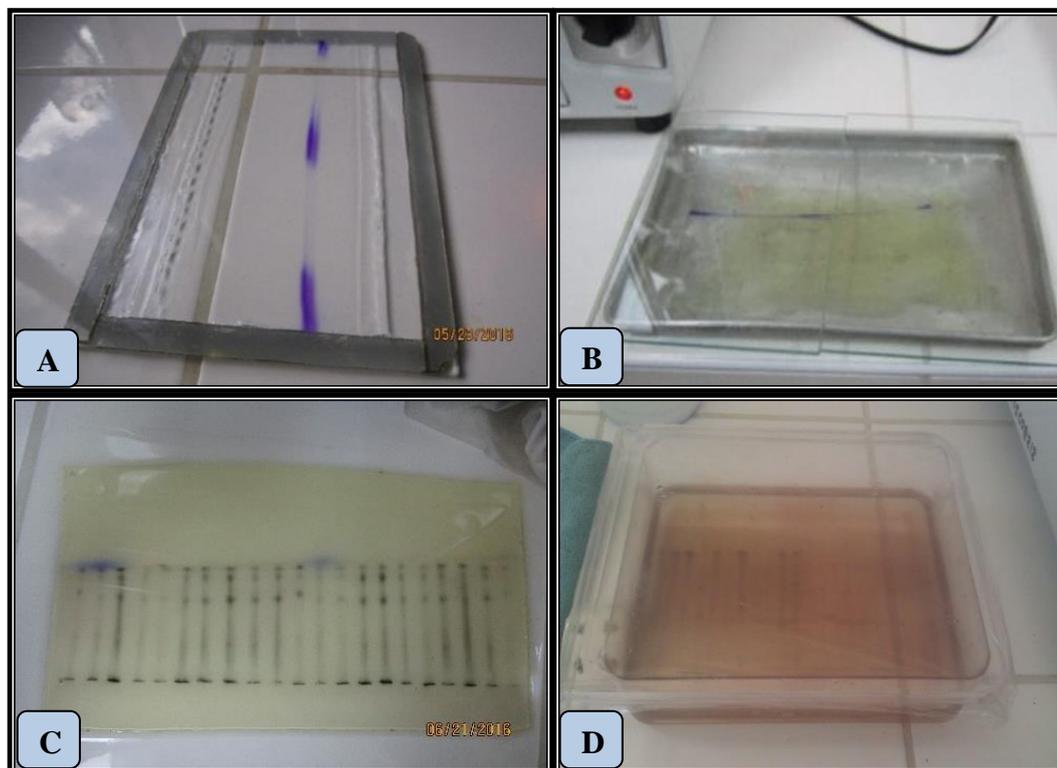
**Figura 6:** Procedimiento para seleccionar hembras adultas de *Meloidogyne* de raíces de tomate, desarrollado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. A) Raíces de con bastantes nodulaciones. B) Extracción de hembras en el Estereoscopio. C) Hembras adultas de coloración blanca lechosa. D) Almacenamiento de hembras adultas en tubos capilares.

4. Posteriormente se preparó el gel de poliacrilamida al 7% (11 x 18 cm, 1 mm de espesor). Se dejó unas horas para su gelificación y se marcó con un peine metálico (Figura 7A).
5. En seguida se comenzó a macerar las hembras individualmente (Figura 7B) para colocarlos con ayuda de una jeringa nematológica al papel filtro cualitativo (3 mm Whatman) puesto en el gel de poliacrilamida (Figura 7C).
6. Luego se depositó una gota de azul de bromofenol (0,01 %) en la primera, media y última muestra del respectivo gel.
7. Posteriormente de la aplicación de la muestra, el gel se colocó en una cuba a una fuente de 80 voltios, manteniéndose en refrigeración a 5°C (Carneiro y Almeida, 2001) (Figura 7D).



**Figura 7:** Proceso de electroforesis del género *Meloidogyne*. sobre el gel de poliacrilamida, ejecutado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. A) Gel de poliacrilamida en estado sólido. B) Macerado de las hembras de *Meloidogyne*. en el tubo capilar. C) Colocación de la concentración macerada con la jeringa nematológica sobre el papel whatman. D) Corrida de gel con muestras en cubas con una fuente de energía a 80V por 4 horas.

8. Después de la migración de 5 cm del azul de bromofenol (4 horas aproximadamente) (Figura 8A), la potencia se apagó.
9. El gel obtenido fue sometido a la enzima esterasa, para ello se utilizó una solución de 50 ml de tampón fosfato (50 mg de Fast Blue RR sal y 1,5 ml de  $\alpha$ -naftil acetato 1%) (Figura 8B).
10. Inmediatamente el material se llevó a la estufa por un tiempo de 20 a 30 minutos a 37 °C, hasta que las bandas esterásticas (oscuros) aparecieran sobre el fondo claro (Figura 8C).
11. Luego los geles se transfirieron a una solución que contenía 10% de ácido acético y una solución de alcohol metílico 40% durante 30 minutos (Figura 8D). Después de la fijación, los geles se colocaron entre dos hojas de papel de celofán y se dejó secar a temperatura ambiente.
12. Posteriormente se identificó la especie, mediante el cálculo de la movilidad relativa ( $R_m$ ) de cada banda polimórfica de la primera banda de *M. javanica* J3 (Esbenshade y Triantaphyllou, 1990).

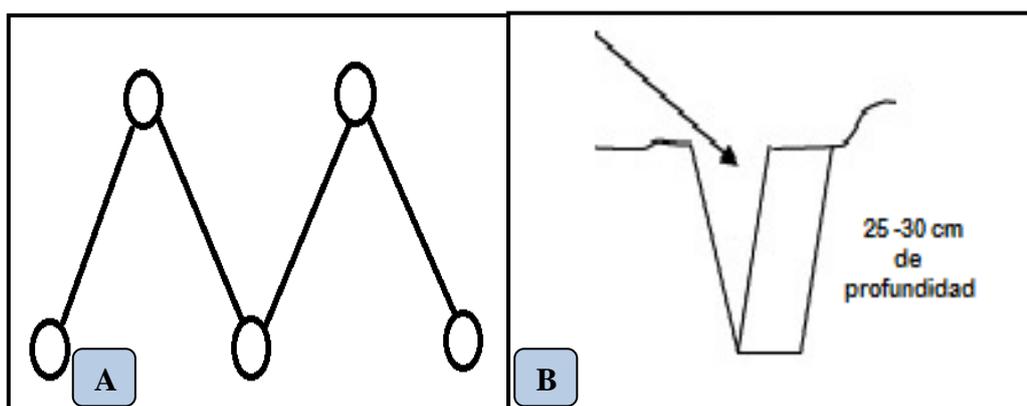


**Figura 8:** Revelado de las bandas esterásticas del gel de poliacrilamida en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. A) Migración de 5 cm de azul de bromofenol. B) Gel de poliacrilamida sometido a la enzima esterasa. C) Se observan las bandas esterásticas reveladas. D) Fijador para geles de poliacrilamida reveladas.

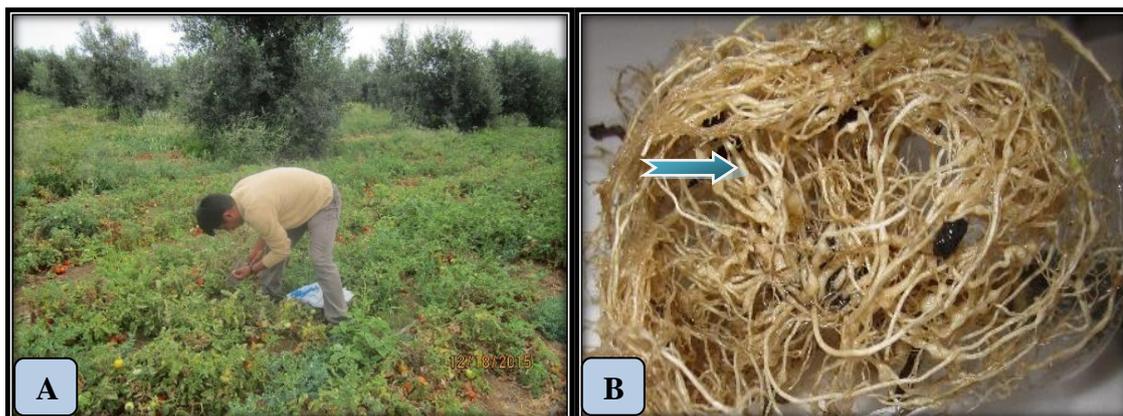
### 3.4.2. Para identificar los principales géneros de nematodos fitoparásitos en las diferentes áreas productoras de tomate en la región sur del Perú.

Se recolectó 95 muestras de las regiones Arequipa, Tacna y Puno. Comprendidos entre el mes de diciembre de 2015 a mayo de 2016. En la región de Arequipa se colectó: 25 muestras del distrito de El Pedregal, 5 en Cocachacra y 25 en Punta de Bombón. En la región Tacna se colectó: 10 en el distrito de la Yarada, 4 en Pocollay y 5 en Calana. En la región Puno: 6 en el distrito de San Gabán, 12 en Ayapata y 3 en Ollachea (Anexo: tabla 17, 18 y 19). Simultáneamente se realizó el llenado de la ficha de campo para cada área muestreada del productor. Para la colección de las muestras de suelo y/o raíces se realizaron los siguientes pasos:

1. Se tomaron los puntos de colecta mediante el muestreo en forma de zig-zag por cada área del cultivo de tomate (Figura 9A).
2. Se hizo una calicata a una profundidad de 25 a 30 cm en forma de V (Figura 9B) con la ayuda de un pico.
3. Se colectó por cada hectárea 5 submuestras, cada una de aproximadamente 500 a 700 g de suelo (Figura 10A) y de 100 a 200 g de raíces infestados con nodulaciones (Figura 10B).
4. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico previamente rotulados y posteriormente fueron llevadas al laboratorio.



**Figura 9:** Toma de muestras A) en forma de zig-zag y B) forma de la calicata en V.



**Figura 10:** Cultivo de tomate del distrito de la Yarada, región Tacna, 2015. A) Colecta de muestras de suelo. B) Raíces con nódulos de *Meloidogyne* del mismo sector.

Posteriormente para la determinación de nemátodos fitoparásitos se aplicó el método de fluctuación centrífuga con solución sacarosa para muestras de suelo planteado por (Jenkins, 1964). Esta etapa se desarrolló en el ambiente del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. A continuación, se detallan los siguientes pasos desarrollados:

1. Se separó 250 cm<sup>3</sup> de suelo a un balde vacío y se homogenizó completamente.
2. Se vertió 1 litro de agua para conseguir mezclar y a su vez destruir los terrones con el objeto de liberar a los nemátodos (Figura 11A).
3. Inmediatamente se echó la parte líquida por los tamices de 60 Mesh (0.42 mm de abertura), 100 Mesh (0.149 mm de abertura) y 400 Mesh (0.037 mm de abertura) (Figura 11B).
4. Posteriormente se procedió con el lavado de la muestra del tamiz de 400 Mesh, recolectándose aproximadamente 50 ml en vasos de plástico.
5. Se le añadió una cuchara de cal a la suspensión de 50 ml para separar la parte sedimentada de la parte líquida y posteriormente se trasladó a los tubos de centrifugación previamente homogenizado para no tener desbalance.
6. Luego se centrifugó por cinco minutos a una velocidad de 1,750 rpm.
7. Terminado la centrifugación se eliminó cuidadosamente el sobrenadante del tubo fálcon e inmediatamente se agregó la solución de sacarosa (500g de azúcar disuelta en 1 litro de agua) a cada tubo, con la cantidad necesaria y nuevamente se centrifugó durante un minuto a una velocidad de 1,750 rpm.

8. Luego se retiró los tubos de la centrifugadora y se vertió individualmente en el tamiz de 400, posteriormente se realizó el lavado con fuertes chorros de agua para eliminar la solución sacarosa. Finalmente se recolectó en un vaso precipitado cada muestra de manera individual para su posterior análisis en el estereoscopio.



**Figura 11:** Lavado de las muestras de suelo de tomate en el exterior del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, 2016. A) Homogenizado de muestra de suelo en 1 litro agua. B) Vertido de la mezcla sobre tamices de 60, 100 y 400 Mesh.

Para las muestras de raíces con nodulaciones se aplicó la técnica del licuado y centrifugación de las mismas (Ferraz *et al*, 1993).

1. Se lavaron las raíces cuidadosamente y se procedió a cortar en trozos de aproximadamente 1cm (Figura 12A).
2. Se introdujo 10 gramos de estas a una licuadora, adicionándose una solución de hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$  = agua sanitaria en concentración de 0.5 %) (Figura 12B).
3. Se procedió a licuar a una velocidad máxima durante 1 minuto (Figura 12C).
4. Pasado el tiempo, la raíz triturada se vertió en tres tamices de 60, 100 y 400 Mesh (Figura 12D).
5. Con fuertes chorros de agua se lavó para separar la solución de hipoclorito, y posteriormente con una piseta se transfirió la suspensión de nemátodos en un vaso becker de 50 ml.
6. Luego se depositaron a los tubos de centrifugación, realizándose el mismo procedimiento de fluctuación centrifuga con solución de sacarosa mencionado anteriormente.

7. Posteriormente, los nemátodos obtenidos mediante el método de fluctuación centrífuga en solución sacarosa, se transfirieron individualmente a láminas porta objetos con solución formalina al 4%.
8. Finalmente, se evaluó tres individuos entre juveniles y adultos de diferentes géneros de nemátodos, identificándolos según las características morfológicas y morfométricas (Tihohod, 2002) como: forma del cuerpo, forma de la cabeza, forma de la terminación de la cola, presencia o ausencia de anillos en la cutícula, tipo de estilete.
9. Las mediciones longitudinales del cuerpo y estilete, y las figuras mencionadas en lo resultados se realizaron bajo un microscopio electrónico de barrido en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil.



**Figura 12:** Procesamiento del licuado de raíces de tomate infestadas con *Meloidogyne* spp. en el ambiente del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, 2016. A) Cortado de las raíces en pequeños trozos. B) Adición de la solución de Hipoclorito de sodio a la licuadora. C) Licuado de raíces. D) Tamizaje del licuado.

### **3.4.3. Para determinar la variación de la densidad poblacional de los nemátodos fitoparásitos en las principales áreas de producción de tomate de la región sur del Perú.**

De las 95 muestras de suelo que fueron procesadas mediante del método de fluctuación centrífuga mencionado anteriormente. Cada muestra centrifugada fue llevada al microscopio en donde además de identificarse los géneros de nemátodos fitoparásitos y vida libre por su morfología, se contabilizaron el número de individuos/250 cm<sup>3</sup> de suelo con tres repeticiones para cada muestra (Anexo: Tabla 24, 25 y 26). Para observar la variación de la densidad poblacional se trabajó por distritos y por regiones. Posteriormente se realizaron los cálculos de la densidad poblacional para cada género identificado en número de individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Tabla 4). Cabe indicar que la evaluación de los procedimientos fue verificada constantemente por el asesor y fitopatólogo Dr. Sc. Israel Lima Medina.

### **3.4.4. Para verificar la resistencia y susceptibilidad de variedades de tomate al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en invernadero.**

La evaluación de la resistencia fue ejecutada del 09 de julio hasta el 03 de noviembre del año 2016, en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Los procedimientos ejecutados para este objetivo son los siguientes:

1. Inicialmente los suelos fueron esterilizados en un Autoclave a 120°C por dos horas para eliminar el material de patógenos y plantas espontaneas, así mismo se esterilizó abono orgánico y sustrato, y estos se añadieron en proporción de 1:3.
2. Cerca de 4 kilos del material combinado se llenaron en cada maceta de plástico.
3. Posteriormente se sembró nueve variedades de tomate en bandejas de germinación mantenidos bajo invernadero a  $20 \pm 5$  °C.
4. Cuando los almácigos llegaron a los 3 a 5 cm de altura (Figura 13A), se procedió a trasplantar una plántula por maceta.
5. Luego se procedió a inocular 5000 huevos + juvenil (J2)/planta con la especie *M. javanica* y de igual modo para la especie *M. incognita* (Figura 13B).

6. El testigo fue la cv. Rutgers por su alta susceptibilidad. Y los tratamientos se distribuyeron para cada variedad de tomate 6 repeticiones (Figura 13C).
7. La evaluación de los parámetros se realizó cuando las primeras plantas de tomate entraron en senescencia.
8. Se evaluó la altura de la planta desde la base del tallo hasta el apice de la inflorescencia con la ayuda de una cinta métrica (medidas en cm).
9. El peso de la parte aérea y el peso de la raíz fueron pesadas en una balanza comercial, para lo cual la parte aérea se cortó y la raíz se lavó en una bandeja con agua, ambos en estado fresco (Figura 13D). También se contabilizó el número de frutos de cada planta y así mismo el número de nódulos causados por el nemátodo del nódulo de la raíz por planta (Anexo: tabla 30 y 31).
10. Para el contéo del número de huevos y juveniles, se procedió a licuar la raíz de cada planta de tomate a velocidad máxima por 1 minuto añadiéndose una solución de hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$  = agua sanitaria en concentración de 0.5 %), y luego se pasaron por los tamices 60, 100 y 400 Mesh. La muestra tamizada se llevó al laboratorio en un vaso becker y se realizó el contaje con la ayuda de la lámina de petterson milimetrada.



**Figura 13:** Proceso para evaluar resistencia de variedades de tomate frente al nematodo *Meloidogyne* en Invernadero del Megalaboratorio, 2016. A) Almácigos de nueve variedades de tomate. B) Inoculación con huevos y juveniles de *M. javanica* y *M. incognita* sobre los almácigos de tomate. C) Variedades de tomate en estado de floración bajo invernadero. D) Evaluación paramétrica de las nueve variedades de tomate.

### 3.4.5. Método Estadístico (Análisis de datos)

El método de investigación fue de manera cualitativa y cuantitativa. Para calcular la variación de la densidad poblacional de los nematodos fitoparasitos se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis a un nivel de significancia de (0,05), ya que los datos no se ajustan a los criterios paramétricos como la ANOVA. Estos datos fueron procesados en el programa IBM SPSS Statistics versión 23. Para el cuarto objetivo el diseño experimental que se utilizó fue DBCA con 6 repeticiones, los datos de número de nódulos y los FR fueron sometidos a un Análisis de Varianza ANDEVA, siendo las medias de los tratamientos comparados entre sí por la prueba de agrupamiento (Scott y Knott, 1974) a 5% de probabilidad, utilizando el software estadístico SASM-Agri (Canteri *et al.*, 2001). Para el cálculo del factor de reproducción se utilizó la siguiente fórmula ( $FR = \text{población final} / \text{población inicial}$ ), donde  $FR=0$  es inmune;  $FR < 1,00$  es resistente y  $FR > 1,00$  es susceptible (Oostenbrink, 1966).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

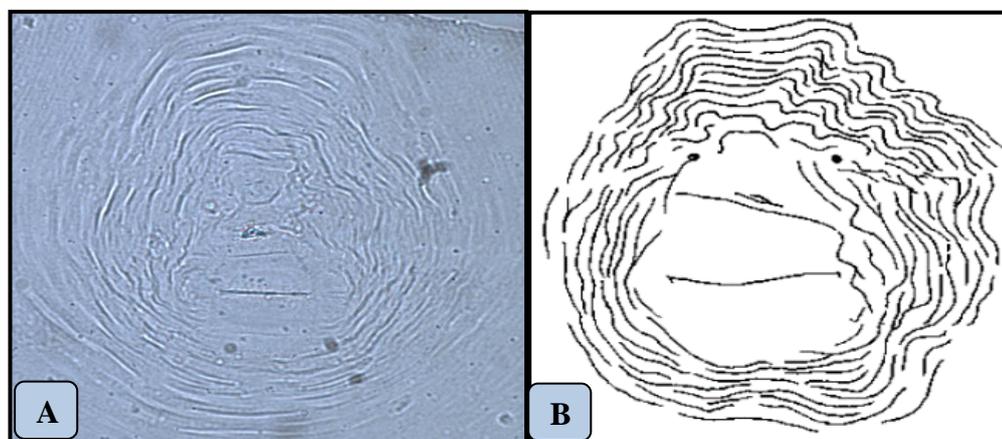
##### 4.1. Identificación de las especies del género *Meloidogyne* en las áreas productoras de tomate en la región sur del Perú.

Para cumplir con este objetivo se procedió a recolectar muestras de raíces del cultivo de tomate que presentaron una buena cantidad de nodulaciones. De estas raíces infectadas se seleccionó a las hembras maduras de coloración blanca lechosa para realizar la práctica de cortes perineales y la identificación a nivel molecular para este género *Meloidogyne* que se describen a continuación.

##### 4.1.1. Identificación de las especies del género *Meloidogyne* a través del patrón perineal.

Una vez que se obtuvieron diversas poblaciones de *Meloidogyne* spp. en las áreas de producción de tomate de las tres regiones en estudio, se procedieron a identificar a nivel de especies.

Lograndose identificar a la especie *M. incognita* en las muestras de raíz del cultivo de tomate en el distrito de la Yarada, provincia de Tacna, región Tacna. Observandose, el patrón perineal que muestra un arco dorsal alto en forma cuadrada, con diferentes estrías onduladas, una zona vulvar bastante liza y no se observa las líneas laterales (Figura 14A). Características que se constrostan con la clave y descripciones de (Shurtleff y Averre, 2000; Vergel *et al.*, 2000). Comprobandose de tal forma, que son características propias de la especie *M. incognita* (Figura 14B).



**Figura 14:** Patrón perineal de *M. incognita*. A) Corte perineal (elaboración propia), realizado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. B) Clave de patrón perineal para comparación, obtenida de (Luc *et al.*, 2005).

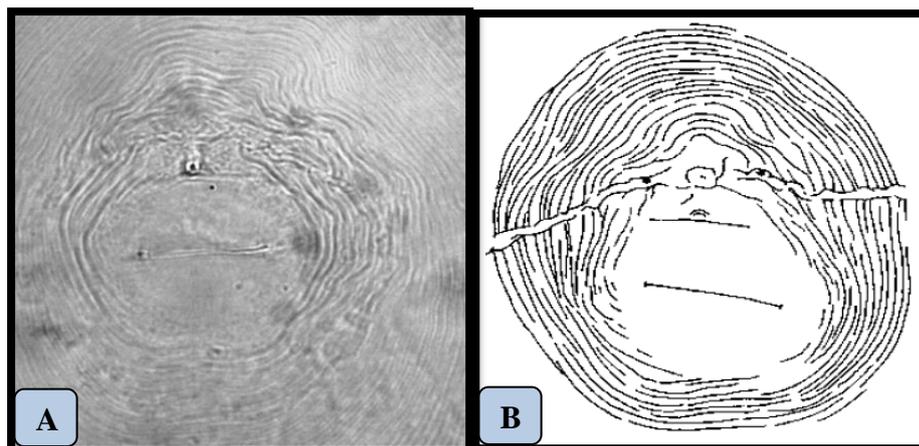
Tomandose en cuenta las experiencias de los investigadores como Taylor y Sasser (1983); Shurtleff y Averre (2000), quienes indican que la practica de corte perineal es una técnica basica para realizar la identificación de especies del género *Meloidogyne*.

A si mismo Kaur *et al.* (2016); Bastidas *et al.* (2004), mencionan que el patrón perineal de *M. incognita* tiene arco dorsal alto y estrías bifurcadas, sin líneas laterales. Además, Escobar (2006), afirma que esta especie presenta el arco dorsal alto y cuadrado, con ausencia de líneas laterales, espacio lateral cubierto por estrías con quiebres y bifurcaciones, y también refiere que las estrías son lisas a onduladas, a veces, en zig-zag y algunos están plegados hacia los extremos de la vulva. Descripciones que coinciden con las características encontradas en el corte perineal practicado para esta especie.

Similarmente se identificó a la especie *M. javanica* en las muestras de raíz de tomate provenientes de los distritos de Ayapata y Ollachea, provincia de Carabaya, región Puno, a si mismo es la misma especie *M. javanica* que se encontró en el distrito de Pedregal, provincia de Caylloma, región Arequipa.

Siendo la principal característica para identificar a esta especie, la línea lateral que separa las estrías dorsales de las ventrales, esta línea lateral cubre el ancho del patrón y llega hasta el extremo de la cola. Respecto al arco dorsal en esta especie, la parte inferior es redonda y la parte superior es cuadrada, y varia de redondeado ha aplanado.

Asi mismo tiene otras particularidades como poseer un círculo en el sitio extremo de la cola, y en cuanto a las estrías que son bastante lisas, algunas son onduladas y otras que están plegadas en los extremos de la vulva. Cabe resaltar que son pocas estrías o a veces ninguna que cruzan las líneas laterales del patrón perineal (Figura 15A). Estas características se contrastaron con la clave del patron perineal para *M. javanica* propuesto por (Luc *et al.*, 2005) (Figura 15B).



**Figura 15:** Patrón perineal de *M. javanica*. A) Corte perineal (elaboración propia) realizado en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, 2016. B) Clave de patrón perineal para comparación, obtenida de (Luc *et al.*, 2005).

Las características descritas del corte perineal practicado para *M. javanica* fueron corroboradas con otras fuentes e investigaciones realizadas por (Escobar, 2006; Perry y Moens, 2006; Taylor y Sasser, 1983).

Del mismo modo Souza (2008); Kaur (2016), ratifican que *M. javanica* es la especie con la característica típica de poseer incisiones definidas en las líneas laterales que dividen las estrías en sectores dorsal y ventral. Sin embargo, Carneiro *et al.* (2000), señala que el patrón perineal puede ser útil para identificar la mayoría de especies del genero *Meloidogyne*, pero no para distinguir la especie *M. incognita* de *M. paranaensis*, por ello se debe recurrir a otra técnica de identificación a nivel molecular como la electroforesis de isoenzimas.

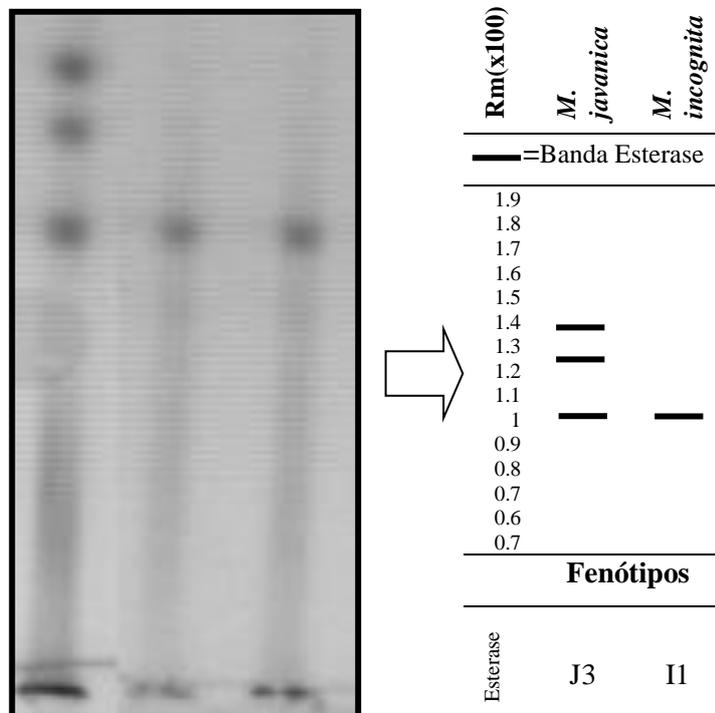
Apoyando a esta información Siddiqi (2000), explica que la identificación morfológica no logra ser exacta, ya que existen variaciones morfológicas intraespecíficas que se ven influenciadas por las condiciones geográficas y ecológicas. Motivo por el cual se practicó la identificación bioquímica a través de la tecnica de electroforesis de isoenzimas para estas poblaciones halladas en cultivo de tomate.

**4.1.2. Identificación de las especies del género *Meloidogyne* a través del análisis de isoenzimas.**

Las hembras maduras de coloración blanca lechosa, se sometieron a un análisis isoenzimático con la enzima esterase sobre el gel de poliacrilamida y posteriormente las bandas fenotípicas que se revelaron se comparó con el padrón (*M. javanica* esterase J3). Lograndose identificar a dos especies dentro del género *Meloidogyne* en la región sur del Perú:

En la región Tacna, se identificó a la especie *M. incognita*, presentando una banda fenotípica esterase II (Rm 1.0) a la misma recta de la tercera banda del padrón (*M. javanica* esterase J3) de la tabla 1, con 100% de pureza de la población (Figura 16). Presentandose en el 40% de las muestras que pertenecen al distrito de la Yarada en los sectores llamados Los Palos y Pinos de la región Tacna.

**Tabla 1:** Movimiento relativo del fenotipo esterase (II).



**Figura 16:** Bandas fenotipos de *M. incognita* Est. II en el distrito de la Yarada, región Tacna, 2016.

Fuente: Esbenschade y Triantaphyllou, (1990).

Las bandas fenotipos (Figura 16) fueron comparadas con la tabla 1 de Esbenshade y Triantaphyllou (1990), refiriendo que la banda esterástica para *M. incognita* se ubica a la misma altura de la tercera banda esterastica del padrón, e informa asu vez que esta técnica electroforética con izoensimas es precisa en un 98% para *M. incognita*. Asi mismo Carneiro *et al.* (2000), menciona que esta técnica es confiable para caracterizar e identificar cuatro especies principales, dentro de ella *M. javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. hapla*.

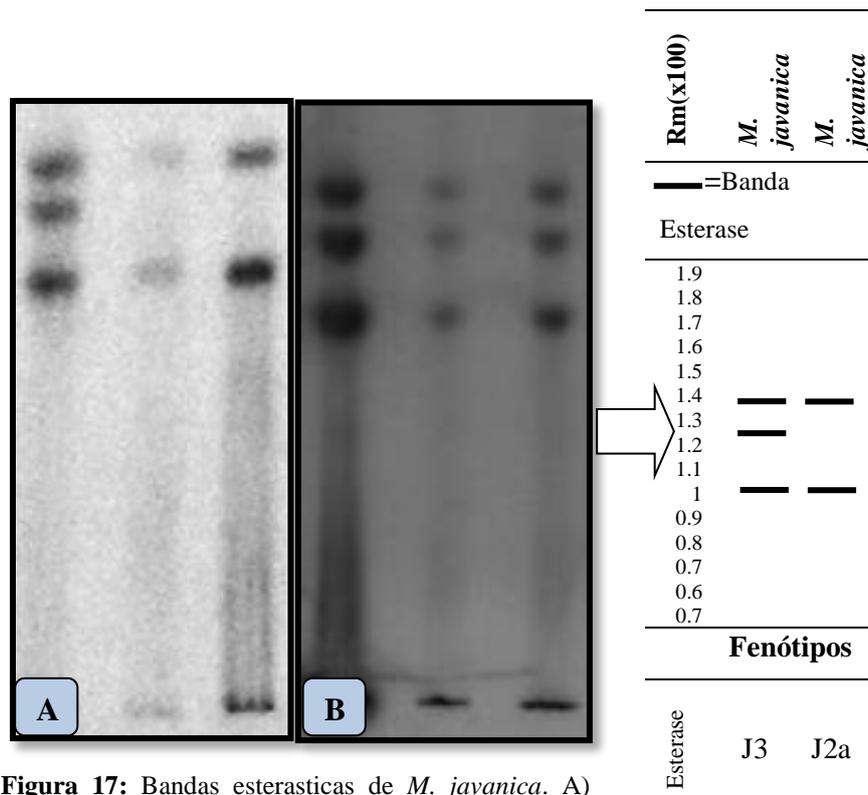
De igual modo otros investigadores como Lugo *et al.* (2005), identificaron a *M. incognita* con el uso de patrones isoenzimaticos esterasa (EST) I1, en muestras de tomate en el Estado Falcón, Venezuela. Como también Carneiro *et al.* (2006), en Sao Paulo, Brasil, detectó por primera vez a *M. mayaguensis* parasitando en tomate resistente a *Meloidogyne*, revelado con la enzima esterasa (Est M2) con dos bandas principales (Rm: 0.7 y 0.9) y dos bandas secundarias (Rm: 0.75, 0.9).

Sin embargo, en esta investigación no se encontró a la especie *M. mayaguensis* en los cultivos de tomate de la region sur del Perú. Contrariamente, Rodríguez *et al.* (2007), indica que esta especie se encuentra en poblaciones concomitantes junto a *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*. Mientras que Mayorga y Jatala (1993), al caracterizar a *M. incognita* encontraron mayor presencia de bandas estarásticas acentuadas con Rf 0.29, 0.32, 0.47 y 0.52 mediante la técnica de electroforesis en geles de porosidad homogenea HOMO 7,5% y recomienda trabajar con mas cantidad de muestras. Cabe destacar que la especie *M. incognita* se distribuye y prevalece en condiciones ambientales variadas, más frecuentemente en cultivos de tomate ubicados en zona de clima calido (Jaramillo *et al.*, 2014).

En la región Arequipa, se identificó a la especie *M. javanica* Est J2a (Rm 1.00, 1.36.), con 100% de pureza (Figura 17A). Comparandose previamente con el padrón *M. javanica* de la Tabla 2 coincide con la posición de dos bandas superior e inferior. Esta especie se presenció en solo una muestra del sector E-8 parcela 41, del distrito de El Pedregal, representando el 9.1 % para la región Arequipa.

En la región Puno, se identificó a la especie *M. javanica* Est. J3 (Rm 1.00, 1.24, 1.36) con una pureza del 100% (Figura 17B), la posición de las bandas esterasticas es idéntica al padrón *M. javanica* esterase J3 (Rm 1.00, 1.24, 1.36) de la tabla 2. Las muestras de raíz procedieron del distrito de San Gabán (sector Casahuire), Ayapata (sector Tabinapampa) y Ollachea (sector Chintuni). Presenciándose en el 50% de las muestras para la región Puno.

**Tabla 2:** Movimiento relativo del fenotipo esterase (J3)



**Figura 17:** Bandas esterasticas de *M. javanica*. A) Est. J2a en el distrito de El Pedregal, región Arequipa, 2016. B) Est. J3 en los distritos de San Gabán, Ollachea y Ayapata de la región Puno, 2016.

Fuente: Esbenshade y Triantaphyllou, (1990).

Otros autores como Castro *et al.* (2003), observaron 78 poblaciones de *Meloidogyne* spp. provenientes de las regiones brasileras productoras de soja, en donde aparecen *M. javanica* Est J2a como fenotipo de esterase atípico y *Meloidogyne* spp. Est S1. Semejante a las poblaciones de *Meloidogyne* spp. hallados en esta investigación. Por otro lado, Castillo *et al.* (2003), identificó a *M. baetica* mediante el uso de la enzima esterase, tomando como padrón a *M. javanica*. Asi como Martínez *et al.* (2015), encontró a *M. enterolobii* en tomate. Entretanto en la investigación no se encontró a *M. arenaria*, *M. enterolobii* y *M. hapla* en cultivos de tomate en la región sur del Perú.

Se encontró en mayor amplitud de área a la especie *M. javanica* ya que se distribuye con mas frecuencia en cultivos de tomate ubicados en zonas de clima frio moderado como es el caso de la región Puno y Arequipa (Jaramillo, 2014).

Otro investigador como Cantuña (2013), detectó a cuatro especies principales *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* en suelos agrícolas destinados al cultivo de tomate mediante la técnica bioquímica de PCR (gen 16D10). Que tambien es una técnica molecular de precisión para identificar a las especies del género *Meloidogyne*.

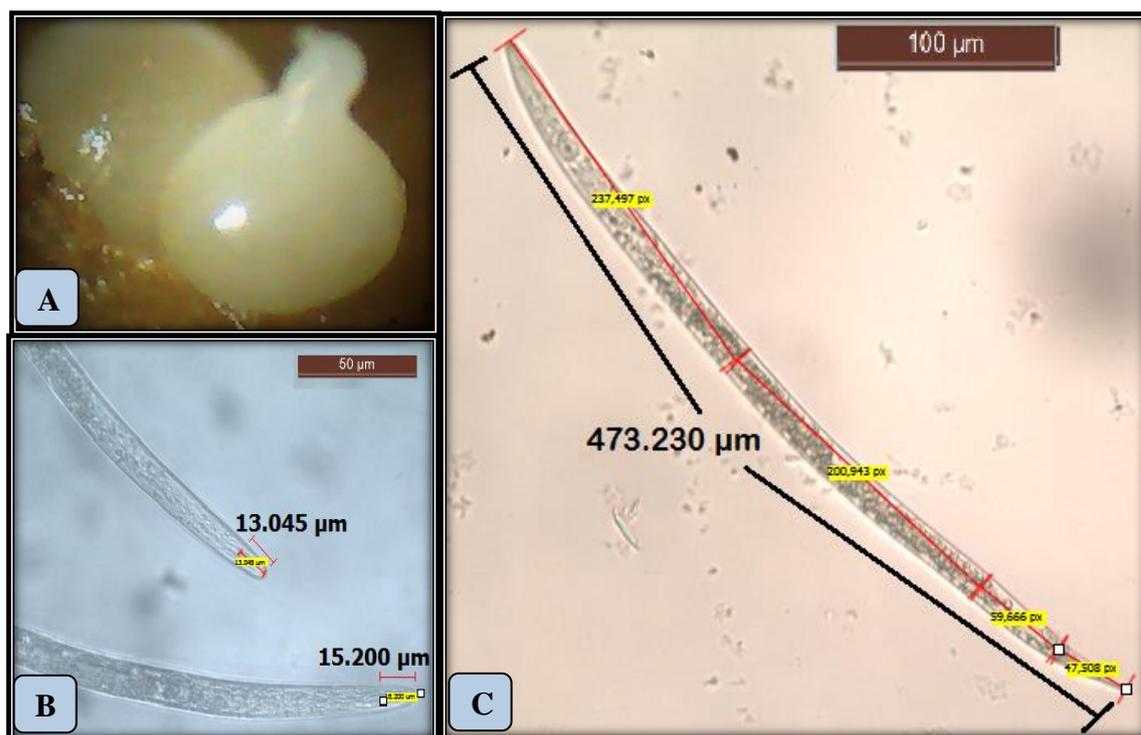
#### **4.2. Géneros de nemátodos fitoparásitos en las principales áreas productoras de tomate de la región sur del Perú.**

Se identificó siete géneros de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de tomate en la región sur del Perú: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp. y nemátodos de vida libre con valores de 142.7, 4, 53.8, 1.8, 8.7, 2.7, 2.2 y 120.1 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente (Tabla 4), y con una incidencia de 35.8, 5.3, 51.6, 2.1, 14.7, 8.4, 30.5 y 87.4 % respectivamente (Tabla 3).

A continuación, se describen las características morfológicas y morfométricas para cada género identificado:

##### **4.2.1. Género *Meloidogyne*.**

El estado adulto de la hembra presentó un cuerpo en forma de pera (piriforme) sin protuberancias en la parte posterior, y en la parte anterior presentó un cuello alargado (cabeza) (Figura 18A). El cuerpo del estado juvenil alcanza una longitud promedio de 473.230  $\mu\text{m}$  (Figura 18C), y el estilete en promedio mide de 13.045 a 15.200  $\mu\text{m}$  (Figura 18B), la parte posterior del estado juvenil presenta una forma conoide con una punta estrecha y redondeada.



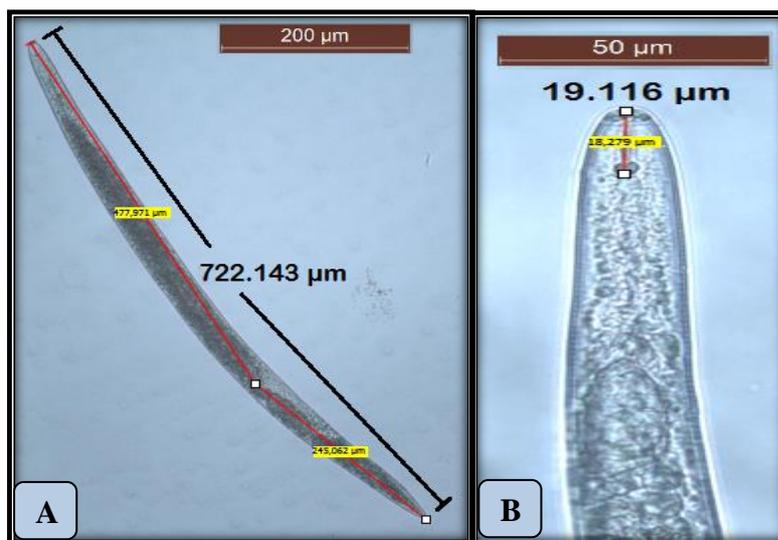
**Figura 18:** Biometría del género *Meloidogyne*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Hembra adulta de coloración blanquesina. B) Longitud de estilete del estado juvenil J2. C) Longitud de cuerpo del estado juvenil del género *Meloidogyne*.

La longitud del cuerpo del estado juvenil de *Meloidogyne* se ratifica con lo mencionado por (Luc *et al.*, 2005) quienes reportan medidas alrededor de 450  $\mu\text{m}$  para los estados juveniles J2 de *Meloidogyne*. Así mismo otros autores como Perry y Moens (2006), confirman las características descritas para *Meloidogyne* en este estudio, ya que indican que el J2 de *Meloidogyne* presenta forma vermiforme con una terminación conoide redondeada y punta estrecha en la cola; además mencionan que la longitud del cuerpo se encuentra entre 250 y 600  $\mu\text{m}$ , con un largo del estilete que mide entre 9 y 16  $\mu\text{m}$ .

También otros investigadores como Musdagi y Gozel (2015); Eisenback *et al.* (1983); Agrios (2011), mencionan que el estado adulto del cuerpo de la hembra siempre presentara forma arredondeada, de coloración blanquesina con un cuello alargado y sobresaliente, lo que se confirma en esta investigación. Por otro lado, Flores (2017), encontró a *Meloidogyne* con una longitud del cuerpo de 364.48  $\mu\text{m}$ , medida que se ubica por debajo de lo demostrado en esta investigación, porque el ámbito de estudio donde muestreo dicho autor no fue favorable para este género ya que presentó temperaturas entre 1.7 y 18.1°C.

#### 4.2.2. Género *Pratylenchus*.

Presenta el cuerpo de forma vermiforme cilindroide con una cola redondeada, que alcanza una longitud promedio de 722.143  $\mu\text{m}$  (Figura 19A). A si mismo presenta la cabeza de forma roma, con una región labial baja y esclerotizada, un bulbo basal bien desarrollado y notorio, con un estilete fuerte y necrosado que tiene una longitud promedio de 19.116  $\mu\text{m}$  (Figura 19B).



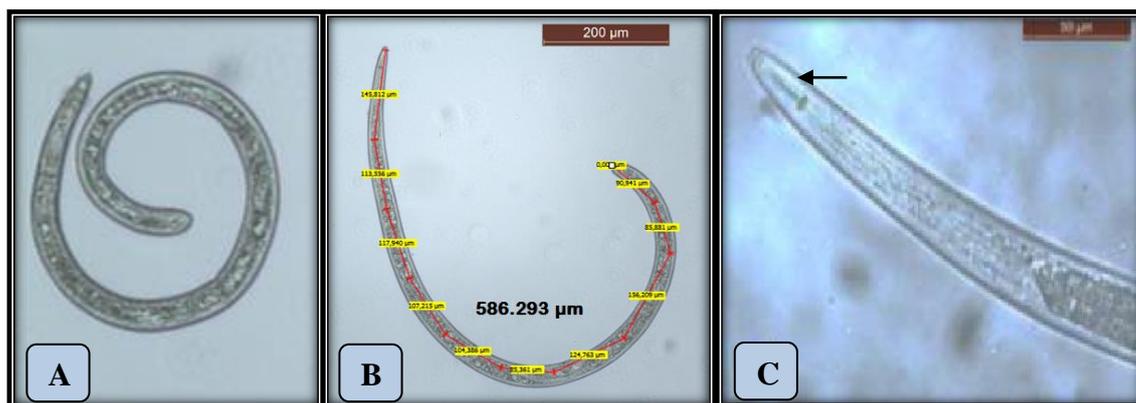
**Figura 19:** Biometría del género *Pratylenchus*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud de cuerpo del estado juvenil. B). Longitud de estilete del estado juvenil.

Estos resultados obtenidos de la biometría para *Pratylenchus*, son muy similares con lo que menciona (Agrios, 2011).

Asi mismo otros autores como Perry y Moens (2006); Luc *et al.* (2005), refieren que *Pratylenchus* presenta una longitud promedio del cuerpo de 900  $\mu\text{m}$ , medidas mayores a la nuestra; muestran también un estilete casi esclerotizada que mide aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  de longitud, muy próximo a la medida de estilete identificado en esta investigación. Asi mismo en la investigación realizada por Flores (2017), en cultivo de papa, se observa que el género *Pratylenchus* tiene medidas menores a lo reportado en este trabajo, ya que el cuerpo de la hembra en promedio alcanza una longitud de 682.555  $\mu\text{m}$  y con un estilete de 18.729  $\mu\text{m}$ .

#### 4.2.3. Género *Helicotylenchus*.

El cuerpo de este nematodo es de forma de espiral o enrollado (Figura 20A); muestra una estructura cefálica bien desarrollada y la región de la cabeza bien cónica y redondeada, un estilete robusto (Figura 20C), un bulbo medio redondeado y una longitud promedio del cuerpo de 586.293  $\mu\text{m}$  (Figura 20B). En la parte anterior del cuerpo del nematodo presenta una cola curvada dorsalmente.

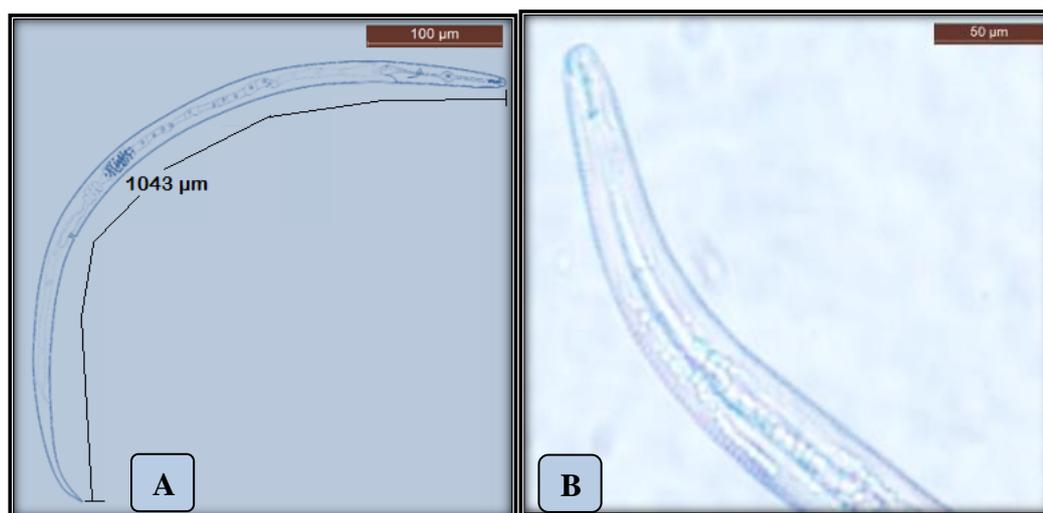


**Figura 20:** Biometría del género *Helicotylenchus*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Forma del cuerpo. B) Longitud de cuerpo del estado juvenil. C) Estilete del estado juvenil.

Informaciones que son mencionadas también por Perry y Moens (2006); Luc *et al.* (2005); Handoo (1998), quienes indican que el cuerpo de *Helicotylenchus* puede llegar a medir entre 400 y 1200  $\mu\text{m}$ , y que además presentan características como poseer una cabeza redondeada, con estilete robusto de aproximadamente 3 a 4 veces que el ancho de la región cefálica y su forma típica de encontrarse enrollado de forma espiral o algunas veces arqueado. Por otro lado, Guzmán *et al.* (2016), encontró a la especie *H. dihystra* con una longitud total del cuerpo de 670  $\mu\text{m}$  en individuos hembras; resultados que son mayores concernientes a la investigación. En cambio, las medidas determinadas en este estudio se aproximan a las medidas que determinó Flores (2017), al hallar una longitud promedio del cuerpo de 549.265  $\mu\text{m}$  para este género.

#### 4.2.4. Género *Tylenchus*

Los individuos de este género son delgados, que al morir tienen la forma recta o ligeramente curvada que llega a medir en promedio 1043  $\mu\text{m}$  (Figura 21A). El estilete presenta pequeñas perillas basales (Figura 21B). El esófago tiene un bulbo muscular medio. La cola es larga de forma conoide con terminación en punta de lápiz.



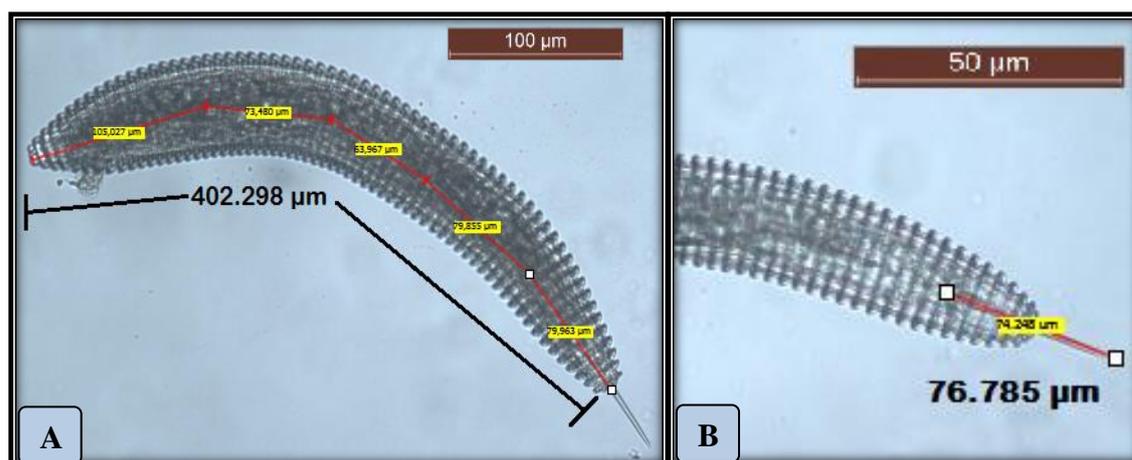
**Figura 21:** Biometría del género *Tylenchus*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud y forma del cuerpo. B) Estilete del estado juvenil.

Estas características son corroboradas por Torres (2016); Luc *et al.* (2005), quienes resaltan que los individuos de este género tienen una longitud entre 1000 y 1200  $\mu\text{m}$ . Cabe resaltar que en las muestras de suelo se observaron muy pocos especímenes de este género.

Del mismo modo, SENASICA (2013), mencionan que las hembras del género *Tylenchus* alcanzan una longitud de 1000-1300  $\mu\text{m}$  y un estilete de 10 a 13  $\mu\text{m}$ , resaltando que al morir el cuerpo adopta una posición casi recta en la presencia de calor, característica que nos permitió reconocer fácilmente a este espécimen.

#### 4.2.5. Género *Mesocriconema*.

Este nematodo presenta una cutícula gruesa con una gran cantidad de anillos distribuidos en todo el cuerpo, siendo esta una característica típica de la especie, también se visualiza un cuerpo corto con una longitud promedio de 402.298  $\mu\text{m}$  y notoriamente robusto y fuerte, observándose también la terminación de la cola en forma cónica (Figura 22A). Así mismo el género *Mesocriconema* muestra una longitud promedio del estilete de 76.785  $\mu\text{m}$  (Figura 22B).



**Figura 22:** Biometría del género *Mesocriconema*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud corporal del estado juvenil. B) Longitud del estilete.

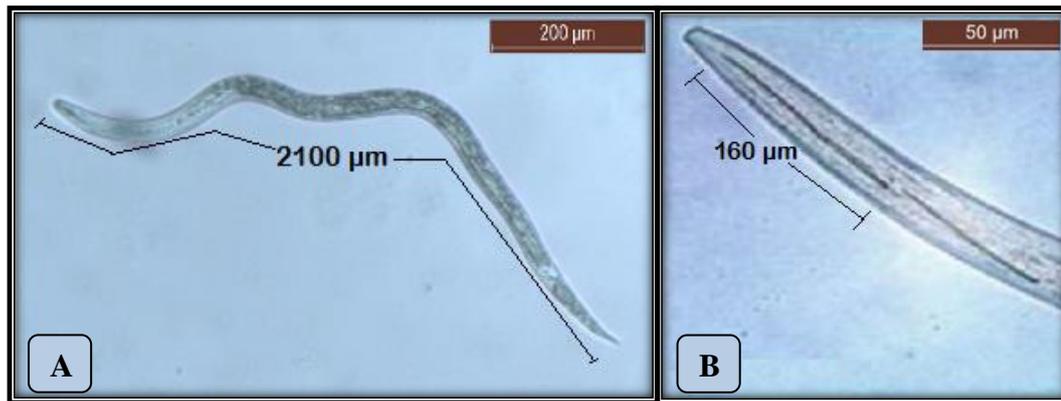
Estos rasgos son corroborados por Luc *et al.* (2005); MAG (2003), quienes refieren que el cuerpo de la hembra de este género llega a medir entre 0.2-1 mm y que esta provista de 42-200 prominentes anillos, y que tienen la característica de ser robusta, ligeramente curvado, parte posterior redondeada, terminación de la cola cónica; en cambio los individuos machos tienen un cuerpo esbelto y corto, con el extremo anterior redondeado.

Por otro lado, en la investigación realizada por Flores (2017), muestra individuos del género *Mesocriconema* con una longitud del cuerpo mayor a nuestros resultados de 495.066 µm y un estilete con una longitud similar de 74.248 µm.

Mientras que Tihohod (2000), informa que la longitud del estilete se encuentra en rangos de 59-65 µm, valores numéricos que son menores en relación a las medidas observadas en este estudio.

#### 4.2.6. Género *Xiphinema*.

Los individuos de este género presentan el cuerpo de forma vermiforme, delgado, bastante largo, y una típica forma de daga o lanza, llegando a medir en promedio 2100 µm (Figura 23A); también muestra un estilete muy largo de 160 µm (Figura 23B), bulbo glandular corto y una cola filiforme largo.

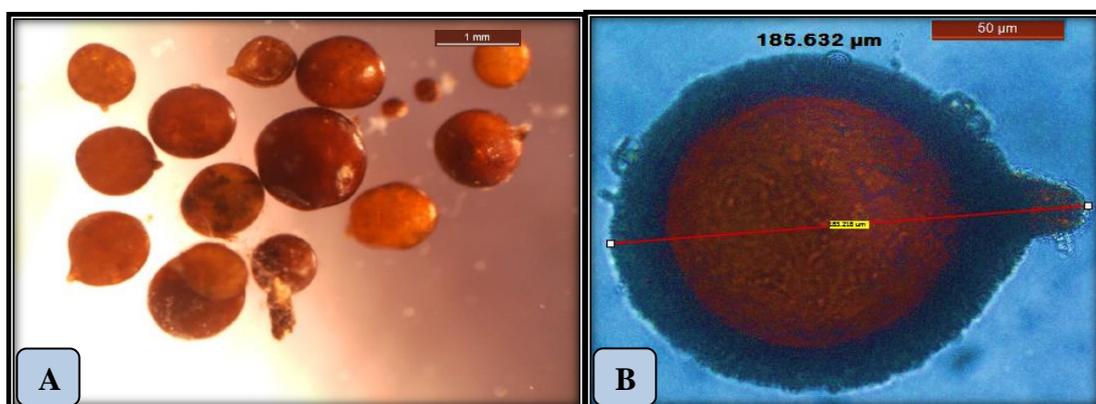


**Figura 23:** Biometría del género *Xiphinema*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Longitud del cuerpo. B) Longitud del estilete.

Estas características morfométricas son corroboradas por el autor Luc *et al.* (2005), quienes indican que la longitud del cuerpo varía de 1300 a 5000 µm y la longitud del estilete varía de 60 a 250 µm, rango en el que se ubican las medidas mencionadas en este estudio. Así también Perry y Moens (2006); Ferris (1999), afirman que la longitud del cuerpo varía de 1200 a 7300 µm, y el estilete alcanza longitudes mayores a 150 µm, y que además presentan un cuerpo muy largo de forma recta a espiral.

#### 4.2.7. Género *Globodera*

Este nematodo presenta el cuerpo de forma globosa, con un cuello corto sin cono terminal y una cutícula gruesa, estos quistes de coloración marrón guardan en su interior una inmensa cantidad de huevos, ya que es su forma de sobrevivencia y se encontraron agrupadas entre sí (Figura 24A), y muestra en promedio una medida longitudinal del cuerpo de 185.632 µm (Figura 24B).

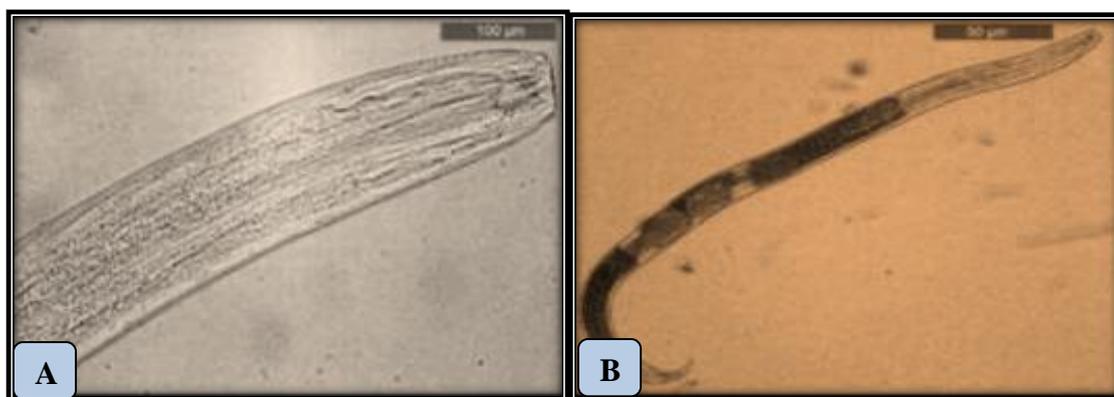


**Figura 24:** Género *Globodera*, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Forma del cuerpo. B) Longitud del cuerpo del quiste.

De manera similar en una investigación realizada por Flores (2017), encontró individuos con una longitud del cuerpo de 183  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, otros autores como Perry y Moens (2006); SENASICA (2013), indican que *Globodera* presenta una longitud del cuerpo que varía de 450 a 1000  $\mu\text{m}$ , así mismo Ravichandra (2014), muestra una medida promedio del cuerpo de 680  $\mu\text{m}$ ; medidas morfométricas superiores respecto a la longitud del cuerpo mencionada en este estudio. La medida menor que fue encontrada en esta investigación está relacionada a la competencia interespecífica que hubo por la presencia de diferentes nemátodos fitoparásitos y de vida libre.

#### 4.2.8. Nematodo de vida libre.

Dentro de las observaciones de nemátodos fitoparásitos aparecieron también un grupo de nemátodos de vida libre con formas y tamaños diferentes. Presentando el cuerpo largo, de forma cilíndrica, revestida por una cutícula gruesa (Figura 25A), estoma en forma de cilindro y principalmente cuentan con un odontóforo en lugar de un estilete a excepción de otras especies que poseen un odontoestilete con una cavidad bucal esclerosada (Figura 25B).



**Figura 25:** Nemátodos de vida libre, realizado en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado/Brasil, 2016. A) Cavidad bucal esclerotizada. B) Forma del cuerpo.

De igual modo investigadores como Lara *et al.* (2003), mencionan que estos nemátodos de vida libre tienen el cuerpo largo que miden aproximadamente de 1000 a 2500  $\mu\text{m}$  de largo. Así mismo Hickman *et al.* (1998); Tihohod (2000), confirman que estos organismos no poseen un estilete si no un odontoestilete, y que el cuerpo tiene la forma cilíndrica y a veces redonda.

#### 4.3. Variación de la densidad poblacional de nemátodos fitoparásitos en las principales áreas de producción de tomate de la región sur del Perú.

Se colectaron y analizaron muestras de suelo provenientes del cultivo de tomate de la región sur del Perú. Identificándose 7 géneros de nemátodos fitoparásitos: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp. y nemátodos de vida libre en mayor porcentaje (Tabla 3).

Cabe mencionar que en la región Arequipa se observó mayor diversidad de géneros seguido de la región Puno y Tacna, presentando 7, 6 y 5 géneros de nemátodos fitoparásitos respectivamente.

Así mismo *Meloidogyne* se mostró en la mayoría de las parcelas y con mayor densidad poblacional de 782 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en la región Tacna (sector la Yarada); entre 367 y 221 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en los distritos de la región Puno, y en la región Arequipa se encontraron en rangos menores a 38.7 individuos. Seguidamente el género *Helicotylenchus* se observó en todas las muestras con poblaciones entre 36 y 180 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Tabla 3), a su vez presentaron incidencias altas.

Los nemátodos de vida libre se verificaron en todas las áreas con poblaciones por encima de 81.3 individuos y debajo de 181 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo. En tanto los géneros *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Mesocriconema* y *Xiphinema* se ubican por debajo de 35 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo. A excepción de *Globodera* que se halló en los distritos de la región Puno con poblaciones de 5.9 a 11.4 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo con un 100% de incidencia en los distritos de Ayapata y Ollachea. A su mismo cabe destacar que el género *Tylenchus* solo se presentó en el distrito de Cocachacra de la región Arequipa con una incidencia del 40% (Tabla 3).

**Tabla 3:** Incidencia de nemátodos fitoparásitos (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp.) y nemátodos de vida libre presentes en los distritos de la región Tacna, 2015; Arequipa y Puno, 2016.

REGIÓN	DISTRITO	N	Meloidogyne	Pratylenchus	Helicotylenchus	Tylenchus	Mesocriconema	Xiphinema	Globodera	Nemátodos de vida libre
AREQUIPA	El Pedregal	25	12	0	36	0	16	0	20	96
	Cocachacra	5	60	20	40	40	0	0	0	100
	Punta Bombóm	25	12	0	44	0	20	4	20	92
	<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>16.4</b>	<b>1.8</b>	<b>40</b>	<b>3.6</b>	<b>16.4</b>	<b>1.8</b>	<b>18.2</b>	<b>94.5</b>
TACNA	La yarada	10	60	0	60	0	20	40	0	60
	Pocollay	4	0	25	75	0	0	0	0	100
	Calana	5	20	20	40	0	0	0	0	60
	<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>36.8</b>	<b>10.5</b>	<b>57.9</b>	<b>0</b>	<b>10.5</b>	<b>21.1</b>	<b>0</b>	<b>68.4</b>
PUNO	San Gabán	6	100	0	100	0	0	0	66.7	100
	Ayapata	12	75	16.7	58.3	0	25	25	100	75
	Ollachea	3	100	0	100	0	0	0	100	100
	<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>85.7</b>	<b>9.5</b>	<b>76.2</b>	<b>0</b>	<b>14.3</b>	<b>14.3</b>	<b>90.5</b>	<b>85.7</b>
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>	<b>35.8</b>	<b>5.3</b>	<b>51.6</b>	<b>2.1</b>	<b>14.7</b>	<b>8.4</b>	<b>30.5</b>	<b>87.4</b>	

Leyenda: Inc% = Incidencia en porcentajes.

**Tabla 4:** Promedios generales de la densidad y error estándar de los nematodos fitoparásitos (*Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp.) y nemátodos de vida libre por distritos de la región Tacna, 2015; Arequipa y Puno 2016.

REGIÓN	DISTRITOS	N	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	<i>Globodera</i>	Total de fitoparásitos	Nemátodos de Vida libre
			X̄ ± EE								
AREQUIPA	<b>Pedregal</b>	25	8.3 ± 5.62	0 ± 0	9.1 ± 3.29	0 ± 0	9.1 ± 4.68	0 ± 0	0.1 ± 0.04	26.5 ± 8.68	87.5 ± 7.09
	<b>Cocachaca</b>	5	38.7 ± 23.13	6.7 ± 6.67	28 ± 17.44	33.3 ± 22.51	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	106.7 ± 24.31	124 ± 12.22
	<b>Punta Bombón</b>	25	8.8 ± 5.15	0 ± 0	32 ± 11.53	0 ± 0	4 ± 1.72	0.5 ± 0.53	0.1 ± 0.04	45.4 ± 14.84	119.7 ± 11.74
TACNA	<b>La Yarada</b>	10	782 ± 421.11	0 ± 0	81.3 ± 27.52	0 ± 0	8 ± 7.29	11.3 ± 8.49	0 ± 0	882.7 ± 431.13	137.3 ± 41.31
	<b>Pocollay</b>	4	0 ± 0	1.7 ± 1.67	93.3 ± 32.09	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	95 ± 32.48	128.3 ± 29.98
PUNO	<b>Calana</b>	5	6.7 ± 6.67	5.3 ± 5.33	49.3 ± 30.67	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	61.3 ± 37.79	81.3 ± 34.92
	<b>San Gabán</b>	6	222.2 ± 46.31	0 ± 0	180 ± 34.17	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	8.6 ± 3.75	410.8 ± 62.95	181.1 ± 37.45
	<b>Ayapata</b>	12	220.6 ± 51.75	26.1 ± 19.25	82.2 ± 25.2	0 ± 0	35 ± 20.22	11.1 ± 6.32	11.4 ± 3.36	386.4 ± 82.94	155.6 ± 35.5
	<b>Ollachea</b>	3	366.7 ± 137.33	0 ± 0	148.9 ± 57.91	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	5.9 ± 0.96	521.4 ± 195.53	122.2 ± 12.37
<b>Total</b>		95	142.7 ± 49.65	4 ± 2.54	53.8 ± 7.79	1.8 ± 1.31	8.7 ± 3.07	2.7 ± 1.25	2.2 ± 0.63	215.9 ± 53.31	120.1 ± 8.12

Leyenda: X̄ = Promedio poblacional, EE=Error estándar. X̄: Expresado en individuos juveniles/100 cm<sup>3</sup> de suelo. El género *Globodera* spp. Esta expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

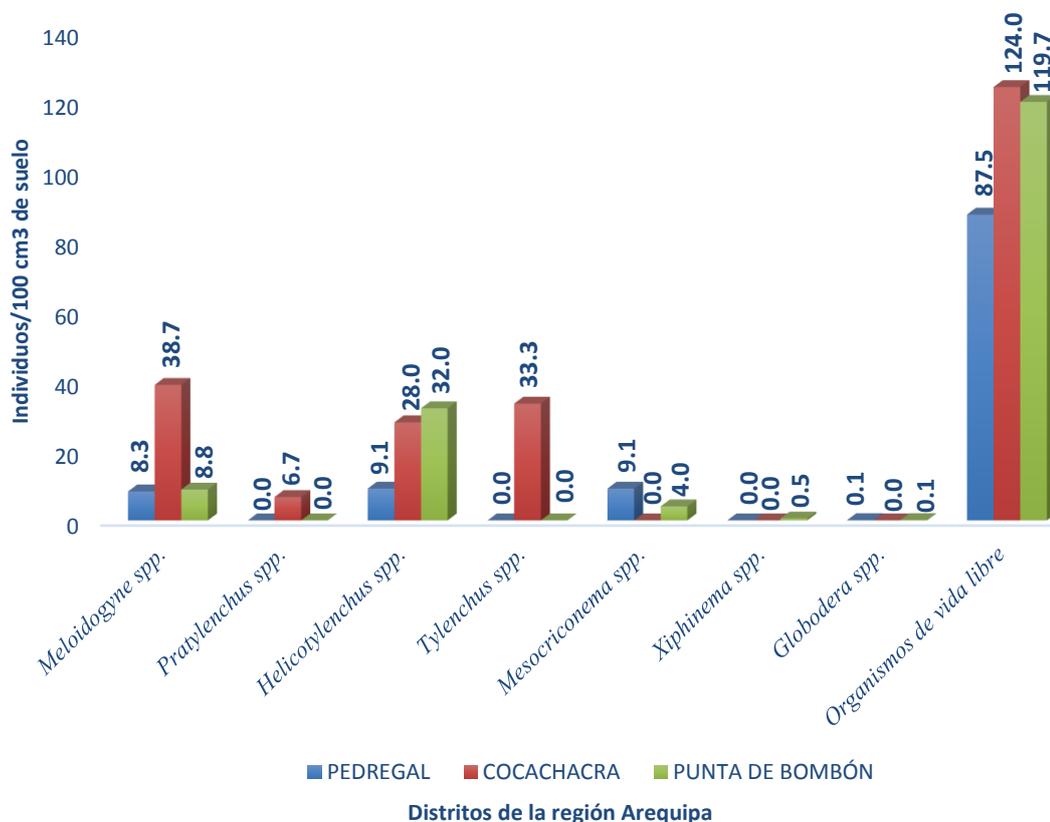
A continuación, se presenta la variación de las densidades poblacionales promedios para cada género de nemátodos fitoparásitos en la región Arequipa, Tacna y Puno:

#### **4.3.1. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Globodera* y nemátodos de vida libre presentes en cultivo de tomate de la región Arequipa.**

El género *Meloidogyne* presentó la densidad poblacional más alta con 38.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo e incidencia del 60% en el distrito de Cocachacra (Figura 26). Además, este distrito tiene el hábitat propicio para el desarrollo biológico de este género ya que se encuentra a una altura de 41 msnm (Anexo: Tabla 18) así mismo mantiene una temperatura media que varía entre 21.5 y 15.5 °C y una humedad relativa que varía entre los rangos de 70.4-41.4% (Anexo: Tabla 27).

Además, la gran mayoría de agricultores cuentan con riego tecnificado, dándole la facilidad de humedad al nematodo agallador, el clima calido que presentó estos lugares muestreados así como los suelos limo arenosos son favorables para el desarrollo biológico del nematodo (Anexo: Tabla 21). Por otro lado, *Tylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp. muestran alta densidad con 33.3 y 32 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente, y otros generos se encuentran por debajo de 28 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Tabla 4).

Cabe indicar que según la prueba de Kruskal Wallis la presencia de *Meloidogyne* es significativa (0.026) ya que es menor que 0.05 de significancia, así como de *Pratylenchus* (0.007), *Tylenchus* (0.0001) y vida libre (0.015) (Anexo: Tabla 32). En cambio, los nemátodos de vida libre están por encima de la densidad de nemátodos fitoparásitos, oscilando entre 87 y 124 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo y con incidencia entre 92 y 100% en los tres distritos.



**Figura 26:** Densidad poblacional promedio de géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivo de tomate de la región Arequipa, 2016.

La presencia de organismos de vida libre, es beneficioso porque actúan como controladores biológicos para regular la población de nemátodos fitoparásitos y que corrobora Lara *et al.* (2003), lo cual ha sido corroborado según la observación que se ha realizado en campo. Además, las densidades son muy bajas para conllevar a daños graves en el cultivo de tomate; por el contrario, son indicadores positivos para el normal desarrollo del cultivo. A si mismo en más del 50% de las áreas muestreadas se observaron envases vacíos de nematicidas y otros productos químicos (Anexo: Tabla 21) que suponemos manejan los agricultores para combatir a estos nemátodos como carbofuran (Solorzano *et al.*, 2004; Thompson, 2009).

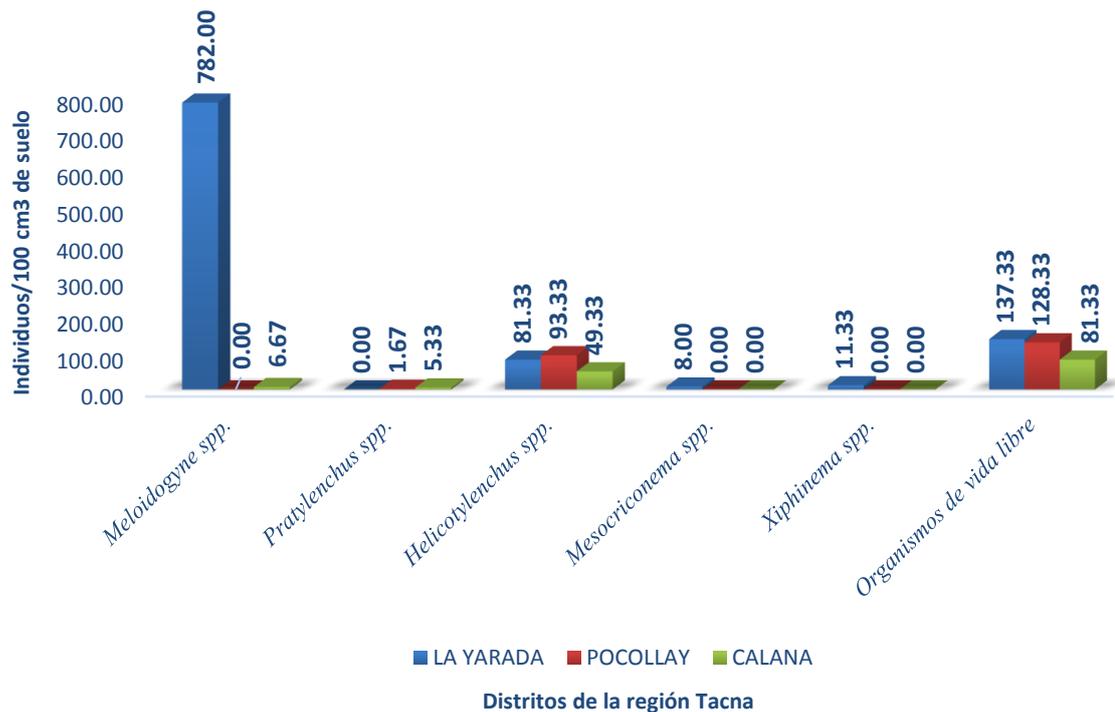
Sin embargo, Talavera *et al.* (2014), indican que los límites de tolerancia y umbrales de daño para *Meloidogyne* spp. en este cultivar de tomate es de 20 individuos/100 g de suelo. En tanto en la región Arequipa el género *Meloidogyne* presentó la densidad

poblacional entre 8.3 y 38.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, que indica conllevar a la reducción de la población para este género y tomar medidas de prevención. En cambio, *Pratylenchus* causa daños por encima de 100 individuos/100 g de suelo, viendo que en esta región por el momento se mantiene dentro del límite de tolerancia. *Pratylenchus* y *Tylenchus* se presenciaron solo en el distrito de Cocachacra con el 20 y 40% de incidencia. Mientras que *Helicotylenchus* se verificó en los distritos de Pedregal, Cocachacra y Punta de Bombón con 36, 40 y 44% de incidencia.

#### **4.3.2. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema* y nemátodos de vida libre en cultivo de tomate en la región Tacna.**

El género *Meloidogyne* spp. obtuvo la densidad poblacional mayor alcanzando 782 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en el distrito de la Yarada (Figura 27) con 60% de incidencia. En cambio, en Pocollay no hubo presencia y en Calana no sobrepasó de 6.67 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo con incidencia del 20%. *Meloidogyne* se adecua mejor en el distrito la Yarada por presentar una altitud entre 17 y 39 msnm (Anexo: Tabla 17) y clima árido, favorables para este nematodo y que presenta una temperatura media entre 24.7 y 17.6°C, con una humedad relativa entre 85.4 y 79.4% (Anexo: Tabla 28), encontrándose este género mas en esta área de la Yarada por tener las condiciones necesarias para su desarrollo del ciclo de vida. Además que los productores cuentan con riego tecnificado por goteo, manteniendo la humedad necesaria para la sobrevivencia de este nematodo, y principalmente por practicar monocultivo y no tanto la rotación con cultivos resistentes.

Seguidamente presentó altas densidades el género *Helicotylenchus* con 93.33, 81.33 y 49.33 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en los distritos de Pocollay, La Yarada y Calana. Alcanzando un rango de 40 a 75% de incidencia, lo que indica alta presencia en las muestras de suelo del cultivo de tomate. Estadísticamente, según la prueba de Kruskal Wallis la presencia de *Meloidogyne* es significativa (0.05) ya que es igual que 0.05 de significancia (Anexo: Tabla 33). Aceptándose la hipótesis alterna y rechazando la hipótesis nula ya que, en las diferentes áreas productoras de tomate de este distrito, si existen géneros de nemátodos fitoparásitos como los mencionados anteriormente.



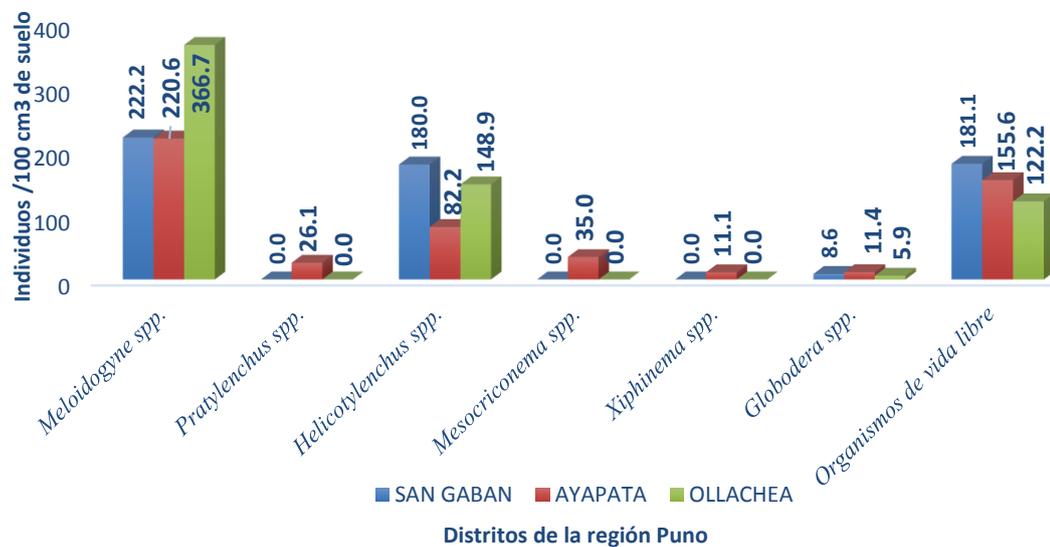
**Figura 27:** Densidad poblacional promedio de géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivo de tomate en la región Tacna, 2015.

Las densidades poblacionales para *Meloidogyne* es sobrelevada, para el distrito de la Yarada, sobrepasando enormemente el umbral de daño (20 individuos/100 g de suelo) para el cultivo de tomate (Talavera *et al.*, 2014). Además, este cultivo es muy delicado al ataque de enfermedades microscópicas como hongos, bacterias y nemátodos, ya que deterioran la estructura de la planta y puede conllevar a la muerte de la planta (Escalona *et al.*, 2009). Por tanto, debe emplearse medidas preventivas para disminuir la población de este nematodo agallador, ya que causar enfermedades graves en las raíces (Tihohod, 2000) y como consecuencia un crecimiento y rendimiento deficiente (Luc *et al.*, 2005), que se pudo observar en la mayoría de las zonas evaluadas del distrito de la Yarada. Las densidades poblacionales del género *Helicotylenchus*, también esta casi alcanzando al umbral de daño, pero aun se mantiene por debajo 100 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

En cambio, los géneros *Pratylenchus*, *Mesocriconema* y *Xiphinema* no sobrepasan más de 11.33 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, manteniéndose dentro de los límites de tolerancia para el cultivo de tomate. Por el mismo hecho que los nemátodos de vida libre realizan competencia y control biológico según (Lara *et al.*, 2003), ya que se presentaron con frecuencia de 60 a 100% en los tres distritos evaluados, y con 81.33 a 137.33 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

#### 4.3.3. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Globodera* y nemátodos de vida libre en cultivo de tomate de la región Puno.

El nemátodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) se presentó en altas densidades con promedios de 222.2, 220.6 y 366.7 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo en los distritos de San Gabán, Ayapata y Ollachea (Figura 28), así mismo el nivel de incidencia es alto (100, 75 y 50% respectivamente) (Tabla 4). A diferencia de los agricultores de la región Arequipa y Tacna, los productores de tomate en Puno no cuentan con riego tecnificado, sin embargo, las precipitaciones pluviales durante la campaña 2015-2016 fueron fluidas, en Ollachea se registró 22.4 y 189.7 mm y San Gabán con 361.3 y 822.1 mm. Además, tiene registros de una temperatura media que oscila entre 15.2 y 19.3°C para Ollachea, 17.9 y 23.9 para San Gabán (Anexo: tabla 29). Por otro lado, también se encuentran en altitudes de 1409 y 2204 msnm (Anexo: tabla 19). Ubicándose dentro de su hábitat favorable. Además, este nematodo agallador se distribuye en áreas con clima tropical como es el caso de la región Puno.



**Figura 28:** Densidad poblacional promedio de géneros de nemátodos fitoparásitos en cultivo de tomate de la región Puno, 2016.

Para *Meloidogyne*, según Talavera *et al.* (2014), se encontraría por encima del umbral de daño (20 individuos/100g de suelo). Requiriendo ser tratado y diagnosticado con mayor énfasis las áreas muestreadas. Similarmente Arévalo (2014), indica que el umbral de acción en niveles generales es de 10 individuos y nivel crítico 50 individuos/100 cm<sup>3</sup>

de suelo. Notando que *Meloidogyne* supera abiertamente el umbral de acción, situándose en esta región muy por encima del nivel crítico.

Así también *Helicotylenchus* mostró 180, 82.2 y 148.9 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, con frecuencias de 100, 58 y 50% de incidencia; ubicándose muy cerca del umbral de acción el distrito de San Gabán, que según Arévalo (2014), es 200 individuos/100 cc de suelo, y esta lejos de alcanzar el nivel crítico ya que no supera más de 300 individuos. El nematodo quístico (*Globodera* spp.) se encontró con alta incidencia de 67, 100 y 50% en San Gabán, Ayapata y Ollachea; con densidades poblacionales de 8.6, 11.4 y 5.9 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, valores poblacionales que no representan niveles críticos según (Arévalo, 2014).

En tanto los nemátodos de vida libre también presentaron densidades altas entre 122 y 181 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo entre los tres distritos. En contraste los nemátodos fitoparásitos con menor densidad poblacional y por debajo de 35 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, son *Pratylenchus*, *Mesocriconema* y *Xiphinema*. Que se ubican por debajo de los umbrales de daño para el cultivo de tomate.

#### **4.4. Resistencia de variedades de tomate al nematodo del nódulo de la raíz *M. incognita* y *M. javanica*.**

Para determinar la resistencia de las nueve variedades de tomate se tomó en cuenta los siguientes parámetros: altura de la planta (AP), peso de la parte aérea de la planta (PPAP), número de frutos (NF), peso de la raíz (PR), número de nódulos (NN) y el factor de reproducción (FR). Inoculándose 5000 huevos + juveniles con *M. incognita* para un tratamiento independiente y otra población de 5000 huevos + juveniles con *M. javanica* sobre otro tratamiento independiente, aplicadas en nueve variedades de tomate.

##### **4.4.1. Evaluación de la altura de la planta (AP) en nueve variedades de tomate inoculado con *M. incognita* y *M. javanica*.**

Al evaluar la altura de planta (Figura 29), se verificó que solo la var. Sweetie mostró un crecimiento mayor. Así mismo las variedades: santa cruz, ameliore, celebrity, italiano y rutger mostraron un crecimiento intermedio, sin diferencia estadística. En cambio, las variedades matusalem, galilea y patio tuvieron un crecimiento bajo a comparación de otras variedades, sin diferencia estadística (Tabla 5).

A si mismo se evaluó la altura de la planta en nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, notando que la variedad sweetie alcanzó un crecimiento mayor; así también la variedad santa cruz tuvo un crecimiento elevado que las variedades rutger, italiano, matusalem, ameliore, celebrity y galilea, mostrando una altura regular. En cambio, la variedad patio obtuvo un desarrollo bajo en cuanto a la altura. Estos cuatro grupos presentaron diferencias estadísticas (Tabla 6). Estas características fenotípicas responden a cada variedad de tomate (ver enunciado 2.2.1).

**Tabla 5:** Altura de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Altura de la planta (AP)	
	Media	Scott- Knott
Sweetie	109.83	a
Santa Cruz	91.17	b
Ameliore	86	b
Celebrity	82.17	b
Italiano	82	b
Rutger	80.5	b
Matusalem	69.83	c
Galilea	61.7	c
Patio	50.17	c
CV	18.90 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

**Tabla 6:** Altura de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Altura de la planta (AP)	
	Media	Scott- Knott
Sweetie	110.67	a
Santa cruz	91.67	b
Rutger	84	c
Italiano	82.67	c
Matusalem	74.83	c
Ameliore	74.33	c
Celebrity	73.67	c
Galilea	73.17	c
Patio	52.33	d
CV	18.64%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

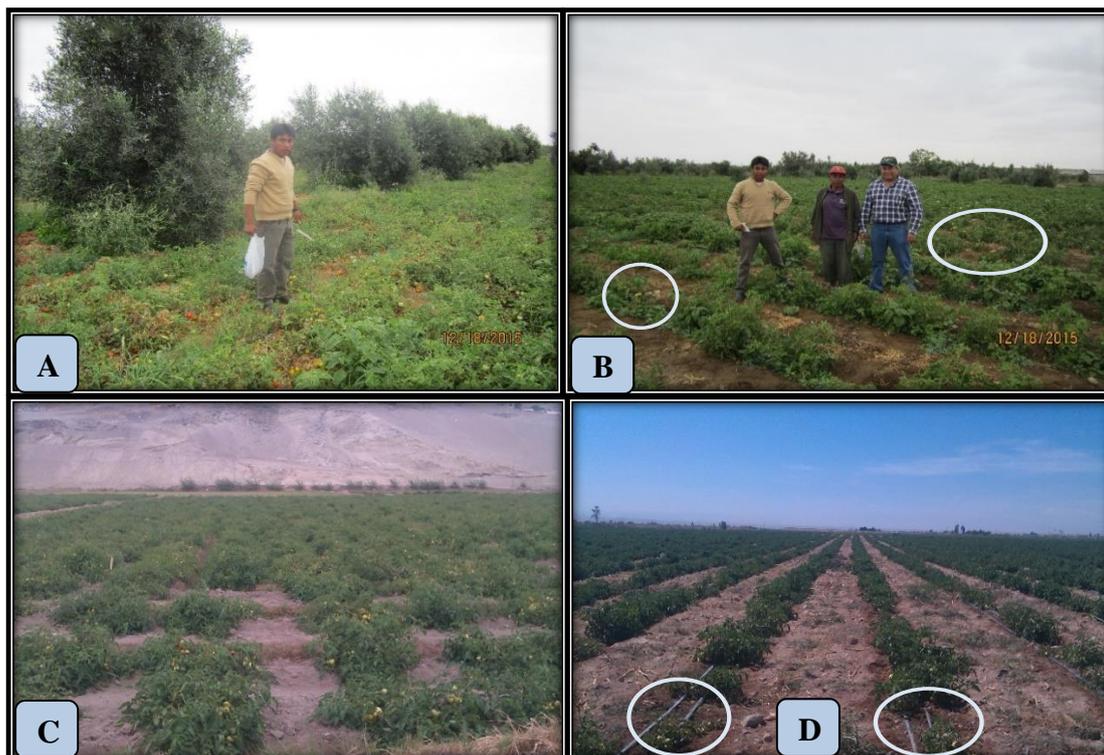
A si mismo cada variedad tiene un comportamiento distinto en el tiempo respecto al desarrollo de la altura de la planta, y generalmente no representa un síntoma clave para

determinar la presencia de *Meloidogyne*, ya que estos síntomas pueden ser provocados por otras enfermedades o plagas (Mella, 2004). Sin embargo, se observó inicios de marchitamiento y amarillamiento en el follaje de la mayoría de los tratamientos infestados con *M. incognita* que *M. javanica* como manifiestan (Zaki *et al.*, 2001; Talavera, 2003) (Figura 29AyB). Cabe mencionar también que la var. Patio, mostró menor desarrollo en el crecimiento vegetativo pero la producción de frutos fue de mayor tamaño que otras variedades, además Everhart *et al.* (2002), manifiesta que esta variedad crece nomás de un metro de altura y se desarrolla frutos perfectamente en maceta (Figura 29C).



**Figura 29:** Medición de la altura de planta de variedades de tomate inoculado con *M. incognita*, evaluado en el exterior del invernadero del Megalaboratorio, 2016. A) var. Galilea. B) var. Matusalem. C) var. Patio.

En el distrito de la Yarada, sector los Palos se presencié agallas en la raíz de la planta (Figura 30A) y se identificó con la técnica bioquímica de electroforesis a la especie *M. incognita* que según Farfán (2011), es la más agresiva en cultivares de tomate. Del mismo modo en la región Arequipa se identificó a *M. javanica* en cultivares de tomate, produciendo agallas en la raíz y como consecuencia las plántulas infestadas eran atacadas por otras plagas presentando crecimiento muy bajo (Figura 30D) en comparación de otras plántulas sin nemátodos (Figura 30C). Que según Mella (2004), *Meloidogyne* al ingresar en las raíces del tomate pueden interferir en la producción y traslocación de sustancias como las hormonas giberilinas, citoquininas, y sustancias que regulan la fotosíntesis y por consecuencia la planta no logra un óptimo desarrollo (Figura 30B).



**Figura 30:** Cultivo de tomate. A) Con presencia notoria de los síntomas causados por el nematodo *M. incognita* y B) plantas con reducido crecimiento vegetativo en el distrito la Yarada, región Tacna, 2015; C) Producción normal con mínima presencia de *Meloidogyne* y D) crecimiento bajo de la parte aérea como consecuencia de *M. javanica* en el distrito de El Pedregal, región Arequipa, 2016.

**4.4.2. Evaluación del peso de la parte aérea de la planta (PPAP) en nueve variedades de tomate inoculados con *M. incognita* y *M. javanica*.**

Las variedades patio, ameliore y celebrity expresaron un mayor peso sin diferencia estadística, a diferencia que las variedades restantes mostraron un peso normal, siendo estadísticamente iguales (Tabla 7).

**Tabla 7:** Peso de la parte aérea de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Peso parte aérea de la planta (PPAP)	
	Media	Scott- Knott
Patio	385	a
Ameliore	328.33	a
Celebrity	327	a
Santa cruz	290	b
Sweetie	252.5	b
Galilea	245.83	b
Italiano	244.17	b
Rutger	240.83	b
Matusalem	205	b
CV	17.59 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

Para el tratamiento con *M. javanica* la variedad patio únicamente registró el peso de la parte aérea elevado, sin diferencia estadística. En tanto las ocho variedades restantes obtuvieron pesos regulares, sin diferencia estadística (Tabla 8).

**Tabla 8:** Peso de la parte aérea de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Peso parte aérea de la planta (PPAP)	
	Media	Scott- Knott
Patio	404.5	a
Celebrity	289	b
Sweetie	288.83	b
Rutger	284.83	b
Santa cruz	261	b
Ameliore	251	b
Italiano	240.33	b
Galilea	228.33	b
Matusalem	223	b
CV	19.83 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

Cuando el cultivo de tomate muestra síntomas como bajo desarrollo en los frutos, tallos y hojas, generalmente es causado por los nemátodos (Talavera, 2003; FAO, 2013). Sin embargo, Jacquet *et al.* (2005), indica que estos síntomas de deficiencia, que conllevan a la disminución del rendimiento, dependen de la severidad de la infestación del suelo. Por tanto, pareciera que la inoculación con 5000 huevos + juvenil de *M. incognita* y *M. javanica* no mostró daños fuertes principalmente para la var. Patio (Figura 31A). Ya que el peso de la parte aérea demostró un normal desarrollo del follaje (Figura 31B). Cabe destacar también que este parámetro no es indicador específico sino las agallas a nivel de la raíz (Medina *et al.*, 2014). Así mismo las densidades de población de *M. incognita* y *M. javanica* pueden disminuir al aumentar las tasas de residuos (Albuquerque *et al.*, 2002), ya que en la preparación del suelo para las macetas se agregó material orgánico a los tratamientos.

Por otro lado, el peso de la parte aérea de la planta puede influenciarse por diferentes factores como el tiempo de desarrollo de los frutos, el suelo, la adaptación de las plantas a las variaciones meteorológicas del clima de la ciudad de Puno, existen también plantas que se cultivan y rinden mejor en campo abierto que en campo cerrado, y entre otros factores que repercuten para cada variedad (ver enunciado 2.2.1).



**Figura 31:** Pesado de la parte aérea de la planta de tomate, evaluado en el exterior del invernadero del Megalaboratorio, 2016. A) variedad patio. B) variedad italiano.

#### 4.4.3. Evaluación del número de frutos (NF) en nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita* y *M. javanica*.

Observamos en el análisis estadístico, que la variedad patio obtuvo un mayor número de frutos/planta para tratamientos inoculados con *M. incognita* y *M. javanica*, sin diferencia estadística. Entretanto las variedades celebrity, sweetie, matusalem, santa cruz, ameliore, galilea, rutger e italiano alcanzaron un menor número de frutos/planta respecto a la variedad mencionada anteriormente, estadísticamente iguales (Tabla 9 y 10).

**Tabla 9:** Número de frutos (NF) de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Numero de frutos (NF)	
	Media	Scott- Knott
Patio	18.33	a
Celebrity	11	b
Sweetie	10.3	b
Matusalem	9.67	b
Santa cruz	9.5	b
Ameliore	8.83	b
Galilea	8.83	b
Rutger	8.17	b
Italiano	7.83	b
CV	41.11 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

**Tabla 10:** Número de frutos (NF) de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Numero de frutos (NF)	
	Media	Scott- Knott
Patio	32.33	a
Galilea	21.33	b
Santa cruz	19.33	b
Sweetie	16.33	b
Celebrity	15.5	b
Ameliore	15.33	b
Rutger	13.33	b
Italiano	11.67	b
Matusalem	10.33	b
CV	38.53 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

Todas las variedades tuvieron fructificación, destacando la variedad patio, que a pesar de mostrar bajo crecimiento en la altura de la planta (Tabla 5 y 6), alcanzó un mayor número de frutos y principalmente de mayor tamaño en relación a otras variedades (Figura 32 AyB).



**Figura 32:** Frutos de la variedad patio inoculados con A) *M. incognita* y B) *M. javanica*.

Por otro lado, Castillo (2014), menciona que *Meloidogyne* ocasiona pérdidas entre 20 y 40% en la producción de tomate a nivel mundial. Así mismo en esta investigación la producción de tomate se desarrolló normalmente para la variedad patio y no tanto para las demás variedades. En tanto al inocular la población de *Meloidogyne* en las nueve variedades de tomate, se observó que *M. incognita* afectó más que *M. javanica*, ya que el número de frutos/planta inoculados con *M. javanica* fue mayor en relación a *M. incognita*. Así también Farfán (2011), indica que *M. incognita* afecta seriamente la calidad y cantidad de producción. De igual manera en la figura 29A se observan los frutos desarrollados en presencia de *M. incognita* y en la figura 29B observamos frutos de mayor tamaño y cantidad inoculados con *M. javanica*.

#### 4.4.4. Evaluación del peso de la raíz (PR) en nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita* y *M. javanica*.

En el análisis estadístico para variedades inoculadas con *M. incognita*, se observa que la variedad galilea muestra un peso mayor de la raíz, seguidamente las variedades matusalem, italiano y ameliore presentan un peso intermedio y las variedades santa cruz, celebrity, rutger, sweetie y patio tienen un peso menor en relación a otras variedades; siendo estadísticamente diferentes (Tabla 15). Cabe mencionar que la variedad galilea desarrolló buena cantidad de raíz sin embargo no tuvo buena producción de frutos. A diferencia de la variedad patio, que desarrolló buena cantidad de frutos sin la necesidad de requerir mayor enraizamiento (Tabla 13).

**Tabla 11:** Peso de la raíz de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Peso de la raíz (PR)	
	Media	Scott- Knott
Galilea	59	a
Matusalem	45.17	b
Italiano	45	b
Ameliore	42.17	b
Santa cruz	34.83	c
Celebrity	33.17	c
Rutger	31.33	c
Sweetie	28.5	c
Patio	28.5	c
CV	20.66 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

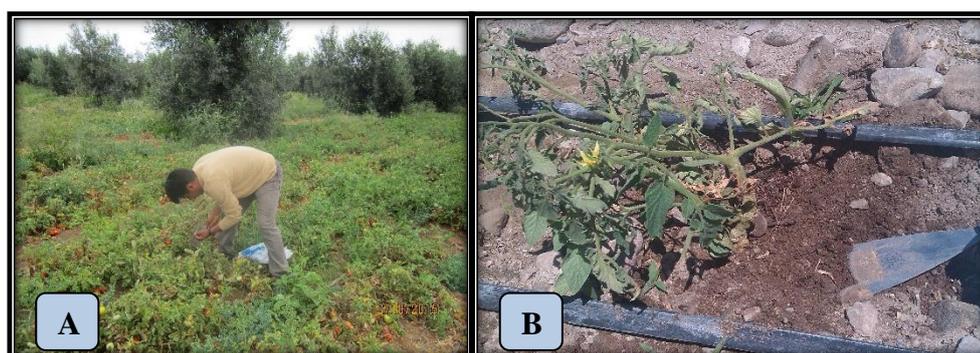
Mientras que dentro de las variedades inoculadas con *M. javanica*, las variedades ameliore, celebrity, santa cruz y galilea lograron obtener un peso mayor que las variedades rutger, italiano, matusalem, patio y sweetie. Presentando diferencias estadísticas entre ambos grupos (Tabla 12). Cabe resaltar que la variedad patio no tiene buen desarrollo de la raíz sin embargo la producción de los frutos fue alta (Tabla 10).

**Tabla 12:** Peso de la raíz de la planta de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Peso de la raíz (PR)	
	Media	Scott- Knott
Ameliore	57.67	a
Celebrity	52.33	a
Santa cruz	50.67	a
Galilea	47.33	a
Rutger	43.17	b
Italiano	41.17	b
Matusalem	41.17	b
Patio	38.17	b
Sweetie	35	b
CV	26.29 %	

Legenda: CV = Coeficiente de variabilidad

En ambos tratamientos con *M. incognita* y *M. javanica*, se presencié disminución en el desarrollo de las raíces en la mayoría de las variedades, probablemente sea causado por este nematodo ya que *Meloidogyne* afecta el desarrollo de la raíz hasta llegar a causar nodulaciones, engrosamiento en la raíz (Talavera, 2003), inclusive podría conllevar a la necrosis de la raíz (Agrios, 2011), y servir como vía de ingreso para otros patógenos (FAO, 2013). Por otro lado, en las áreas muestreadas tanto de la región Arequipa como de Tacna, se observó en áreas infestadas con *Meloidogyne* presencia de diversas plagas y enfermedades (Figura 33A), y al extraer las raíces se presencié necrosis en raíces secundarias (Figura 33B).



**Figura 33:** Cultivo de tomate A) presencia de plagas y enfermedades en el distrito la Yarada, región Tacna, 2015. B) necrosis en la raíz de la planta en el distrito el Pedregal, región Arequipa, 2016.

#### 4.4.5. Evaluación del número de nódulos (NN) de la raíz de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita* y *M. javanica*.

Se observa que la variedad rutger presenta una mayor cantidad de nódulos, seguido de la variedad celebrity, italiano y patio, con diferencia estadística para cada variedad. Otras variedades como sweetie, santa cruz, ameliore y matusalem muestran pocas nodulaciones, sin diferencia estadística. Mientras que la variedad galilea obtuvo baja cantidad de nódulos en la raíz infestada con *M. incognita* (Tabla 13).

**Tabla 13:** Número de nódulos de la raíz de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Número de nódulos (NN)	
	Media	Scott- Knott
Rutger	65.075	a
Celebrity	42.25	b
Italiano	33.75	c
Patio	25.75	d
Sweetie	21.75	e
Santa cruz	19.75	e
Ameliore	17.325	e
Matusalem	16.5	e
Galilea	8.75	f
CV	14.5 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

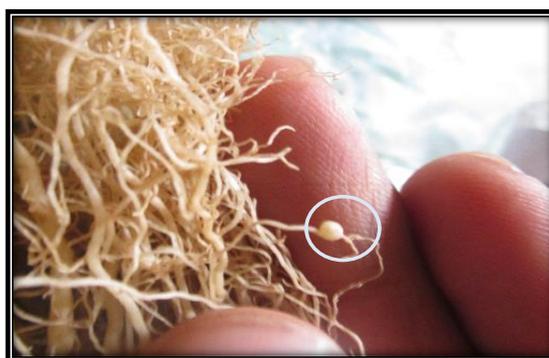
Así mismo para los tratamientos infestados con *M. javanica*, se observa mayor cantidad de nodulaciones en la variedad rutger, sin diferencia estadística. Mientras que las variedades sweetie, matusalem, santa cruz, patio, ameliore, celebrity, italiano y galilea presentaron baja cantidad de nodulaciones, estadísticamente iguales (Tabla 14).

**Tabla 14:** Número de nódulos de la raíz de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de tomate	Número de nódulos (NN)	
	Media	Scott- Knott
Rutger	113.5	a
Sweetie	88	b
Matusalem	77.5	b
Santa cruz	77.5	b
Patio	72	b
Ameliore	71.5	b
Celebrity	71.5	b
Italiano	66	b
Galilea	65	b
CV	12.5 %	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

Todas las variedades presentaron nodulaciones, destacando la variedad santa cruz como la más susceptible. Cabe indicar que esta variedad fue atacada más por la especie *M. javanica* que por *M. incognita*. Contrariamente a lo que demuestra Carrillo *et al.*, (2000), al identificar a la especie *M. incognita* en 82.5 % y *M. javanica* en 5% en diferentes cultivos y entre ellos tomate. Se confirma que este nematodo causa nodulaciones en la raíz (Figura 34), lo que ratifican otros autores como (Escalona *et al.*, 2009; Scholaen, 2005; MAG, 1991), al afirmar que *Meloidogyne* spp. infecta las raíces y produce nodulaciones de distintos tamaños.



**Figura 34:** Nódulos causados por *Meloidogyne*, hallados en la raíz de tomate, en plantas del invernadero del Megalaboratorio, 2016.

**4.4.6. Evaluación del factor de reproducción (FR) en nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita* y *M. javanica*.**

Se observa según el factor de reproducción (Tabla 15), que las variedades patio, sweetie, celebrity, italiano, santa cruz, ameliore, galilea, matusalem y la variedad testigo rutger fueron susceptibles al nematodo *M. incognita*, siendo estadísticamente iguales.

**Tabla 15:** Factor de reproducción de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. incognita*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de Tomate	Factor de reproducción (FR)		Reacción
	Media	Scott-Knott	
<b>Tomate cv Rutger</b>	<b>10.5</b>	<b>a</b>	<b>S</b>
Patio	8	a	S
Sweetie	7.5	a	S
Celebrity	7.5	a	S
Italiano	6.5	a	S
Santa Cruz	6	a	S
Ameliore	5.5	a	S
Galilea	5	a	S
Matusalem	3.5	a	S
CV		12.5%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad. FR = Factor de reproducción. S= Susceptible.

Del mismo modo en el factor de reproducción (Tabla 16) se verificó que todas las variedades de tomate incluido la variedad testigo rutger son susceptibles al nematodo *M. javanica*, sin diferencia estadística.

**Tabla 16:** Factor de reproducción de nueve variedades de tomate inoculadas con *M. javanica*, evaluados en el Invernadero ubicado en las inmediaciones del Megalaboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, 2016.

Variedades de Tomate	Factor de reproducción (FR)		Reacción
	Media	Scott-Knott	
<b>Tomate cv Rutger</b>	<b>11</b>	<b>a</b>	<b>S</b>
Sweetie	9.5	a	S
Ameliore	8	a	S
Celebrity	8	a	S
Italiano	7.5	a	S
Galilea	7	a	S
Santa Cruz	6.5	a	S
Patio	6.5	a	S
Matusalem	6	a	S
CV		24,4%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad. FR = Factor de reproducción. S= Susceptible.

No se encontraron variedades inmunes o resistentes frente a la inoculación de 5000 huevos + juvenil con las especies *M. incognita* y *M. javanica*. Así mismo Cid del Prado *et al.* (2001), al determinar el factor de reproducción en tomate variedad rutgers frente a la especie *M. incognita* alcanzó un factor de reproducción entre 2,3 a 9,9. Similarmente Rosa *et al.* (2014), en una investigación buscó determinar variedades de genotipos e híbridos de tomate tolerantes al nematodo *M. enterolobii*, e inoculó 5000 huevos+J2/planta y ningún tratamiento resultó ser tolerante, como es el caso de nuestro estudio. Por otro lado Salazar y Guzmán (2013b), al evaluar el efecto de la población de *Meloidogyne* sp. sobre una variedad shanty, el factor de reproducción disminuye cuando la población de nemátodos es mayor, ya que al inocular 100 individuos/100g de suelo, el FR es igual a 4,79; con 450 individuos/100g de suelo el FR es 3,44; y con 900 individuos/100g de suelo, el FR es igual a 1,71. Sin embargo en nuestra investigación al inocular 5000 huevos + juvenil/planta, el FR varía entre 3.5 a 10.5 en los tratamientos con *M. incognita* y de 6 a 11 con *M. javanica*, siendo susceptibles al nematodo a pesar que las variedades patio, matusalem, italiano, galilea, celebrity y santa cruz son resistentes a los nemátodos (ver ítem 2.2.1) concluyendo también que el cultivo de tomate es hospedero para *M. incognita* y *M. javanica*.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos han llegado a las siguientes conclusiones:

- 1.- Se identificaron a través de la técnica bioquímica de electroforesis a las especies *M. incognita* I1 en áreas productoras de tomate de la región Tacna, distrito de la Yarada. Así mismo se identificó a la especie *M. javanica* J3 en los distritos de la región de Puno y *M. javanica* J2a en la región Arequipa, en el distrito el Pedregal.
- 2.- Se identificaron según las características morfológicas a siete generos de nemátodos fitoparásitos: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp. y nemátodos de vida libre con valores de 142.7, 4, 53.8, 1.8, 8.7, 2.7, 2.2 y 120.1 individuos/100 cm<sup>3</sup> de suelo respectivamente, y con una incidencia de 35.8, 5.3, 51.6, 2.1, 14.7, 8.4, 30.5 y 87.4 % respectivamente.
- 3.- La mayor densidad poblacional fue para el género *Meloidogyne*, seguido del género *Helicotylenchus*. Mientras que otros nemátodos fitoparásitos presentaron densidades poblacionales bajas a diferencia de estos dos géneros.
- 4.- Las variedades rutger, santa cruz, ameliore, sweetie, celebrity, italiano, patio, matusalem y galilea resultaron ser susceptibles frente a una población de 5000 huevos + juveniles/planta de las especies *M. incognita* y *M. javanica*.

## RECOMENDACIONES

Dada las conclusiones obtenidas podemos efectuar las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda intensificar el estudio y realizar mas muestreos en las áreas de cultivo de tomate en las regiones Arequipa, Tacna y Puno, y otras regiones del Perú.
- A los productores del cultivo de tomate y las autoridades correspondientes de las regiones Arequipa, Tacna y Puno se recomienda tomar medidas de prevención para este género, sabiendo que la especie *M. incognita* y *M. javanica* son las especies que se halló en diferentes muestreos de áreas de producción de tomate.
- Las nueve variedades de tomate que se mencionan en este estudio no es tan recomendable para la producción de tomate en presencia del nematodo agallador *Meloidogyne* spp., por el cual se sugiere tomar las medidas preventivas para este nematodo y se recomienda seleccionar variedades de tomate resistentes al ataque de este nemátodo.
- Evaluar la resistencia o susceptibilidad de otras variedades de tomate que aplica el productor en el Perú.
- Para combatir estos nematodos fitoparásitos es importante practicar la rotación con cultivos resistentes asi como el manejo del suelo o incorporación de materia organica antes de la siembra. Tener conocimiento que su desarrollo biológico de los nematodos fitoparásitos es mayor en suelos franco arenosos que francos arcillosos.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA**

- Agrios, G. 2011. Fitopatología. México. Editorial Limusa S.A. de CV Grupo Noriega Editores. 745-749 p.
- Alarcón, A., Boicet, T., Godefroy, M., Bacilio-Jiménez, M., Ceiro, W. y Bazán, Y. 2013. Efecto de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev. Protección Veg. Vol. 28 No. 3: 219-223. 5p.
- Albuquerque, P.H.S., Pedrosa, E.M.R. y Moura, R.M. 2002. Host nematode relationships in *Meloidogyne* spp. infested soil amended with stillage and filter cake. Nematologia Brasileira 26, 27–34 (abstract).
- Arévalo, M. 2014. Umbrales de acción para nemátodos fitoparasíticos. Laboratorio Agroexpertos (PPTX). Ciudad de Guatemala.
- Argerich, C., Troilo, L., Rodríguez, F., M., Izquierdo, J., Strassera, M., E., Balcaza, L., Santo, S., D., Miranda, O., Laura, R., M. y González, G., C. 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (Consultado el 02-11-2015). 258p.
- Bastidas, G.F., Obando, J. y Betancourt, G. C. 2004. Reconocimiento de especies de *Meloidogyne* en tomate de árbol (*Solanum betacea*) y lulo (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño.
- Bernal, R. 2010. Enfermedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero en las zonas de salto y bella unión. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay <http://www.inia.org.uy>. ISBN: 978-9974-38-283-1.
- Bonnieplants. 2017. Celebrity tomato. Recuperado de: <https://bonnieplants.com/product/celebrity-tomato/>

- Borrer, D. J. 1960. Dictionary of word roots y combining forms. Mayfi eld Publishing Company, 1280 Villa Street, Mountain View, California. Original copyright 1960. Copyright renewed 1988 by Arthur C. Borrer. Nombres de nematodes compilados por S. A. Lewis.
- Canteri, M., Althaus, R., Virgens, J., Giglioti, E. y Godoy, C. 2001. SASM-AGRI (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.
- Cantuña, N. 2013. Detección e identificación del nematodo formador de agallas *Meloidogyne* spp. en suelos agrícolas destinados al cultivo de *Solanum lycopersicum* mediante la técnica PCR. Sangolquí, Ecuador. 9p.
- Cañedo, V., Alfaro, A. y Kroschel, J. 2011. Manejo integrado de las plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP). Comercial Gráfica Sucre S.R.L. Lima, Perú. 48p.
- Carneiro, R.M.D.G., Almeida, M.R.A., Braga, R.S., Almeida, C.A. y Gioria, R. 2006. First record of *Meloidogyne mayaguensis* parasitising resistant root-knot nematode pepper and tomato plants in Sao Paulo State, Brazil. Nematol. Bras., Brasilia. Vol. 30(1):81-86. 7p.
- Carneiro, R.M.D.G., Almeida, M.R.A. y Quénhervé, P. 2000. Enzyme phenotype of *Meloidogyne* spp. populations. Nematology 2:645-654.
- Carneiro, R. M. D. G. y Almeida, M. R. A. 2001. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides das galhas para identificação de espécies. Nematología Brasileira 25: 35-44 p.
- Carrillo, J. A., García, R. S., Allende, R., Márquez, I. y Cruz, J. E. 2000. Identificación y Distribución de especies del nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en hortalizas, en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología/115.7p.

- Castillo, J. H. 2014. Identificación de especies de *Meloidogyne* spp. presentes en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. Guatemala. 87p.
- Castillo, P., Vovlas, N., Subbotin, S. y Troccoli, A. 2003. A New Root-Knot Nematode, *Meloidogyne baetica* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), Parasitizing Wild Olive in Southern Spain. Vol. 93, No. 9, 2003 1093. 10p.
- Castro, J.M.C., Lima, R.D. y Carneiro, R.M.D.G. 2003. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. Nematologia Brasileira, Vol. 27(1): 1-12p.
- Chitwood, D. y Perry, R. 2009. Reproduction, Physiology and Biochemistry in Perry, R; Moens M; Starr J. Eds Root-knot nematodes. pp182-194.
- Ceiro, W. 2010. Evaluación de una alternativa de manejo sostenible para *Meloidogyne* spp., en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL.). Resumen de Tesis presentada para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias Agrícolas en la Universidad de Granma. Cuba. *Rev. Protección Veg.* Vol. 25 No. 3: 197. 1p.
- CENTA, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 2002. Guía Técnica. Cultivo del Tomate. La libertad, el Salvador. 48p.
- Cepeda, M. 2009. El tomate rojo. Cultivo y control parasitológico. Universidad Autónoma Agraria - Antonio Narro. 222 p.
- Cervantes, R., Rodríguez, J. E., Carrillo, C., Sahagún, J. y Rodríguez, E. 2013. Tolerancia de 26 colectas de tomates nativos de México al nematodo *Meloidogyne incognita* (kofoid y white) Chitwood. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(1): doi: 10.5154/r.rchsh.2012.12.071. 15p.

- Chemonics Internacional Inc. 2008. Programa de Diversificación Hortícola Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola Cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* ó *Solanum lycopersicum*). 34p.
- Cid del Prado, I., Tovar A. y Hernández, J. 2001. Distribución de Especies y Razas de *Meloidogyne* en México. Revista Mexicana de Fitopatología 33.34 Volumen 19, Número 1. 9p.
- Cortada, L., Sorribas, F. J., Ornat, C., Kaloshian, I. y Verdejo, S. L. 2010. Patrones de tomate: resistencia variable frente al nematodo *Meloidogyne*. IRTA. Protección Vegetal. Crta. de Cabrils Km 2. 08348 Cabrils, Barcelona. 12p.
- Coyne, D., Nicol, J. y Claudius, B. 2007. Nematología Práctica: Una guía de campo y laboratorio. Traducido por Soledad Verdejo Lucas. International Institute of Tropical Agriculture. 93p.
- Dale, J. y Von, M. 2002. From genes to genome. E. Jhon Wiley and Sons. Sussex, Inglaterra. 360 p.
- Disagro. 2004. Plan de manejo para el cultivo del tomate. Publicaciones: Dirección  
URL: <http://www.disagro.com/tomate/tomate1.htm> (1 de 2)27/08/2004 06:06:05 a.m.
- Doria, J. 2010. Revisión bibliográfica: Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 2010, vol. 31, no. 1, p. 74-85.
- Eisenback, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J. N. y Triantaphyllou, A. C. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nemátodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una Clave Pictórica. International Meloidogyne Project. Raleigh, North Carolina.

- Esbenshade, P., y Triantaphyllou, A. C. 1990. Isozyme Phenotypes for the Identification of Meloidogyne Species. *Journal of Nematology* 22(1):10-15. © The Society of Nematologists.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C. y Martin, A. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). 60p. Nodo Hortícola VI Región. InnovaChileCORFO.
- Escobar, M. C. A. 2006. Determinación de especies y patotipos de Meloidogyne, en Kiwi (*Actinidia deliciosa*) y Tomate (*Lycopersicum esculentum*). Mediante el test de hospederos diferenciales. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía. Memoria para optar el título Profesional de Ingeniero Agrónomo Mención Fruticultura. 39p.
- Everhart, E., Jauron, R. y Haynes, C. 2002. Guía de Horticultura de Iowa State University. El huerto doméstico. 4p. Disponible en: <http://counties.uwex.edu/walworth/files/2013/01/PM0608S-Tomates.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. 2013. El Cultivo de Tomate con Buenas Prácticas Agrícolas en la Agricultura Urbana y Periurbana. Ñemity. Paraguay. 72p.
- FAOSTAT. 2016. Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Faostat Database. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. (Consultado el 04-07-2018).
- Farfán, M. D. 2011. Comportamiento del nemátodo del nódulo *Meloidogyne incognita* (kofoid y white, 1919) chitwood, 1949 con 12 productos químicos. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Fitopatología. Universidad Nacional Agraria la Molina. 79p.
- Ferraz, L. C., Monteiro, A. y Inomoto, M. 1993. Métodos de extracao de nematoides de amostras de solo e/ou raízes. Sociedade Brasileira de Nematología. 7p.

- Ferris, H. 1999. Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX). University of California. Recuperado de: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>
- Flores, Y. F. 2017. Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la región Puno. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Perú. 142p.
- Flores, C. Y., Bravo, P. R., Lima, M. I. y Machaca, C. C. 2017. Prospección de Nematodos Fitoparasitos en cultivo de Papa (*Solanum Tuberosum* L.) de la Región Puno. Revista de Investigaciones Altoandinas-Journal of High Andean Research, 19(1), 11-20.
- Fiscus, D., A. y Neher, D., A. 2002. Distinguishid nematode genera base don relative sensitivity to physical and chemical disturbances. Ecology applications 12.565-575.
- Gázquez, J. C. 2006. El cultivo del tomate: técnicas de cultivo. El Cultivo de tomate para fresco: Situación actual y perspectivas desde el punto de vista técnico y comercial. Coord: Hoyos Echevarría, P. y M. Martín Trujillo. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 9p.
- Gómez, L., Enrique, R., Hernández-Ochandía, D., Miranda, I., González, E., Peteira, B. y Rodríguez, M. G. 2012. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum lycopersicum* L. frente a *Meloidogyne incognita* Kofoid y White (Chitwood). Rev. Protección Veg. Vol. 27 No. 2: 111-116. 6p.
- Gómez, L., Rodríguez, M.G., Enrique, R., Miranda, I. y González, E. 2009. Factores limitantes de los rendimientos y calidad de las cosechas en la producción protegida de hortalizas en Cuba. Rev. Protección Veg. Vol. 24 No. 2: 117-122. 6p.
- Guzmán, Ó. A., Castaño, J. y Sánchez de Prager, M. 2013. Estudio preliminar del efecto de microorganismos benéficos sobre el tomate (*Solanum lycopersicum* l.) y el

- nematodo del nudo radical (*Meloidogyne* spp.). Revista Agronomía. 21(2): 51-64. 14p.
- Guzmán, Ó. A., Pérez, L. y Patiño, A. 2016. Reconocimiento de nemátodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* HAW.). ISSN 0123 - 3068 bol.cient.mus.hist.nat. 16 (2): 149 – 161.
- Handoo, Z. A. 1998. Plant parasitic nematodes. United States Department of Agriculture. USDA. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md/beltsville-agricultural-research-center/nematology-laboratory/docs/plant-parasitic-nematodes/>
- Hernández, M. A. 2010. Interacción de *Glomus mosseae*-*Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* y *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Resumen de Tesis en opción al Título Académico de Máster en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. *Rev. Protección Veg. Vol. 25 No. 2: 136.* 1p.
- Hickman, P. C., Roberts, L. S. y Parson, A. 1998. Principios Integrales de Zoología. McGraw-Hill Interamericana. Edición española. España, p. 311-320.
- Hogar. 2017. Home and Garden. El cultivo de tomate. Disponible en: <http://hogar.98905.com/plants-flowers-herbs/growing-tomatoes/1008025260.html>
- Hussey, R. S. y Barker, K. B. 1973. Comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Disease* 57:1025-1028 p.
- Inácio, M. L., Camacho, M. J., Nóbrega, F. y Andrade, E. 2017. Os nemátodes de quisto da batateira: ameaça crescente para os campos de batata em Portugal. INIAV, L.P. 3p.
- INTA, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. 2004. Manejo Integrado de Plagas - Cultivo del Tomate. Nicaragua. 66p.

- Jacquet, M., Bongiovanni, M., Martinez, M., Verschave, P., Wajnberg, E. y Castagnone-Sereno, P. 2005. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the Mi gene. *Plant Pathol.*; 54:93-99.
- Jaramillo, J., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas - BPA en la producción de Tomate bajo 52 Condiciones Protegidas. Corpoica - Mana - Gobernación de Antioquia - FAO. 331p.
- Jaramillo, Q. J. 2014. Evaluación de la actividad nematicida de cepas nativas y de colección de *Bacillus thuringiensis* contra el nematodo formador de nódulos de la raíz (*Meloidogyne incognita*). Como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias con Especialidad en Biotecnología. Universidad Autónoma de Nuevo León. 87p.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica – Mana – Gobernación De Antioquia – FAO. 331p.
- Jenkins, W. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. . *Plant disease reporter*, v. 48. 692 p.
- Kaur, S., Kang, S. S, Dhillon, N. K., y Sharma, A. 2016. Detection and characterization of *Meloidogyne* species associated with pepper in Indian Punjab. *Nematropica* 46:209-220.
- Lara, A., Castro, B. T., Castro, M. G., Castro, M. J. y Malpica, S. A. 2003. La importancia de los nemátodos de vida libre. Departamento el Hombre y su Ambiente. División de CBS UAM-Xochimilco. e-mail: rlara@cueyatl.uam.mx 4p.
- Lara, A. V., Núñez, A. E., López, D. y Carrión, G. 2016. Nemátodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz,

- México. Revista Mexicana de Fitopatología 34: 116-130. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1507-7.
- Lara, J., Acosta, N., Betancourt, C., Vicente, N. y Rodríguez, R. 1996. Control biológico de *Meloidogyne incognita* en tomate en Puerto Rico. Nematrópica 26: 143-152. 10p.
- León, L., López, J. A. y Bello, A. 2000. Control de *Meloidogyne incognita* en cultivo de tomate en Uruguay. *Bol. San. Veg. Plagas*, 26: 401-407. 7p.
- Lima, M. I. y Casa, C. V. H. (2016). Nematología agrícola. Especialización en nematología agrícola y prácticas de rutina para el diagnóstico.
- Liriano, R., Mirabal, O., Rodríguez, R. y Viltres, M. 2012. Uso del hongo *Trichoderma* spp. para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en tomate. *Centro Agrícola*, 39(4): 49-54. 6p.
- Lopes, E. A., Ferraz, S., Ferreira, P.A., Grassi de Freitas, L. y Dallemole-Giaretta, R. 2011. Soil amendment with chopped or ground dry leaves of six species of plants for the control of *Meloidogyne javanica* in tomato under green house conditions. *Ciencia Rural*, Santa María, v.41, n.6, p. 935-938. ISSN 0103-8478. 5p.
- López, L. M. 2016. Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (UE/IICA). Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá.
- López, J. 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). 24p.
- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. 2005. Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. 871p.

- Lugo, Z., Crozzoli, R., Molinari, S., Greco, N., Perichi, G. y Jiménez-Pérez, N. 2005. Patrones isoenzimáticos de poblaciones venezolanas de *Meloidogyne* spp. Vol. 18, N° 2. 5p.
- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica.
- MAG, Ministerio de Agricultura y ganadería. 2003. Enfermedades y artrópodos asociados al cultivo de loroco en el salvador. 24-25p. Disponible en: <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=1740>
- Mai, W. F. y Mullin, P. G. 1996. Plant parasitic nematodes. Quinta edición, Editorial Cornell University Press, Ithaca-Londres. 4p.
- Martínez, J., Díaz, T., Allende, R., García, R., Y Carrillo, J. 2015. Primer reporte de *Meloidogyne enterolobii* parasitando tomate en Culiacán, Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 11. p. 2165-2168. 5p.
- Martínez, J., Fuentes, L., Antúnez, A., Salinas, L. y Gonzales, V. 2012. Portainjertos en tomate como una barrera contra los patógenos del suelo. Parte II.
- Mayorga, A. y Jatala, P. 1993. Análisis electroforético de las proteínas nativas de los nemátodos: *Meloidogyne incognita*, *Globodera pallida*, *Nacobbus aberrans* y un nuevo nematodo aun no descrito. Revista de Química. Vol. VII. W 1. 8p.
- Medina, I., Coila, V., Gomes, C., Pereira, A. y Nazareno, N. 2014. Ocorrência de *Meloidogyne ethiopica* no Paraná e reação de cultivares de batata ao nematoide das galhas. *Horticultura Brasileira* v. 32. n. 4.
- Mella, I. P. 2004. Evaluación de la resistencia a nemátodos *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en nuevos portainjertos para duraznero. Proyecto de título presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero

Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Fruticultura y Enología.

- Musdagi, S. y Gozel, U. 2015. Çanakkale ili lahanası ekim alanlarında kist nematodu türlerinin (*Heterodera* spp.) belirlenmesi. Determination of cyst nematodes in cabbage areas in Canakkale province. DOI:<http://dx.doi.org/10.16969/teb.31711> Turk. entomol. bult., 2015, 5 (1): 11-20 ISSN 2146-975X. 10p.
- Navarro-Barthelemy, L., Gómez, L., Enrique, R., González, F. M. y Rodríguez, M. G. 2009. Comportamiento de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Frente a *Meloidogyne incognita* (kofoid y white) chitwood. *Rev. Protección Veg. Vol. 24 No. 1: 54-56.* 2p.
- Nemachile. 2017. Laboratorio de Analisis. Contacto: [luciarivera@nemachile.cl](mailto:luciarivera@nemachile.cl); [contactos@nemachile.cl](mailto:contactos@nemachile.cl) Fono: 08-2930211. Disponible en: <http://www.nemachile.cl/criconemella.html>
- Oostenbrink, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Wageningen: Landbouwhogeschool 6: 1-46 p.
- Ornat, C. y Verdejo, S. 1999. Distribución y densidad de población de *Meloidogyne* spp. en cultivos hortícolas de la comarca de El Maresme (Barcelona). Dpto. de Patología Vegetal. IRTA. 08348 Cabrils. 12p.
- Oscseeds. 2017. Catálogo de semillas de tomate. Copyright 2017 OSC Seeds. All Rights Reserved. Web Design and Content Management by REM Web Solutions. Disponible en: <http://www.oscseeds.com/ecommerce/-vegetable/-tomato/>
- Perry, R. N., Moens, M. y Starr, J. L. 2009. Root-knot Nematodes. UK by the MPG Books Group. 530p.
- Perry, R. N. y Moens, M. 2013. Plant Nematology. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn. 2da edición. 463 p.

- Perry, R. N. y Moens, M. 2006. Plant Nematology. CABI Pub. 463 p.
- Piedra, A., Díez-Rojo, M. A., Bello, A., Robertson, L., López-Pérez, J. A., Escuer, M. y L. de León. 2005. Comportamiento de *Meloidogyne incognita* sobre tomate y pimiento resistente en Uruguay. Nematológica Vol. 35, No. 2. 10p.
- Ravichandra, N. G. 2014. Horticultural Nematology. Department of Plant Pathology University of Agricultural Sciences Bangalore, Karnataka, India. 434p.
- Rodríguez, M.G., Gómez, L. y Peteira, B. 2007. *Meloidogyne mayaguensis* Rammah y Hirschmann, Plaga emergente para la Agricultura Tropical y Subtropical. Rev. Protección Veg. Vol. 22 No. 3 (2007): 183-198. 16p.
- Rodríguez, R., Tabares, J. y Medina, J. 1984. Cultivo Moderno del Tomate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España. 206p.
- Rosa, J., Westerich, J. y Wilcken, S. 2014. Reação de genótipos e híbridos de tomateiro à *Meloidogyne enterolobii*. Brasil. Ciência Rural, Santa María, v.44, n.7, p.1166-1171. 7p.
- Sakata. 2017. Solanaceas - tomate. Recuperado de: <http://www.sakata.com.br/cas/productos/hortalizas/solanaceas/tomate>.
- Salazar, W. y Guzmán, T. 2013a. Nemátodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. Agronomía Mesoamericana 24(1):27-36. 10p.
- Salazar, W. y Guzmán, T. 2013b. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. Agronomía Mesoamericana 24(2):419-426. Nicaragua. 8p.
- Salazar, W. y Guzmán, T. 2014. Efecto nematocida de extractos de *Quassia amara* y *Brugmansia suaveolens* sobre *Meloidogyne* sp. Asociado al tomate en Nicaragua. Agronomía Mesoamericana 25(1):111-119. 10p.

- Scholaen, S. 2005. Manejo Integrado de Plagas en Hortalizas. Un Manual para Extensionistas. Segunda edición GTZ GmbH. Honduras. 66p.
- Schneider, S. M., Roskopf, E. N., Leesch, J. G., Chellemi, D. O., Bull, C.T. y Mazzola, M. 2003. Research on alternatives to methyl bromide: Preplant and post harvest. Pest Management. *Science* 59: 814-826.
- Scott, A. J. y Knott, M. 1974. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512 p.
- Semiagro. 2017. Variedades de tomate. Recuperado de: <http://www.semiagro.com.pe/ver-producto.php?id=15>
- SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología. 2017. SENAMHI órgano oficial y rector del sistema hidrometeorológico nacional al servicio del desarrollo socio económico del país.
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2013. Nematodo dorado *Globodera rostochiensis*. Dirección General de Sanidad Vegetal-Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 19. 24 p.
- Siddiqi, M. R. 2000. Morphological characters and taxonomic methods. In: Tylenchide parasites of plant and insects. Second edition. CAB Internacional. UK.
- Solano, T. F., Castillo, M. L., Medina, J. V. y del Pozo, E. M. 2014. Efectividad de hongos nematófagos sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en tomate en condiciones de campo, Loja, Ecuador. *Rev. Protección Veg.* Vol. 29 No. 3: 192-196. 5p.
- Solorzano, O., Ramírez, M., Tobar, P. y Arturo C. 2004. Manejo Integrado de plagas y enfermedades del tomate. Comité de Innovación Tecnológica. SAN VICENTE. CENTA. Unión Europea. 20p.

- Sorribas, F. J. y Verdejo-Lucas, S. 1999. Capacidad parasitaria de *Meloidogyne* spp. En cultivos de tomate resistente. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 14 (1-2). España. 12p.
- Souza, R. M. 2008. Plant-Parasitic Nematodes of Coffee. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brazil. CCTA/Lab. Entomologia e Fitopatologia Av. Alberto Lamego, 2000. Campos dos Goytacazes (RJ). ricmsouza@censanet.com.br. 342p.
- Shurtleff, M. y Averre, C. 2000. Diagnostic plant diseases causes by nematodes. St Paul (USA): American Phytopathological Society APS PRESS. 187 p.
- Talavera, M. 2003. Introducción al Análisis y al control nematológico para agricultores y técnicas de agrupaciones de defensa vegetal. Manual de Nematología Agrícola. 23p.
- Talavera, M., Salmerón, T., Flor-Peregrín, E., Dolores, M., Chiroso, M., Fernández, M. y Verdejo, S. 2014. Manejo integrado de nemátodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. © Edita junta de andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Granada. 22p.
- Taylor, A. y Sasser, J. 1983. Biología, identificación y control de los nemátodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Proyecto internacional de *Meloidogyne*, 111.
- Thompson, T. 2009. Especialidades Agroquímicas. VADEMECUM. Edit. Limusa. 350p.
- Tjalling, H. 2006. Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. Cropkit. SQM. 84p.
- Torres, E. 2016. Tylenchus. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en: <https://prezi.com/qcvhul6uqo7o/tylenchus/> (Consultado el 15-11-2017).

- Tihohod, D. 2000. Nematología Agrícola Aplicada. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472.
- Vera, N. 2014. Técnica molecular de PCR para identificar las principales especies de *Meloidogyne* spp. en poblaciones provenientes de Perú. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Fitopatología. 109p.
- Verdejo-Lucas, S., Blanco, M. y Talavera, M. 2013. Detección de poblaciones virulentas de *Meloidogyne* frente al gen *Mi* de resistencia en tomate. Phytoma España. Hortícolas Transferencia Tecnológica. 5p.
- Vergel, D., Leguizamon, J., Cortina, H. y Torres, E. 2000. Reconocimiento y frecuencia de *Meloidogyne* spp. En una localidad de la zona cafetera central de Colombia. En: Boletín Técnico Cenicafé. Chinchiná. Vol. 51, No. 4. p. 285 – 295.
- Zaki, A., Siddiqui, Z.A., Iqbal, A. y Mahmood, I. 2001. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. Applied Soil Ecology. 185p.

**ANEXOS**

**Tabla 17:** Datos generales evaluados en los diferentes lugares de la región Tacna, 2015.

N°	CÓDIGO DE PRODUCTOR	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y/O SECTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			ALTITUD "msnm"
					LATITUD "S"	LONGITUD "W"		
1	PTY.1	Tacna	La Yarada	La Yarada media	18°12'39.95"	70°31'11.61"	37	
2	PTY.2	Tacna	La Yarada	La Yarada media	18°12'33.55"	70°31'0.71"	39	
3	PTY.3	Tacna	La Yarada	Asoc. Agro San Pedro	18°14'10.51"	70°31'34.97"	17	
4	PTP.1	Tacna	Pocollay	Pocollay	17°59'51.25"	70°13'08.41"	676	
5	PTC.1	Tacna	Calana	Calana	17°57'44.03"	70°13'20.60"	792	

Leyenda: PTY = productor de Tacna la Yarada. PTP = productor de Tacna Pocollay. PTC = productor de Tacna Calana.

**Tabla 18:** Datos generales evaluados en los diferentes lugares de la región Arequipa, 2016.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA							
Nº	CÓDIGO DE PRODUCTOR	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y/O SECTOR	LATITUD "S"	LONGITUD "W"	ALTITUD "msnm"
1	PAP1	Caylloma	El Pedregal	E-8 Parcela 41	16°22'56.80"	72°12'17.85"	1353
2	PAP2	Caylloma	El Pedregal	E-8 Parcela 24	16°22'49.52"	72°12'20.91"	1355
3	PAP3	Caylloma	El Pedregal	Parcela 2-38	16°21'55.83"	72°11'48.84"	1394
4	PAP4	Caylloma	El Pedregal	E-3 Parcela 1	16°23'13.92"	72°13'32.35"	1316
5	PAP5	Caylloma	El Pedregal	E-6 Parcela 69	16°23'49.00"	72°14'6.18"	1298
6	PAC1	Islay	Cocachacra	Fundo Santa María	17°6'59.88"	71°47'18.92"	41
7	PAPB1	Islay	Punta de Bombón	Crucero	17°10'11.65"	71°48'14.12"	18
8	PAPB2	Islay	Punta de Bombón	Crucero gramado	17°10'31.37"	71°48'93.9"	18
9	PAPB3	Islay	Punta de Bombón	Crucero gramado	17°10'31.37"	71°48'93.9"	18
10	PAPB4	Islay	Punta de Bombón	Los Pinos	17°9'54.87"	71°47'49.04"	23
11	PAPB5	Islay	Punta de Bombón	Los Pinos	17°9'57.12"	71°47'51.48"	23

Leyenda: PAP = productor de Arequipa Pedregal. PAC = productor de Arequipa Cocachacra. PAPB = productor de Arequipa Punta Bombón.

**Tabla 19:** Datos generales evaluados en los diferentes lugares de la región Puno, 2016.

N°	UBICACIÓN GEOGRÁFICA						
	CÓDIGO DE PRODUCTOR	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y/O SECTOR	LATITUD "S"	LONGITUD "W"	ALTITUD "msnm"
1	PPSG1	Carabaya	San Gabán	Casahuire	13°38'23.1"	70°27'32.8"	1409
2	PPSG2	Carabaya	San Gabán	Urohuasi	13°43'2.03"	70°27'18.30"	2101
3	PPA1	Carabaya	Ayapata	Cantani	13°44'01.9"	70°27'19.7"	2138
4	PPA2	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°43'23.02"	70°27'02.4"	2132
5	PPA3	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°43'03.5"	70°27'11.2"	2078
6	PPA4	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°43'14.56"	70°27'2.45"	2111
7	PPO1	Carabaya	Ollachea	Chintuni	13°43'33.5"	70°27'43.2"	2204

Leyenda: PPSG = productor de Puno San Gabán. PPA = productor de Puno Ayapata. PPO = productor de Puno Ollachea.

**Tabla 20:** Datos generales de las áreas evaluadas de la región Tacna, 2015.

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRAS	CÓDIGO DE PRODUCTOR	N° DE MUESTRAS COLECTADAS	ÁREA PARCELA (has)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
1	18/12/2015	PTY1	5	0.25	Frutos maduros	Arenoso	Presencia de nódulos en las raíces. Cultivo aplicado con nematocidas
2	18/12/2015	PTY2	5	0.15	Frutos verdes	Arenoso	Nodulación en las raíces. Cultivo
3	05/05/2016	PTY 3	0	0.15	Frutos maduros	Arenoso	aplicado con herbicidas, fungicidas y nematocidas
4	18/12/2015	PTP1	4	0.25	Frutos maduros	Arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
5	18/12/2015	PTC1	5	0.25	Frutos maduros	Arenoso	Cultivo aplicado con fungicidas y nematocidas

Leyenda: PTY = productor de Tacna la Yarada. PTP = productor de Tacna Pocollay. PTC = productor de Tacna Calana.

**Tabla 21:** Datos generales de las áreas evaluadas de la región Arequipa, 2016.

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRAS	CÓDIGO DE PRODUCTOR	N° DE MUESTRAS COLECTADAS	ÁREA PARCELA (has)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
1	14/01/2016	PAP1	5	1	Frutos maduros	Franco arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
2	14/01/2016	PAP2	5	5	Frutos maduros	Franco arenoso	Presencia de nódulos en la raíz.
3	14/01/2016	PAP3	5	5	Frutos maduros	Franco arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
4	15/01/2016	PAP4	5	5	Frutos maduros	Franco arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
5	15/01/2016	PAP5	5	5	Frutos maduros	Franco arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
6	16/01/2016	PAC1	5	1.05	Frutos verdes	Limo arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
7	16/01/2016	PAPB1	5	2	Frutos maduros	Limo arenoso	Aplican herbicidas y nematocidas
8	16/01/2016	PAPB2	5	1.25	Frutos maduros	Limo arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
9	16/01/2016	PAPB3	5	1.5	Frutos maduros	Limo arenoso	Aplican fungicidas y nematocidas
10	16/01/2016	PAPB4	5	2	Desarrollo vegetativo	Limo arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas
11	16/01/2016	PAPB5	5	1		Limo arenoso	Cultivo aplicado con nematocidas

Leyenda: PAP = productor de Arequipa Pedregal. PAC = productor de Arequipa Cocachaca. PAPB = productor de Arequipa Punta Bombón.

**Tabla 22:** Datos generales de las áreas evaluadas de la región Puno, 2016.

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRAS	CÓDIGO DE PRODUCTOR	N° DE MUESTRAS COLECTADAS	ÁREA PARCELA (has)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
1	28/03/2016	PPSG1	3	0.05	Frutos maduros	Arenoso arcilloso	Presencia de nódulos
2	28/03/2016	PPSG2	3	0.01	Frutos verdes	Arenoso arcilloso	
3	28/03/2016	PPA1	3	0.02	Frutos maduros	Franco arcillo arenoso	
4	28/03/2016	PPA2	3	0.04	Frutos maduros	Arenoso arcilloso Franco arcillo arenoso	Presencia de nódulos
5	28/03/2016	PPA3	3	0.01	Frutos maduros	Franco arcillo arenoso	
6	28/03/2016	PPA4	3	0.01	Frutos maduros	Franco arcillo arenoso	
7	28/03/2016	PPO1	3	0.02	Frutos maduros	Franco arcillo arenoso	Presencia de nódulos en la raíz.

Leyenda: PSG = productor de Puno San Gabán. PPA = productor de Puno Ayapata. PPO = productor de Puno Ollachea.

**Tabla 23:** Incidencia de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de tomate en la región Tacna, 2015; Arequipa, 2016 y Puno, 2016.

Región	Provincia	Distrito	N° de muestras analizadas	Nemátodos de vida libre							
				1.- <i>Meloidogyne</i> spp.	2.- <i>Pratylenchus</i> spp.	3.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	4.- <i>Tylenchus</i> spp.	5.- <i>Mesocriconema</i> spp.	6.- <i>Xiphinema</i> spp.	7.- <i>Globoderfa</i> spp.	
Tacna	Tacna	La yarada	10	6	0	6	0	2	4	0	6
	Tacna	Pocollay	4	0	1	3	0	0	0	0	4
	Tacna	Calana	5	1	1	2	0	0	0	0	3
Arequipa	Caylloma	El Pedregal	25	3	0	9	0	4	0	5	24
	Islay	Cocachacra	5	3	1	2	2	0	0	0	5
	Islay	Punta de Bombón	25	3	0	11	0	5	1	5	23
Puno	Carabaya	San Gabán	6	6	0	6	0	0	0	4	6
	Carabaya	Ayapata	12	9	2	7	0	3	3	12	9
	Carabaya	Ollachea	3	3	0	3	0	0	0	3	3
<b>Total de muestras</b>			<b>95</b>	<b>34</b>	<b>5</b>	<b>49</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>29</b>	<b>83</b>

**Tabla 24:** Datos de los nemátodos fitoparasitos identificados en los distritos de la región de Arequipa, 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo							
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	Organismos de vida libre	<i>Globodera</i>
PAP-M1.1	0	0	40	0	0	0	107	0.4
PAP-M1.2	0	0	67	0	0	0	27	0
PAP-M1.3	0	0	6.7	0	0	0	120	0
PAP-M1.4	0	0	0	0	0	0	73	0.8
PAP-M1.5	0	0	0	0	0	0	107	0
PAP-M2.1	0	0	0	0	0	0	93	0
PAP-M2.2	0	0	0	0	0	0	93	0
PAP-M2.3	0	0	0	0	0	0	80	0
PAP-M2.4	0	0	0	0	0	0	87	0
PAP-M2.5	0	0	0	0	0	0	60	0
PAP-M3.1	0	0	0	0	0	0	87	0
PAP-M3.2	0	0	0	0	93	0	53	0
PAP-M3.3	0	0	0	0	0	0	127	0
PAP-M3.4	0	0	13	0	47	0	140	0
PAP-M3.5	47	0	0	0	60	0	133	0.4
PAP-M4.1	0	0	0	0	0	0	33	0
PAP-M4.2	0	0	20	0	0	0	120	0
PAP-M4.3	0	0	0	0	0	0	53	0
PAP-M4.4	133	0	27	0	0	0	73	0
PAP-M4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
PAP-M5.1	0	0	6.7	0	0	0	93	0
PAP-M5.2	0	0	0	0	0	0	113	0.4
PAP-M5.3	0	0	20	0	0	0	120	0
PAP-M5.4	27	0	27	0	27	0	120	0.4
PAP-M5.5	0	0	0	0	0	0	73	0
PAC-M1.1	0	0	60	0	0	0	93	0
PAC-M1.2	60	0	0	113	0	0	133	0
PAC-M1.3	120	33	0	0	0	0	133	0
PAC-M1.4	0	0	0	53	0	0	160	0
PAC-M1.5	13	0	80	0	0	0	100	0
PAPB-M1.1	0	0	0	0	0	0	0	0
PAPB-M1.2	0	0	0	0	0	0	93	0.4
PAPB-M1.3	107	0	113	0	0	0	140	0
PAPB-M1.4	53	0	200	0	0	13	147	0
PAPB-M1.5	0	0	173	0	0	0	73	0.4
PAPB-M2.1	0	0	47	0	0	0	100	0
PAPB-M2.2	0	0	0	0	13	0	120	0
PAPB-M2.3	0	0	0	0	0	0	140	0
PAPB-M2.4	0	0	0	0	13	0	133	0
PAPB-M2.5	0	0	0	0	0	0	100	0
PAPB-M3.1	0	0	0	0	0	0	60	0
PAPB-M3.2	0	0	0	0	0	0	120	0.4
PAPB-M3.3	60	0	0	0	0	0	67	0
PAPB-M3.4	0	0	20	0	0	0	120	0
PAPB-M3.5	0	0	13	0	27	0	127	0
PAPB-M4.1	0	0	33	0	0	0	253	0
PAPB-M4.2	0	0	0	0	0	0	133	0
PAPB-M4.3	0	0	13	0	0	0	213	0
PAPB-M4.4	0	0	0	0	0	0	73	0
PAPB-M4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
PAPB-M5.1	0	0	13	0	0	0	227	0
PAPB-M5.2	0	0	47	0	0	0	147	0.4
PAPB-M5.3	0	0	127	0	20	0	147	0
PAPB-M5.4	0	0	0	0	0	0	120	0.8
PAPB-M5.5	0	0	0	0	27	0	140	0

Leyenda: PAP = productor de Arequipa Pedregal. PAC = productor de Arequipa Cocachacra. PAPB = productor de Arequipa Punta Bombón. M = muestra. El género *Globodera* esta expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

**Tabla 25:** Datos de los nemátodos fitoparásitos identificados en los distritos de la región de Tacna, 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo						
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	Organismos de vida libre	<i>Globodera</i>
PTY-M1.1	1640	0	260	0	13.33	240	0
PTY-M1.2	4287	0	80	6.667	6.667	326.7	0
PTY-M1.3	706.7	0	106.7	0	0	240	0
PTY-M1.4	293.3	0	173.3	73.33	86.67	260	0
PTY-M1.5	560	0	86.67	0	6.667	206.7	0
PTY-M2.1	333.3	0	106.7	0	0	100	0
PTY-M2.2	0	0	0	0	0	0	0
PTY-M2.3	0	0	0	0	0	0	0
PTY-M2.4	0	0	0	0	0	0	0
PTY-M2.5	0	0	0	0	0	0	0
PTP-M1.1	0	0	0	0	0	106.7	0
PTP-M1.2	0	0	146.7	0	0	73.33	0
PTP-M1.3	0	0	113.3	0	0	120	0
PTP-M1.4	0	6.667	113.3	0	0	213.3	0
PTC-M1.1	0	26.67	140	0	0	173.3	0
PTC-M1.2	33.33	0	106.7	0	0	126.7	0
PTC-M1.3	0	0	0	0	0	106.7	0
PTC-M1.4	0	0	0	0	0	0	0
PTC-M1.5	0	0	0	0	0	0	0

Leyenda: PTY = productor de Tacna la Yarada. PTP = productor de Tacna Pocollay. PTC = productor de Tacna Calana. M = muestra. El género *Globodera* esta expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

**Tabla 26:** Datos de los nemátodos fitoparasitos identificados en los distritos de la región de Puno, 2016.

CÓDIGO DE MUESTRA	Individuos juveniles/100 cm <sup>3</sup> de suelo							
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	Organismos de vida libre	<i>Globodera</i>
PPSG-M1.1	80	0	187	0	0	0	333	4.4
PPSG-M1.2	253	0	267	0	0	0	153	21.2
PPSG-M1.3	93.3	0	66.7	0	0	0	73.3	7.6
PPSG-M2.1	293	0	207	0	0	0	133	18.4
PPSG-M2.2	247	0	260	0	0	0	153	0
PPSG-M2.3	367	0	93.3	0	0	0	240	0
PPA-M1.1	0	0	0	0	0	0	0	1.6
PPA-M1.2	0	0	0	0	0	0	0	12.8
PPA-M1.3	0	0	0	0	0	0	0	8.8
PPA-M2.1	280	0	0	0	207	66.7	120	7.2
PPA-M2.2	467	220	86.7	0	66.7	40	360	4.8
PPA-M2.3	500	93.3	0	0	147	26.7	227	13.2
PPA-M3.1	393	0	120	0	0	0	220	11.6
PPA-M3.2	287	0	167	0	0	0	86.7	45.6
PPA-M3.3	160	0	207	0	0	0	120	15.6
PPA-M4.1	253	0	60	0	0	0	320	3.2
PPA-M4.2	247	0	107	0	0	0	247	9.6
PPA-M4.3	60	0	240	0	0	0	167	3.2
PPO-M1.1	160	0	53.3	0	0	0	113	4
PPO-M1.2	313	0	140	0	0	0	107	7.2
PPO-M1.3	627	0	253	0	0	0	147	6.4

Leyenda: PPSG = productor de Puno San Gabán. PPA = productor de Puno Ayapata. PPO = productor de Puno Ollachea. M = muestra. El género *Globodera* esta expresado en quistes/100 cm<sup>3</sup> de suelo.

**Tabla 27:** Factores climatológicos de la región Arequipa, 2016. Estaciones Santa Rita y Pampa Blanca.

Meses del año 2016	T °C Máxima			T °C Mínima			T °C Media			% HR promedio			Precipitación mm	
	Santa Rita	Pampa Blanca	Santa Rita	Pampa Blanca	Santa Rita	Pampa Blanca	Santa Rita	Pampa Blanca	Santa Rita	Pampa Blanca	Santa Rita	Pampa Blanca	Santa Rita	Pampa Blanca
	<b>Enero</b>	20.9	29.9	20.1	20.9	20.5	25.4	59,5	71,6	11,0	0,0			
<b>Febrero</b>	21.9	30.8	21.2	21.9	21.5	26.3	66,6	72,7	14,4	0,1				
<b>Marzo</b>	20.9	30.9	20.1	20.6	20.5	25.7	68,7	75,7	13,7	0,0				
<b>Abril</b>	19.6	27.4	18.9	18.3	19.3	22.8	70,4	76,6	13,1	0,0				
<b>Mayo</b>	18	25.6	17	15.8	17.5	20.7	53,9	76,6	6,7	0,0				
<b>Junio</b>	16.2	22.5	15.1	14.6	15.7	18.5	49,0	79,2	3,3	0,0				
<b>Julio</b>	16.1	21.3	14.9	14.7	15.5	18	47,6	81,6	2,6	0,0				
<b>Agosto</b>	16.3	21.7	15.2	14.8	15.7	18.3	44,8	79,6	2,1	0,0				
<b>Septiembre</b>	17.6	22.4	16.7	15	17.1	18.7	41,4	77,0	2,3	0,0				
<b>Octubre</b>	17.6	23.3	16.5	16	17	19.7	50,5	77,0	4,8	0,0				
<b>Noviembre</b>	18.2	26.1	17.2	16.8	17.7	21.4	51,0	72,3	5,6	0,0				
<b>Diciembre</b>	19.4	28	18.5	18.6	18.9	23.3	60,1	68,2	9,5	0,0				

Leyenda: T°C= Temperatura en grados centígrados, %HR= Porcentaje de humedad relativa, mm= milímetros cúbicos.

**Tabla 28:** Factores climatológicos de la región Tacna, 2016. Estaciones La Yarada, Jorge Basadre y Calana

Meses del año 2016	T °C Máxima			T °C Mínima			T °C Media			% HR Promedio			Precipitación mm		
	La Yarada	Jorge Basadre	Calana	La Yarada	Jorge Basadre	Calana	La Yarada	Jorge Basadre	Calana	La Yarada	Jorge Basadre	Calana	La Yarada	Jorge Basadre	Calana
<b>Enero</b>	27,1	27,3	27,0	14,9	16,9	15,4	21,0	22,1	21,2	83,4	70,6	75,8	0,005	0,0	0
<b>Febrero</b>	28,4	28,6	28,3	21,0	18,8	16,6	24,7	23,7	22,4	79,4	70,1	75,3	0,02	0,0	0
<b>Marzo</b>	28,2	28,9	27,6	17,9	17,7	15,3	23,0	23,3	21,5	82,9	75,0	76,0	0,12	0,1	0
<b>Abril</b>	25,4	25,8	25,5	16,6	15,7	14,0	21,0	20,7	19,8	80,3	77,4	79,4	0	0,0	0
<b>Mayo</b>	23,5	23,0	23,7	14,1	13,3	10,2	18,8	18,2	17,0	80,7	80,9	79,9	0	0	0
<b>Junio</b>	21,1	21,5	22,4	14,1	12,0	9,0	17,6	16,8	15,7	82,4	74,7	75,8	0	0	0
<b>Julio</b>	21,0	20,3	21,4	14,4	11,2	8,8	17,7	15,8	15,1	83,1	81,2	80,1	0	0	0
<b>Agosto</b>	20,3	20,9	21,9	15,1	11,5	8,4	17,7	16,2	15,1	84,2	78,6	78,5	0	0	0
<b>Septiembre</b>	21,1	22,6	23,3	14,6	11,7	9,2	17,8	17,1	16,2	85,0	78,4	77,1	0	0	0
<b>Octubre</b>	22,7	24,2	23,9	16,5	13,2	11,0	19,6	18,7	17,4	84,1	73,8	76,9	0	0	0
<b>Noviembre</b>	24,5	25,9	25,5	15,3	14,0	11,7	19,9	19,9	18,6	83,8	68,0	73,4	0	0	0
<b>Diciembre</b>	25,7	27,1	26,1	15,8	15,6	13,3	20,8	21,4	19,7	85,4	67,2	74,5	0	0	0

Leyenda: T°C= Temperatura en grados centígrados, %HR= Porcentaje de humedad relativa, mm= milímetros cúbicos.

**Tabla 29:** Factores climatológicos de la región Puno, 2016.

Meses del año 2015-2016	T °C		T °C		T °C		% HR		Precipitación	
	Máxima	San Gabán	Mínima	Ollachea	Media	San Gabán	Promedio	Ollachea	Mm	San Gabán
<b>Agosto</b>	18,5	28,7	7,1	14,6	12,7	21,6	83,0	90,0	26,1	584,0
<b>Septiembre</b>	19,4	30,2	8,9	16,4	14,1	16,4	84,0	87,0	22,4	618,3
<b>Octubre</b>	19,3	30,7	9,4	17,1	14,4	23,9	84,0	86,0	40,0	361,3
<b>Noviembre</b>	19,0	29,7	10,2	17,9	14,6	17,9	87,0	88,0	117,3	441,6
<b>Diciembre</b>	17,9	29,2	10,2	18,2	14,0	18,2	88,0	89,0	132,2	805,9
<b>Enero</b>	19,6	30,1	10,9	18,7	15,2	18,7	76,0	86,0	165,0	822,1
<b>Febrero</b>	18,8	28,9	10,7	19,3	14,8	19,3	88,0	86,0	189,7	820,6
<b>Marzo</b>	19,7	29,6	9,9	17,5	14,8	19,4	82,0	87,4	71,0	636,3

Leyenda: T °C= Temperatura en grados centígrados, %HR= Porcentaje de humedad relativa, mm=milímetros cúbicos. Los meses de agosto a diciembre son del año 2015 y de enero a marzo son del año 2016.

**Tabla 30:** Datos de los parámetros evaluados de nueve variedades de tomate inoculados con el nemátodo del nódulo de la raíz, especie *Meloidogyne incognita*, 2016.

<i>Meloidogyne incognita</i>							
VARIEDAD	REPETICIÓN	TALLO			RAÍZ		
		ALTURA (cm)	PESO (g)	Nº FRUTOS	PESO (g)	Nº NODULO	FACTOR DE REPRODUCCIÓN
GALILEA	1	55	240	9	75	11	4,3
	2	60	265	11	58	16	6,5
	3	55	275	9	63	5	4,2
	4	72	205	10	47	8	3,7
	5	60	280	6	45	6	2,1
	6	68	210	8	66	7	9,3
MATUSALEM	1	71	260	14	62	23	4,1
	2	67	215	10	43	15	5,3
	3	80	205	9	45	18	3,3
	4	70	235	10	41	9	2,3
	5	90	230	5	53	16	3,4
	6	41	85	10	27	18	2,7
PATIO	1	67	280	20	30	31	4,2
	2	42	475	12	20	21	8,1
	3	36	325	17	30	18	10,3
	4	38	480	27	28	29	6,2
	5	55	405	16	33	30	11,2
	6	63	345	18	30	26	8,5
ITALIANO	1	75	285	10	61	56	9,1
	2	77	250	8	54	24	5,1
	3	90	250	4	35	33	8,9
	4	80	220	12	45	28	6,7
	5	70	225	7	30	38	3,2
	6	100	235	6	45	23	6,1
SANTA CRUZ	1	70	265	10	36	29	5,4
	2	86	265	8	30	12	2,1
	3	97	290	7	30	32	9,6
	4	85	265	5	43	16	6,8
	5	116	325	10	40	14	3,2
	6	93	330	17	30	16	9,1
CELEBRITY	1	77	312	14	30	59	11,5
	2	86	395	14	28	53	5,2
	3	55	260	8	40	42	8,1
	4	90	290	7	36	35	6,3
	5	90	320	11	35	27	10,3
	6	95	385	12	30	38	3,5
AMELIORE	1	91	315	9	41	18	5,3
	2	47	335	6	42	15	2,1
	3	90	305	9	52	23	8,3
	4	84	380	8	43	21	9,1
	5	120	300	14	29	9	4,3
	6	84	335	7	46	18	3,8
SWEETIE	1	76	370	25	30	19	8,5
	2	122	270	16	28	15	6,9
	3	120	235	6	30	27	5,7
	4	117	225	3	29	29	9,4
	5	126	205	7	29	22	6,8
	6	98	210	5	25	19	7,9
RUTGER	1	74	200	9	30	62	8,4
	2	76	235	6	37	77	10,3
	3	85	240	6	26	75	9,1
	4	76	220	7	40	61	14,2
	5	82	300	9	26	65	12,8
	6	90	250	12	29	50	8,2

**Tabla 31:** Datos de los parámetros evaluados de nueve variedades de tomate inoculados con el nemátodo del nódulo de la raíz, especie *Meloidogyne javanica*, 2016.

<i>Meloidogyne javanica</i>							
VARIEDAD	REPETICIÓN	TALLO			RAÍZ		
		ALTURA (cm)	PESO (g)	Nº FRUTOS	PESO (g)	Nº NODULO	FACTOR DE REPRODUCCIÓN
GALILEA	1	63	230	24	61	56	7,5
	2	73	250	16	36	78	6,4
	3	69	195	15	45	85	6,3
	4	80	270	25	45	84	7,9
	5	75	215	13	50	48	5,6
	6	79	210	35	47	88	8,3
MATUSALEM	1	82	245	16	55	82	6,2
	2	103	220	12	54	78	4,3
	3	87	345	16	49	85	5,8
	4	80	290	6	30	63	6,4
	5	89	218	12	49	74	5,4
	6	8	20	0	10	67	7,9
PATIO	1	51	400	39	33	59	6,3
	2	52	440	32	30	52	5,8
	3	46	470	28	36	54	7,9
	4	53	465	36	34	58	6,9
	5	56	330	38	63	52	5,4
	6	56	322	21	33	39	6,7
ITALIANO	1	86	190	9	52	64	7,1
	2	90	230	15	34	89	8,1
	3	71	317	12	35	78	7,8
	4	94	226	12	52	88	6,1
	5	80	243	8	33	85	6,5
	6	75	236	14	41	92	9,4
SANTA CRUZ	1	87	225	9	55	112	8,3
	2	82	256	22	60	85	5,6
	3	120	274	22	37	86	6,1
	4	70	245	33	60	99	6,4
	5	83	276	20	41	71	5,8
	6	108	290	10	51	97	6,8
CELEBRITY	1	75	270	13	58	92	9,5
	2	77	288	14	61	85	6,7
	3	74	263	17	40	64	6,4
	4	73	252	12	38	63	9,6
	5	74	395	14	55	59	8,1
	6	69	266	23	62	73	7,8
AMELIORE	1	67	304	24	50	78	5,8
	2	66	252	28	75	75	9,8
	3	75	190	3	43	84	6,4
	4	89	255	12	61	59	8,8
	5	86	305	11	61	94	9,3
	6	63	200	14	56	56	7,9
SWEETIE	1	109	315	10	64	99	12,4
	2	108	285	21	27	138	5,3
	3	97	245	13	26	89	14,2
	4	108	278	20	31	126	11,8
	5	124	310	17	30	114	3,6
	6	118	300	17	32	98	9,8
RUTGER	1	86	224	4	38	86	16,8
	2	83	306	13	37	92	13,8
	3	68	310	12	50	108	8,6
	4	73	310	20	62	87	11,8
	5	92	290	19	41	41	6,1
	6	102	269	12	31	90	8,9

**Tabla 32:** Aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para el análisis de los datos leídos de nematodos fitoparásitos de distritos Pedregal, Cocachaca y Punta Bombón de la región Arequipa, 2016.

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>									
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	<i>Globodera</i>	Total de Fitoparásitos	Vida Libre
Chi-cuadrado	7,313	10,000	1,167	20,370	1,063	1,200	1,192	8,569	8,437
G1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. Asintótica	,026	,007	,558	,000	,588	,549	,551	,014	,015

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: DISTRITO

**Tabla 33:** Aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para el análisis de los datos leídos de nematodos fitoparásitos de distritos La Yarada, Pocollay y Calana de la región Tacna, 2016.

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>									
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	<i>Globodera</i>	Total de Fitoparásitos	Vida Libre
Chi-cuadrado	5,720	2,361	1,453	,000	1,900	4,253	,000	2,223	,640
G1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. Asintótica	,050	,307	,484	1,000	,387	,119	1,000	,329	,726

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: DISTRITO

**Tabla 34:** Aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis para el análisis de los datos lecturados de nematodos fitoparásitos de distritos San Gabán, Ollachea y Ayapata de la región Puno, 2016.

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>									
	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Mesocriconema</i>	<i>Xiphinema</i>	<i>Globodera</i>	Total de Fitoparásitos	Vida Libre
Chi-cuadrado	1,364	1,575	4,764	,000	2,482	2,482	,935	,299	1,141
Gl	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. asintótica	,506	,455	,092	1,000	,289	,289	,626	,861	,565

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: DISTRITO



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Innovate!

## CONSTANCIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES Y ENTRENAMIENTO

EL QUE SUSCRIBE, INVESTIGADOR DEL PROYECTO  
*MELOIDOGYNE*.

**Ph. D. Israel Lima Medina**

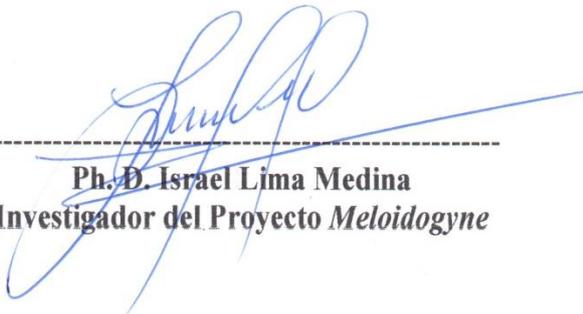
### CONSTA:

Que, el Sr. **SHADAM ELVIS CHECAHUARI JARATA**, identificado con DNI N° 47003888, domiciliado en el jirón San Santiago N° 161, de la ciudad de Puno. Bachiller de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, ha realizado sus **PRACTICAS PROFESIONALES Y ENTRENAMIENTO** en técnicas bioquímicas y moleculares en el área de Sanidad Vegetal en el laboratorio de Sanidad Vegetal (UNA - Puno) del proyecto: Diversidad biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares, durante el período comprendido entre el 02 de Noviembre del 2015 al 18 de Noviembre del 2016.

Demostrando durante su permanencia capacidad, responsabilidad, honestidad, honradez y dedicación en las labores que se le fue encomendadas.

Se le expide el presente documento a solicitud del interesado, para los fines que crea necesario.

PUNO, 02 de Agosto del 2018.



---

**Ph. D. Israel Lima Medina**  
Investigador del Proyecto *Meloidogyne*