

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA RAÍZ
(*Meloidogyne* spp.) EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CUSCO Y PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

MARILIA ISABEL AGUILAR GÓMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

**Mención: TROPICULTURA
PROMOCIÓN: 2015-I**

**PUNO-PERÚ
2017**

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

“CARACTERIZACIÓN DEL NEMATODO DEL NÓDULO DE LA RAÍZ
(*Meloidogyne* spp.) EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CUSCO Y PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

MARILIA ISABEL AGUILAR GÓMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

CON MENCIÓN EN: TROPICULTURA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 05 DE JULIO DE 2017



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....
Ing. M. Sc. Isaac Ticona Zúñiga

PRIMER MIEMBRO

.....
Dr. Ernesto Javier Chura Yupanqui

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dr. Victor Hugo Casa Coila

DIRECTORA DE TESIS

.....
Ing. M. Sc. Rosario Ysabel Bravo Portocarrero

ASESOR

.....
Ph. D. Israel Lima Medina

PUNO - PERÚ

2017

Área: Ciencias Agrícolas

Tema: Manejo agronómico de cultivos

DEDICATORIA

A Dios, por derramar sobre mí su infinita
gracia y bendiciones.

A mi madre, por todo su esfuerzo, amor,
comprensión, dedicación, sacrificio y todos
aquellos detalles que, aunque no los
merezco, ella siempre los tiene conmigo.

A mis hermanas Dianet y Debora, porque
siempre me brindaron su apoyo y
alentaron enérgicamente en cada etapa de
mi vida.

A toda mi familia, que me dieron ánimos y
consejos durante mi proceso de formación
como persona, en especial a mis queridos
padrinos Gladys y Guido, a pesar de la
distancia siempre están presentes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida, salud y fortaleza en cada paso que he dado en la vida. A María Santísima Virgen y Madre, intercesora y mediadora de todos mis sueños, anhelos y proyectos ante mi Padre Creador.

A mi familia, especialmente a mi madre y hermanas por todo el apoyo que me brindaron en el transcurso de mi proyecto de investigación.

A la Universidad Nacional del Altiplano y a mi Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por haberme formado y brindado conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ph. D. Israel Lima Medina, por su orientación, apoyo, confianza y paciencia durante la realización del presente trabajo de investigación.

A la Ing. M Sc. Rosario Bravo Portocarrero por el apoyo brindado en el transcurso de este trabajo de investigación; y por haberme guiado en esta labor científica con un gran interés.

A mis compañeros y amigos que siempre formarán parte de los mejores recuerdos de mi vida, especialmente a Martha Cuno Ortiz por ser el más sincero y desinteresado apoyo, especialmente al Pbro. Berly Brayan, por ser un apoyo necesario y continuo, además de ser una guía espiritual, siendo ejemplo de servicio y humildad.

La presente investigación fue financiada por INNOVATE – PERÚ (Ministerio de la producción) mediante el proyecto titulado: “Diversidad biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares” correspondiente al convenio 346-PNICP-BRI-2015.

ÍNDICE

RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.3.OBJETVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.1. MARCO TEÓRICO	23
2.1.1. Origen, evolución y distribución del maíz.....	23
2.1.2. Ubicacion taxonómica	25
2.1.3. El maíz en el Perú	25
2.1.4. Desarrollo fenológico	27
2.1.5. Razas de maíz	28
2.1.6. Nematodos fitoparásitos.....	30
2.1.7. Géneros de nematodos fitoparásitos	31
2.1.8. “Nematodo del nódulo de la raíz” (<i>Meloidogyne</i> spp.)	34
2.1.9. Nematodos de vida libre	39
2.2. MARCO CONCEPTUAL	40
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
CAPÍTULO III	
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	44

3.1. Fase de campo	44
3.1.3. Colecta de muestras de suelo	45
3.2. Fase de laboratorio.....	46
3.2.1. Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964).....	47
3.2.2. Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D’herde, 1972), para evaluar parámetros de resistencia.....	49
3.2.3. Caracterización morfológica de nematodos fitoparásitos.....	50
3.2.4. Caracterización bioquímica para identificación de especies de <i>Meloidogyne</i> spp., inoculados en las seis razas de maíz.....	51
3.2.5. Evaluación de la resistencia de razas de maíz a <i>M. javanica</i>	53

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	55
4.1. Ámbito de investigación	55
4.2. Lugar de observación e identificación de nematodos	56
4.3. Duración.....	57
4.4.- Información meteorológica de las zonas evaluadas.....	57

CAPÍTULO V

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	61
5.1. IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS A MAÍZ EN LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS EN LAS REGIONES DE PUNO Y CUSCO	61
5.1.1. Género <i>Helicotylenchus</i>	62
5.1.2. Género <i>Mesocriconema</i>	63
5.1.3. Género <i>Xiphinema</i>	64
5.1.4. Género <i>Globodera</i>	65
5.1.5. Género <i>Rotylenchus</i>	66
5.1.6. Género <i>Dorylaimus</i>	67
5.1.7. Nematodos de vida libre.....	67

5.2. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ.....	69
5.2.1 Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> en el cultivo de maíz de la región Puno.....	72
5.2.2. Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> en el cultivo de maíz de la región Puno.	75
5.2.3 Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Xiphinema</i> en el cultivo de maíz de la región Puno..	78
5.2.4 Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Globodera</i> en el cultivo de maíz de la región Puno..	80
5.2.5 Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Rtoylenchus</i> en el cultivo de maíz de la región Puno..	82
5.2.6 Variación de la densidad poblacional promedio del género <i>Dorylaimus</i> en el cultivo de maíz de la región Puno..	84
5.2.7 Variación de la densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en el cultivo de maíz de la región Puno..	85
5.3 RESISTENCIA DE SEIS RAZAS DE MAIZ AL NEMATODO NÓDULO DE LA RAÍZ (<i>Meloidogyne javanica</i>).....	88
5.3.1. Evaluación de la altura de la planta (AP) en seis razas de maiz inoculadas con <i>M. javanica</i>	91
5.3.2. Evaluación del peso de la parte aérea de la planta (PPAP) en seis razas de maiz inoculadas con <i>M. javanica</i>	92
5.3.3. Evaluación del peso de la raíz (PR) en seis razas de maiz inoculadas con <i>M. javanica</i>	93
5.3.4 Evaluación del número de huevos y juveniles (NHJ) y el factor de reproducción (FR) en seis razas de maiz inoculadas con <i>M. javanica</i>	94
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estadios reproductivos y vegetativos de una planta de maíz. Fuente: CIMMYT (2004)	27
Tabla 2: Distritos evaluados en la Región Puno	44
Tabla 3: Distritos evaluados en la Región Cusco	45
Tabla 4: Características morfológicas y morfométricas de los géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en los distritos evaluados de las Regiones de Puno y Cusco.....	68
Tabla 5: Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (<i>Helicotylenchus</i> spp., <i>Mesocriconema</i> spp., <i>Xiphinema</i> spp., <i>Rotylenchus</i> spp., <i>Dorylaimus</i> spp., <i>Globodera</i> spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (Densidades poblaciones mayores y densidades poblacionales menores) presentes en cada distrito muestreado en la región Puno	70
Tabla 6: Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (<i>Helicotylenchus</i> spp., <i>Mesocriconema</i> spp., <i>Xiphinema</i> spp., <i>Globodera</i> spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (Densidades poblaciones mayores y densidades poblacionales menores) presentes en cada distrito muestreado en la región Cusco.....	71
Tabla 7: Altura de la planta de seis razas de maíz inoculadas con <i>M. javanica</i>	91
Tabla 8: Peso la parte aérea de la planta de seis razas de maíz inoculadas con de <i>M. javanica</i>	92
Tabla 9: Peso de la raíz de seis razas de maíz inoculadas con <i>M. javanica</i>	93
Tabla 10: Numero de huevos y juveniles y el Factor de reproducción de seis razas de maiz inoculadas con <i>M. javanica</i>	94
Tabla 11: Datos generales de los lugares evaluados de la región Puno (Ubicación geográfica)	110
Tabla 12: Datos generales de los lugares evaluados de la región Puno	112
Tabla 13: Datos generales de los lugares evaluados de la región Cusco (Ubicación geográfica)	115
Tabla 14: Datos generales de los lugares evaluados de la región Cusco.....	116
Tabla 15: Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la región Puno....	117

Tabla 16: Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la región Cusco	117
Tabla 17: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Chupa de la región Puno	118
Tabla 18: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Sandia de la región Puno	119
Tabla 19: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de San Juan del Oro de la región Puno	121
Tabla 20: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Cuyocuyo de la región Puno	122
Tabla 21: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Ayapata de la región Puno	123
Tabla 22: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Ollachea de la región Puno	124
Tabla 23: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de San Gabán de la región Puno	125
Tabla 24: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Urubamba de la región Cusco	126
Tabla 25: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Pisac de la región Cusco	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de <i>Meloidogyne</i> spp.....	37
Figura 2: A: Maizal en el distrito de Sandia B: Etiquetado de bolsas para colecta de suelos de maíz C: Colecta de suelo del cultivo de maíz en bolsas de plástico D: Raíz de una planta de maíz	46
Figura 3: A: Mezcla de suelo del cultivo de maíz, de proporción 250 cm ³ de suelo con un litro de agua B: Vertido del sobrenadante en los tamices 60, 100 y 400 Mesh respectivamente C: Recolecta de suelo del tamiz 400 Mesh para procedimiento de centrifugación D: Proceso de centrifugación con solución cal deshidratada.....	48
Figura 4: A: Adicionando solución sacarosa B: Centrifugación de muestra de suelo con solución sacarosa a 1,750 rpm/un minuto C: Lavado con chorros fuertes de agua del sobrenadante, para eliminar la solución sacarosa D: Recolecta de nematodos para su posterior identificación en estereoscopio.....	49
Figura 5: A: Raíces de maíz B: Solución de hipoclorito de sodio adicionada a la licuadora con las raíces picadas C: Licuado a máxima velocidad durante un minuto de las raíces de maíz D: Recolección de la muestra.....	50
Figura 6: A: Hembras de <i>M. javanica</i> almacenadas en tubos capilares con solución tritón B: Corrida de gel en cuba a 80 voltios por aproximadamente 4 horas C: Gel después de 4 horas D: Gel llevado a la Incubadora a 37°C durante unos 20 a 30 minutos E: Bandas esterásticas de <i>M. javanica</i> J2	52
Figura 7: A: Invernadero donde se realizó la prueba de resistencia de seis razas de maíz a <i>Meloidogyne javanica</i> , ambiente controlado a 20±5°C (Facultad de Ciencias Agrarias) B: Razas de maíz utilizadas para la evaluación de resistencia.	54
Figura 8: Mapa de ubicación de los distritos evaluados en la región Puno.	55
Figura 9: Mapa de ubicación de los distritos evaluados en la región Cusco.....	56
Figura 10: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Chupa- Región Puno.....	57
Figura 11: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Cuyocuyo- Región Puno.....	58
Figura 12: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de San Juan del Oro- Región Puno	58
Figura 13: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Ollachea- Región Puno	59

Figura 14: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de San Gabán- Región Puno.....	59
Figura 15: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Pisac- Región Cusco.....	60
Figura 16: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Urubamba- Región Cusco.....	60
Figura 17: A: Cuerpo del género <i>Helicotylenchus</i> B: Estilete del género <i>Helicotylenchus</i> C: Parte posterior (cola) redondeada	63
Figura 18: A: Cuerpo del género <i>Mesocriconema</i> B: Estilete del <i>Mesocriconema</i>	64
Figura 19: A: Estilete de género <i>Xiphinema</i> B: Cuerpo en forma vermiforme del género <i>Xiphinema</i>	64
Figura 20: A: Quiste del género <i>Globodera</i>	66
Figura 21: A: Estilete del género <i>Rotylenchus</i> B: Cuerpo del género <i>Rotylenchus</i> C: Parte posterior (cola) del género <i>Rotylenchus</i>	66
Figura 22: A: Cavidad bucal esclerotizada (odontoestilete) de un nematodo de vida libre B: Nematodo de vida libre	68
Figura 23: Densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> en el cultivo de maíz de la región Puno.....	72
Figura 24: Densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> en el cultivo de maíz de la región Cusco.....	74
Figura 25: Densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> en el cultivo de maíz de la región Puno.....	75
Figura 26: Densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> en el cultivo de maíz de la región Cusco.....	77
Figura 27: Densidad poblacional promedio del género <i>Xiphinema</i> en el cultivo de maíz de la región Puno	78
Figura 28: Densidad poblacional promedio del género <i>Xiphinema</i> en el cultivo de maíz de la región Cusco.....	80
Figura 29: Densidad poblacional promedio del género <i>Globodera</i> en el cultivo de maíz de la región Puno	80
Figura 30: Densidad poblacional promedio del género <i>Globodera</i> en el cultivo de maíz de la región Cusco.....	81
Figura 31: Densidad poblacional promedio del género <i>Rotylenchus</i> en el cultivo de maíz de la región Puno	83

Figura 32: Densidad poblacional promedio del género <i>Dorylaimus</i> en el cultivo de maíz de la región Puno	84
Figura 33: Densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre en el cultivo de maíz de la región Puno.....	86
Figura 34: Densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre en el cultivo de maíz de la región Cusco	87
Figura 35: Configuración perineal de <i>Meloidogyne javanica</i>	88
Figura 36: <i>Meloidogyne javanica</i> (J2) (derecha) y el patrón de <i>M. javanica</i> (J3) (izquierda).....	89
Figura 37: Especies de <i>Meloidogyne</i> identificadas con la isoenzima esterase, Rm:movimiento relativo	90

ÍNDICE DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 1: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de Chupa. Fuente: SENAMHI (2017).	128
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 2: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de Cuyocuyo. Fuente: SENAMHI (2017)	129
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 3: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de San Juan del Oro. Fuente: SENAMHI (2017)	130
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 4: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de Ollachea. Fuente: SENAMHI (2017)	131
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 5: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de San Gabán. Fuente: SENAMHI (2017)	132
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 6: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de Urubamba	133
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 7: Datos meteorológicos de temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación pluvial y humedad relativa del distrito de Pisac	134

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de importancia mundial por sus diferentes usos industriales y valor nutritivo. Al igual que otros cultivos, se ve afectado por plagas, entre ellos los nematodos fitoparásitos, principalmente del género *Meloidogyne*, cuya presencia ocasiona disminución en los rendimientos, por ello se plantea como objetivo principal del presente trabajo de investigación caracterizar al “nematodo del nódulo de la raíz” en el cultivo de maíz en las regiones de Puno y Cusco, también se planteó identificar los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al maíz en las principales zonas de producción de las regiones de Puno y Cusco, determinar la variación de la densidad poblacional de los nematodos fitoparásitos encontrados en el cultivo de maíz de las principales zonas de producción de las regiones de Puno y Cusco y verificar la resistencia de razas de maíz de Puno y Cusco al “nematodo del nódulo de la raíz” en invernadero. Para el efecto se recolectó 131 muestras de suelo durante la campaña agrícola 2015-2016 de la Región Puno, en los distritos de Chupa, Sandía, San Juan del Oro, Cuyocuyo, Ayapata, Ollachea y San Gabán; también de la Región Cusco se recolectó 30 muestras de suelo en los distritos de Pisac y Urubamba. Las muestras de suelo fueron procesadas por el método de fluctuación centrífuga en solución sacarosa; el procedimiento en invernadero consistió en seleccionar una población de *Meloidogyne javanica* e inocular a seis razas de maíz (Saccca, Amarillo oro, Confite puneño, Blanco gigante del Cusco, Che'cche y Capulí), los parámetros evaluados fueron: altura de la planta (AP), peso de la parte aérea de la planta (PPAP), y peso de la raíz (PR), los valores de número de nódulos y Factor de Reproducción ($FR = \text{población final} / \text{población inicial}$) fueron sometidos a ANDEVA, siendo las medias de los tratamientos comparados entre sí por la prueba de agrupamiento Scott-Knott, utilizando el software estadístico SASM-Agri. Una vez analizadas las muestras, los resultados determinaron que el género *Meloidogyne* spp. no se encuentra presente en las áreas muestreadas del cultivo de maíz en los distritos evaluados; en cambio sí se encontraron cinco géneros fitoparásitos y nematodos de vida libre en la Región Puno: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Rotylenchus*, *Globodera* y *Dorylaimus*, en la Región Cusco se identificaron los géneros *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Globodera* y Nematodos de Vida Libre, cuyas densidades poblacionales de los géneros más importante de maíz en la Región Puno son *Helicotylenchus* (23.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) y *Mesocriconema* (18.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en el distrito de San Gabán y Sandía; *Xiphinema* (5.5 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) y *Rotylenchus* (15.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en San Juan del Oro, *Globodera* (44.4 quistes/100 cm³ de suelo) en Chupa; en cambio en la Región Cusco las densidades poblacionales son bajas en todas las especies. Los resultados de resistencia mostraron que las razas de maíz Saccca, Amarillo oro y Confite puneño fueron resistentes a *Meloidogyne javanica*, mientras que las razas Blanco gigante del Cusco, Che'cche y Capulí fueron inmunes a la población de *M. javanica*.

Palabras clave: *Zea mays*, razas, resistencia, inmunidad, *Meloidogyne javanica*.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguo que se conoce y es utilizado por el hombre desde épocas remotas. La importancia de este cultivo a nivel mundial está dada por los diversos usos, desde grano verde, bajo las formas de choclo y como grano seco bajo la forma de cancha, mote, harina precocida y bebidas; en la alimentación animal es utilizado en la industria avícola y porcina, además de su uso como forraje para el ganado (Maluenda, 2015).

La superficie mundial dedicada al cultivo del maíz durante el año 2016 fue de 195 millones de hectáreas, cuya producción alcanzó los 974 millones de toneladas (FAO, 2017).

El maíz ha sido y sigue siendo uno de los productos más importantes en la alimentación nacional y de mayor arraigo en la cultura productiva de la población rural de los andes peruanos (MINAG, 2014). A nivel nacional la superficie sembrada es de 441,100 hectáreas, con una producción de 1.5 millones de toneladas (INEI, 2016).

Este cultivo se siembra desde el nivel del mar hasta los 3900 msnm.; por lo cual es considerado uno de los cultivos agrícolas de mayor trascendencia y repercusión por el impacto socio económico que representa para el poblador (Serratos, 2009).

En la Región Cusco, el área destinada para este cultivo es de 28,700 hectáreas con una producción de 420,000 toneladas, con mayores niveles de producción en el valle sagrado de los Incas, comprendido entre las provincias de Calca y Urubamba donde el rendimiento promedio es de 3000 Kg/ha. En la Región Puno el área sembrada de maíz es de 6,400 hectáreas, con una producción de 131,400 toneladas, siendo Carabaya y Sandía los mayores productores (INEI, 2016).

Más de 60 especies de nematodos fitoparásitos han sido señaladas en asociación con el cultivo del maíz (*Zea mays* L.); sin embargo, la información relacionada con biología o patogenicidad es insuficiente. Especies de *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera* son consideradas como las más importantes (McDonald y Nicol, 2005).

Meloidogyne spp. es uno de los géneros de nematodos fitoparásitos más importantes debido a las pérdidas que produce en los cultivos, ya que induce alteraciones en las raíces provocando agallas (Hussey y Janssen, 2002).

Las especies de *Meloidogyne* comúnmente detectadas mundialmente son causantes de los mayores daños en el cultivo de maíz, dentro de estos están *M. incognita* y *M. javanica*, (Rosa *et al.*, 2012). Los síntomas de los daños a la planta de parte del nematodo en el suelo incluyen tamaño irregular, atrofiamiento de las hojas, amarillamiento, deformación y tamaño reducido de la espiga. Entretanto en las raíces el nematodo puede ocasionar ramificaciones lesiones necróticas (manchas de color negro o café oscuro) (Tylka, 2007).

El muestreo y análisis nematológico del suelo permite determinar la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en una determinada muestra. Un paso inicial para el manejo de nematodos es la recolección de muestras de suelo y raíces contrastando con los síntomas en las plantas agrícolas (Coyne *et al.* 2007). Posteriormente con la ayuda de un nematologista con experiencia permitirá identificar con exactitud los géneros fitoparásitos, con la finalidad de realizar un diagnóstico adecuado.

Así mismo un programa efectivo de manejo integrado de nematodos en el cultivo de maíz debe tener la combinación de varias prácticas, lo que permitirá mantener y/o reducir en bajos niveles el umbral de daño económico. Estas prácticas deben incluir

el uso de métodos culturales, variedades resistentes, el control biológico, además del control químico (Grabau y Vann, 2017).

La eficacia de las medidas de control frente a los nematodos fitoparásitos debe considerarse a corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de reducir las poblaciones de nematodos para no afectar la siguiente campaña (Bleve *et al.*, 2007).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los cereales, el maíz constituye un alimento de mucha importancia por su poder nutritivo (MINAG, 2015). Es considerado uno de los cultivos agrícolas de mayor trascendencia y repercusión por el impacto socio económico que representa para el poblador (Serratos, 2009). Sin embargo, está sujeto al ataque de plagas y enfermedades, siendo las más perjudiciales y comúnmente conocidas el “cañero” (*Diatraea saccharalis* Fabricius), “mazorquero” (*Heliothis zea* Boddie) y el “cogollero” (*Spodoptera frugiperda* Smith y Abbott). Este último es considerado el más común en nuestro país y puede calificarse como la plaga que ocasiona grandes pérdidas si no se controla en el momento oportuno (Sánchez, 1992). Entre las enfermedades más significativas tenemos a la “roya del maíz” (*Puccinia sorghi* Schwein), “carbón del maíz” (*Ustilago maydis* DC.), la “marchitez bacteriana” (*Erwinia stewartii* Smith) y fusarium de grano (*Fusarium* spp.)

Pero muy aparte de plagas y enfermedades que puedan afectar a este cultivo también hay que prestarle atención a los nematodos fitoparásitos, que son mencionados como organismos vermiformes microscópicos (Tylka, 2007) y suelen ser desconocidos por muchos agricultores debido a los pocos estudios realizados entre la interacción de los nematodos y la planta de maíz.

Entre los nematodos parásitos de plantas el género *Meloidogyne* presenta más de 98 especies (Jones *et al.*, 2013), de las cuales las más comunes son *M. incognita*

(Kofoid & White) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood y *M. hapla* (Karszen *et al.*, 2013; Jones *et al.*, 2013), que son responsables de ocasionar las mayores pérdidas económicas a nivel mundial, oscilando entre 12 y 20% (Hussey y Janssen, 2002). Los géneros de nematodos más conocidos que afectan al cultivo de maíz son *Meloidogyne* Goeldi, *Hoplolaimus* von Daday, *Pratylenchus* Cobb, *Belonolaimus* Steiner, *Longidorus* kheirii, *Paratrichodorus* Siddiqi (Koenning *et. al* 1999).

En nuestro país, la información nematológica relacionada con el cultivo de maíz es bastante escasa; y en la mayoría de los casos los nematodos han sido identificados sólo a nivel de género, por lo que es ineludible realizar estudios y trabajos de investigación más precisos en relación a identificación, hospedabilidad, comportamiento y patogenicidad.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Más de 60 especies de nematodos fitoparásitos han sido asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Muchas de ellas recuperadas directamente de las raíces y otras desde el suelo colectado alrededor de las mismas; sin embargo, la información relacionada con biología o patogenicidad es limitada. Especies de *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera* son consideradas como las más importantes y patogénicas (McDonald y Nicol, 2005).

Más de 40 especies de 12 géneros de nematodos han sido citadas como parásitas de raíces de maíz en todas las áreas del mundo donde este cereal es cultivado. En Brasil las especies más importantes, debido a la patogenicidad, la distribución y la alta densidad poblacional son: *Pratylenchus brachyurus*,

Pratylenchus zaeae, *Helicotylenchus dihystrera*, *Criconemella* spp., *Meloidogyne* spp. y *Xiphinema* spp. (Pinto, 2008).

En Brasil, se evaluaron la reacción de 18 genotipos de maíz (CMS 22, BR 473, Rasga palha, Jatina C3 anao, BR 5033, BR 5036, BR-402, BR 5028, CMS 43, Pool 18, CMS 35, BR 5026, BR 5037, BR 106, BR 5011, BR 3123, Cargill 909 y BR 5004) a *M. javanica*, en el Noreste de Brasil, presentando un comportamiento susceptible a *M. javanica* (Medeiros *et al.*, 2001). Así mismo otros autores mencionan que hay variedades resistentes a *M. javanica* (Brito y Antonio, 1989; Lordello *et al.*, 1989).

En Brasil se evaluó la reacción de 11 cultivares de maíz (IPS9/2, IPT5/02, IPT5/T1, IPT5/T02, IPT2/92, IPT4/92, IPT7/92, IPT7I1/92, IPT1/13, IPT7/15 y AG7575) a *M. incognita* (raza 1 y 3) y a *M. paranaensis*. Para *M. incognita* todos los cultivares evaluados resultaron susceptibles; en cambio para *M. paranaensis* todos fueron resistentes (Carneiro *et al.*, 2006).

En Brasil (invernadero EMBRAPA), se evaluaron la reacción de 37 genotipos comerciales de maíz a *M. mayaguensis* y 39 genotipos para *M. ethiopica*. Para *M. mayaguensis*, 4 genotipos fueron susceptibles (XGN-6201, RGX-10, P30F53 y PL-1335). Para *M. ethiopica*, 12 genotipos presentaron susceptibilidad (P30F53, XGN-6201, DX-810, PL-1335, AG-5020, RGX-10, BRS-3060, BRS-1035, BRS-2020, GNZ-2004, HPF-0819 y BRS-1031) (Días *et al.* 2010).

En Estados Unidos al cultivo de maíz fueron asociados nematodos como: *Xiphinema*, *Meloidogyne*, *Hoplolaimus*, *Longidorus*, *Pratylenchus*, *Mesocriconema*, *Pratylenchus*, *Hemicycliophora*, *Helicotylenchus*, *Belonolaimus*, *Paratrichodorus*, *Tylenchorhynchus* (Tylka *et al.*, 2011).

Meloidogyne incognita y *M. javanica* mundialmente son las especies frecuentemente detectadas en el cultivo de maíz (Rosa *et al.*, 2012).

En Argentina (Región Chaqueña y Pampeana), se detectaron nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz y soya, los géneros que destacan son *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratrichodorus* y *Trichodorus*. (Doucet *et al.*, 2015).

El “nematodo del nódulo de la raíz” fue observado en campos de maíz en Arequipa y Trujillo causando nodulaciones y una considerable reducción en el crecimiento de las plantas (Lima, comunicación personal 2017).

En Perú, no existe información respecto a los nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz, actualmente se cuenta con escasos especialistas en nematología, lo que no permite la identificación exacta de los géneros y específicamente de las especies de *Meloidogyne* diseminadas en diferentes regiones. Es por ello que la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno), mediante el Proyecto “Diversidad Biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: Descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares” con el apoyo de INNOVATE – PERÚ; a través del trabajo de investigación (tesis de pre grado) “Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Cusco y Puno” permitió realizar un análisis preciso y que pueda abrir más campos de estudios acerca de la nematología; contando con el asesoramiento de un especialista de alta graduación. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

1.3.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar al “nematodo del nódulo de la raíz” en cultivo de maíz en las regiones de Puno y Cusco.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al maíz en las principales zonas de producción de las regiones de Puno y Cusco.
- Determinar la variación de la densidad poblacional de los nematodo fitoparásitos encontrados en el cultivo de maíz de las principales zonas de producción de las regiones de Puno y Cusco.
- Verificar la resistencia de razas de maíz de Puno y Cusco al “nematodo del nódulo de la raíz” en invernadero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ORIGEN, EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Las diferentes teorías se pueden resumir en dos posibles centros de origen: el primero, las tierras altas de Perú, Ecuador y Bolivia, debido fundamentalmente a la existencia de una gran diversidad de maíces en el altiplano Peruano; además, toda la gama de colores del pericarpio del maíz que se conocen en todo el mundo puede hallarse en el Departamento de Ancash, en Perú; y el segundo, la región del sur de México y Centroamérica, que se basa en haberse encontrado polen, mazorcas y granos fósiles de maíz en el Valle de México, estableciendo la posibilidad de que esta planta fuera originaria de América Central (Poehlman y Sleper, 2003).

De acuerdo a Manrique (1997), el maíz tiene varios centros de origen, los cuales estarían ubicados principalmente en México y Sudamérica denominados “Centros de Domesticación”. Los Centros de Domesticación Primarios toman en cuenta los estudios realizados de las razas primitivas en relación a su distribución, historia, arqueología, lingüística y otros, estableciendo dos centros primarios: a) Americano mexicano (razas primitivas: nat-tel, chapalote) y b) Andino peruano (razas primitivas: Confite Morocho, Kulli, Confite puneño). Los Centros de Domesticación Secundarios se basan en el cruzamiento del maíz con el teosinte

(maíz ancestral) y el tripsacum, estableciendo dos centros secundarios: a) Mexicano (maíces derivados por cruzamiento con tripsacum) y b) Guatemalteco (maíces derivados por cruzamiento con teosinte).

Si bien se conoce el origen americano de *Zea mays*, aún no se ha podido establecer con exactitud su origen evolutivo. En la actualidad se proponen dos hipótesis que explican el origen botánico del maíz: la primera plantea que el maíz moderno procede de la domesticación de varias razas de maíz silvestre efectuada posiblemente en varios lugares, luego el teosinte se interpolinizó con maíz para producir la introgresión de genes de teosinte en maíz y de maíz en teosinte; esta hipótesis es apoyada por los hallazgos arqueológicos muy tempranos de maíz y escasos y tardíos de teosinte; la segunda menciona que el maíz se originó directamente por domesticación de una o más razas de teosinte diploide anual, debido a evidencias en igualdad de número, tamaño y homología de cromosomas de ambos taxones (Poehlman y Sleper, 2003). En el Perú, los restos arqueológicos de maíz encontrados, no muestran evidencias de introgresión temprana de genes del teosinte en el maíz primitivo (Grobman, 2004).

Brandolini (2001), señala que en 1492 Colón describe una nueva gramínea hallada en el interior de la actual Cuba por dos miembros de su tripulación, a la que denominó “maíz”, basándose en su nombre indio de “mahiz” o “marisi”. A partir de ese año se le introdujo a Europa, después del regreso de Colón de su primer viaje al Nuevo Mundo. Sin embargo, las primeras cosechas de maíz se extendieron hasta mediados de 1,500 cuando se evidenció una mejor adaptación de las variedades traídas desde el sub-trópico y las regiones templadas de América Central y América del Sur. El maíz fue extensivamente cultivado en España, Italia

y sur de Francia y luego continuó difundiéndose a otros países de Europa. A principios del siglo XVI, los comerciantes y navegantes europeos introdujeron el maíz en África, al mismo tiempo que en Asia (Paliwal, 2001).

2.1.2. UBICACION TAXONÓMICA

En cuanto a su posición sistemática, el maíz, según la nomenclatura ofrecida por Linneo en 1737 (Fernández, 2009) en su libro “Genera Plantarum”, se designa como *Zea mays*, con la siguiente clasificación:

Reino:	Vegetal (Plantae)
División:	Angiospermae (Magnoliophita)
Subdivisión:	Pterapsidae
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Monocotiledóneas
Orden:	Poales
Familia:	Poacea
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Maydeae (Andropogoneae)
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L.

2.1.3. EL MAÍZ EN EL PERÚ

El maíz es uno de los pocos cultivos que ha pasado por un proceso de evolución muy dinámico, es decir, a partir de formas muy débiles y poco productivas se generaron muchas razas que son utilizadas en diversas formas y que cubren un amplio rango de ambientes y ecosistemas. La evolución del maíz ha sido realmente un proceso de selección natural y artificial muy eficientes, que

generó mucha variabilidad asegurándonos la disponibilidad de abundante variancia genética para el futuro (Sevilla, 1991).

La evolución del maíz en el continente americano fue dirigida por el hombre, desde el maíz primitivo que se empezó a cultivar hace por lo menos 6000 años, hasta el más moderno. En nuestro país, el cultivo del maíz se desarrolló a partir del pre-cerámico. En diferentes lugares de nuestro territorio se han encontrado restos con una antigüedad mayor de 4000 años: Cuevas de Guitarrero en la sierra de Ancash (6000 a 8000 años); Casma (6000 años); Cuevas de Rosamachay en Ayacucho (5500 años); Los Gavilanes y Áspero en Huarney (4500 años). Las razas originales Confite Chavinense, Protoconfite Morocho y Proto Kully se originaron en la sierra y posiblemente en esa región se cultivaban más frecuentemente (Sevilla, 2006).

Durante la época incaica, el grado de conocimiento del maíz llegó a tal punto que lograron diferenciarse los diversos tipos existentes en cuanto a su calidad nutricional y su distribución se efectuaba de acuerdo a las actividades que realizaba el hombre. Los Incas lograron un grado muy avanzado de agricultura. Con el uso de técnicas agrícolas avanzadas (terrazas, irrigación, siembra en surcos, fertilización), las razas de maíz tuvieron un importante florecimiento en todo el imperio incaico (Grobman *et al.*, 1961).

El maíz amarillo duro se destina a la elaboración de alimentos balanceados para el consumo animal. En cambio, el maíz amiláceo es utilizado para el consumo humano directo, ya sea en grano verde bajo la forma de choclo, grano seco bajo la forma de cancha, hervido como mote o transformado artesanalmente para su consumo en harina, bebidas, entre otros. El maíz amiláceo predomina en las zonas

alto andinas del Perú, por lo que puede ser cultivado desde el nivel del mar hasta los 3,900 metros de altura. Una característica saltante del maíz amiláceo es su gran variabilidad en el color del grano, en su composición y en su apariencia, que lo hacen particular al compararlos con los maíces de otros países (Huamanchumo de la Cuba, 2013).

2.1.4. DESARROLLO FENOLÓGICO

Tabla 1: Estadios reproductivos y vegetativos de una planta de maíz

ETAPAS FENOLÓGICAS	DÍAS	CARACTERÍSTICAS
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
V _n		Es visible el cuello de la hoja número “n” (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo).
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panoja.
R0	57	Antesis o floración masculina, el polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

LEYENDA: Estadios vegetativos: VE, V1, V2, V_n, VT

Estadios reproductivos: R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6

Fuente: CIMMYT, (2004)

2.1.5. RAZAS DE MAÍZ

2.1.5.1. Confite Puneño

La más pequeña de todas las razas peruanas. Es aquella con plantas más bajas, 86 cm. de altura, su color es rojo púrpura intensa, posee 6 hojas y es precoz, florece a los 90 días. Mazorca muy pequeña, ovoide, sin ahusamiento en la base, número promedio de hileras 12, con disposición irregular de granos; pedúnculo delgado; granos pequeños, pero más largos, más gruesos y más anchos que los del Confite Puntigudo y el Confite Morocho, sin imbricación ni depresión y ligeramente estriados; endospermo duro, tipo reventón, amarillo; color morado de la aleurona, colores del pericarpio y de la coronta; respectivamente: incoloro-blanco, rojo variegado, cereza-morado, marrón claro-marrón claro y otras combinaciones. Las mazorcas generalmente están implantadas en los primeros nudos localizados algunas veces bajo tierra. Es la única raza de maíz en el mundo que se cultiva entre los 3,600 y 3,900 msnm en la meseta del Collao, alrededor del Lago Titicaca, en Perú y Bolivia (Oscanoa y Sevilla, 2010).

2.1.5.2. Blanco Gigante del Cusco

Esta raza presenta plantas de altura media de 2.00 m, maíz blanco de granos grandes y anchos con 10 hojas y es tardía, pues florece a los 140 días. Las mazorcas son grandes, gruesas y elipsoidales, de 18 cm. de largo y 7 cm. de diámetro, con 8 hileras regulares. Los granos son muy grandes, siendo los de mayor tamaño entre todas las razas; son gruesos, chatos y casi siempre circulares, el endospermo blanco harinoso, aleurona incolora y pericarpio incoloro, o rojo, guinda oscuro, marrón, mosaico o variegado; la tusa es blanca,

roja, guinda o marrón. El hábitat central del Cuzco Gigante se encuentra en el valle del Vilcanota en el Cuzco, donde se le cultiva a una altitud promedio de 2,800 msnm, desde Calca hasta Ollantaytambo. Las variedades más grandes y productivas se cultivan en las localidades de Yucay y Urubamba (Salhuana, 2004).

2.1.5.3. Saccsa

Esta subraza se diferencia de la raza pura Cuzco Gigante en que tiene mazorcas seleccionadas para un color de pericarpio variegado caracterizada por rayas anchas de color rojo. El nombre Saccsa se refiere a la denominación común en el lenguaje quechua aplicado al pericarpio variegado. A veces el vocablo Saccsa peruano se refiere a las anchas rayas rojas y blancas del pericarpio, que se asemejan a los colores de la bandera peruana (Salhuana, 2004).

2.1.5.4. Amarillo oro (INIA 613)

Variedad de altura, se desarrolla e desde los 3000 a 3500 msnm., de mazorca mediana de 12 a 15 cm., con una textura de grano semicristalino, florece a los 110 días. Es un híbrido tolerante al ataque de plagas y enfermedades como el cogollero y el carbón de maíz (INIA, 2007).

2.1.5.5. Che'cche (INIA 607)

Variedad de libre polinización, de amplia adaptación a la Sierra Sur del Perú, entre 2900 a 3500 msnm. La planta tiene una altura de 175 cm. Tiene ciclo intermedio, llega a la madurez de cosecha a los 7 meses en altitudes menores a los 3300 msnm y a mayores altitudes produce a los 7.5 meses. Tiene un alto potencial de rendimiento hasta 7.6 t/ha (INIA, 2007).

2.1.6. NEMATODOS FITOPARÁSITOS

Hernández (2003), menciona que los nematodos o gusanos redondeados son organismos generalmente microscópicos, no segmentados, bilateralmente simétricos, incoloros y cilíndricos en su sección transversal. La forma típica del cuerpo es fusiforme. Los machos, sin embargo, mantienen la forma de verme y una movilidad común en la mayoría de las especies. Usualmente son más pequeños que las hembras. Las hembras de algunos géneros pierden su forma de gusano o vermiforme al llegar a la etapa adulta (Coyne *et al.*, 2007).

Los nematodos parásitos de plantas o fitonematodos tienen una longitud entre 300-1000 micrómetros. El cuerpo está cubierto con una cutícula que puede ser lisa o estar marcada. Las marcas pueden ser puntuaciones. También se observan estrías transversales o longitudinales. Debajo de la cutícula se encuentra la hipodermis, una capa epitelial que se forma a partir de la misma cutícula, y una capa muscular que les permite el movimiento ondulatorio a los nemátodos (Guzmán *et al.*, 2009).

Estos organismos disponen de sistemas digestivo, reproductivo, nervioso y excretor. El sistema digestivo comienza con la boca. Ciertos grupos de fitonematodos tienen en la cavidad bucal un estilete que le sirve para punzar y perforar las células vegetales de las cuales se alimenta. A continuación, le sigue el esófago que está conectado con el intestino y termina en el ano. (Chen, 2004).

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

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

En algunas especies existe un dimorfismo sexual definido, entre hembras y machos bien diferenciados (Agrios, 2004).

2.1.6.1. HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN

Los nematodos parásitos pueden separarse en parásitos aéreos (aquellos que se alimentan de partes aéreas de las plantas) y parásitos de raíces y tubérculos (aquellos que se alimentan de las partes subterráneas de la planta) (Freitas *et al.*, 2007, Tihohod, 2000).

Se dividen en tres grupos principales por su comportamiento alimenticio y movilidad: endoparásitos migratorios que son nematodos móviles que se alimentan dentro del tejido de las raíces. Los endoparásitos sedentarios los cuales una vez tienen un sitio de alimentación dentro de la planta, dejan de moverse y se alimentan solamente en una locación. Y los ectoparásitos, que se alimentan desde afuera de la planta (Coyne *et al.*, 2007).

2.1.7. GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS

2.1.7.1. Género *Helicotylenchus*

Nemátodo parásito que vive en la superficie externa de su hospedante, aunque algunas especies pueden comportarse como semiendoparásitos, es decir,

que una parte del cuerpo se encuentra en el interior del tejido cortical de la raíz en algunos casos (Perry y Moens, 2013).

De Ley y Blaxter (2004), clasifican al género *Helicotylenchus* dentro de la familia *Hoplolaimidae*, del orden *Tylenchida*.

Tienen forma de espiral (Barriga, 1965), en algunos casos, se alimentan por períodos prolongados en sitios específicos, extrayendo alimentos de los tejidos más internos de las raíces sin provocar daños aparentes o notorios (Hunt *et al.*, 2005; Decraemer y Geraert, 2006)

2.1.7.2. Género *Mesocriconema*

Nematodos anillados, son muy comunes, especialmente en cultivos permanentes o perennes; pueden ser muy abundantes en los suelos (Ferris, 1999). Posee un cuerpo corto, robusto e intensamente anillado, cola generalmente puntuda, borde de los anillos finalmente dentado.

Son de movimientos lentos, el estilete es muy largo en comparación con la longitud del cuerpo, y con los nódulos basales con proyecciones hacia la parte anterior.

De Ley y Blaxter (2004) clasifica al género *Mesocriconema* dentro de la familia *Pratylenchidae*, orden *Tylenchida*.

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

Son de distribución mundial y asociados a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas. Estos nematodos introducen su estilete en los tejidos donde degeneran las células radicales.

2.1.7.3. Género *Xiphinema*

Son ectoparásitos que se alimentan de las puntas de las raíces, producen síntomas muy similares a los causados por otros nematodos de alimentación cortical (desintegración de la corteza radicular) incluyendo necrosis y se detiene el crecimiento en la planta cultivada (Ferris, 1999). La hembra mide más de 3 mm de longitud, con presencia de un largo estilete.

De Ley y Blaxter (2004) clasifica al género *Xiphinema* dentro de la familia *Longidoridae*, orden *Dorylaimida*.

Su mayor importancia radica en el daño indirecto que generan al ser vectores de importantes virus (Ferris, 1999).

2.1.7.4. Género *Rotylenchus*

Considerado ectoparásito migratorio. Las picaduras causan necrosis de las células y provocan un sistema radicular raquíptico. Las lesiones pueden unirse y formar áreas necróticas visibles en las raíces. Es denominado junto con *Helicotylenchus* “nematodos espirales” (Barriga, 1965).

De Ley y Blaxter (2004) clasifica al género *Rotylenchus* dentro de la familia *Hoplolaimidae*, orden *Tylenchida*.

Los daños se ven reflejados principalmente en las partes aéreas de la planta y se manifiesta con un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en

nutrientes como amarillamiento del follaje, marchitamiento excesivo en tiempo cálido o seco, una menor producción de la planta y una baja calidad de los productos (Bayer, 2007).

2.1.7.5. Género *Dorylaimus*

Incluye las especies con odontoestilete largo, es uno de los géneros mejor representados en los ecosistemas del mundo ya que pueden encontrarse en diversos hábitats de bastante humedad en el suelo y en lugares con bastante materia orgánica (Mulvey y Anderson, 1979).

De Ley y Blaxter (2004) clasifica al género *Dorylaimus* dentro de la familia *Longidoridae*, orden *Dorylaimida*.

2.1.8. “Nematodo del nódulo de la raíz” (*Meloidogyne* spp.)

El género *Meloidogyne* spp., agrupa a los nematodos formadores de agallas radicales y comprende a más de 90 especies descritas. La palabra *Meloidogyne* es de origen griego y significa hembra con forma de manzana (Perry y Moens, 2009).

Son un grupo polífago de importancia económica, altamente adaptados como parásitos obligados, están distribuidos cosmopolitamente y parasitan cada especie de planta superior. El J2 es de forma vermiforme y es la única etapa infectiva de este nematodo, cuando los J2 penetran la raíz, se vuelve sedentaria y aumenta de grosor, tomando la forma de una salchicha (Tihohod, 2000). Típicamente se reproducen y alimentan de las células que se encuentran en torno a su cabeza al insertar su estilete y secretar saliva estimulando a las células para que crezcan (Perry y Moens, 2009). El nematodo se fija en las

raíces y provoca la aparición de células gigantes que forman una agalla. Esta estructura dificulta la absorción de elementos del suelo. Los síntomas ocasionados por el ataque de este nematodo son similares a los producidos por deficiencias nutricionales e invasión de hongos del suelo (Agrios, 2004).

Frecuentemente las discusiones sobre *Meloidogyne* spp., se concentran en las cuatro mayores especies: las tres especies tropicales, *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*, y la especie de clima templado, *M. hapla* (Taylor y Sasser, 1983).

2.1.8.1. UBICACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO *Meloidogyne*

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

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

2.1.8.2. CICLO DE VIDA

Los huevos de *Meloidogyne* spp., se encuentran inmersos en una masa gelatinosa (Figura 1), la cual los mantiene juntos y los protege tanto de las condiciones ambientales extremas como de depredadores. Las masas gelatinosas están compuestas por glicoproteínas y también se les atribuye

propiedades antimicrobianas. Generalmente, están depositadas en la superficie de los nódulos, pero algunas veces se encuentran directamente sobre la superficie o dentro del tejido de la raíz de la planta hospedante. La masa de huevos es inicialmente suave, hialina y pegajosa, pero se hace más firme y de color marrón oscuro con el tiempo (Moens *et al.*, 2009). Las hembras pueden producir de 500 a 1000 huevos (Agrios, 2004).

La primera muda se lleva a cabo dentro del huevo, denominándose (J1), ésta última forma eclosiona del huevecillo y ocurre el segundo estadio (J2), éste es móvil e infectivo, invade las raíces cerca del ápice (Figura 1), luego migra hacia el tejido vascular provocando a consecuencia de su alimentación la formación de agallas (Jones *et al.*, 2013; Karssen *et al.*, 2013).

Dentro de la raíz ocurre la tercera muda, dando origen al tercer estadio juvenil (J3), el cuarto estadio (J4) sufre una última muda para posteriormente convertirse en adulto (Figura 1). El macho adulto emerge de la raíz y tiene aspecto vermiforme, mientras que, la hembra aumenta en grosor y longitud, tiene forma de pera y continúa hinchándose ya sea fecundada o no por el macho (Taylor y Sasser, 1983; Moens *et al.*, 2009).

Su ciclo de vida concluye a los 25 días a una temperatura de 27°C, pero tarda más tiempo a temperaturas desfavorables (Agrios, 2004).

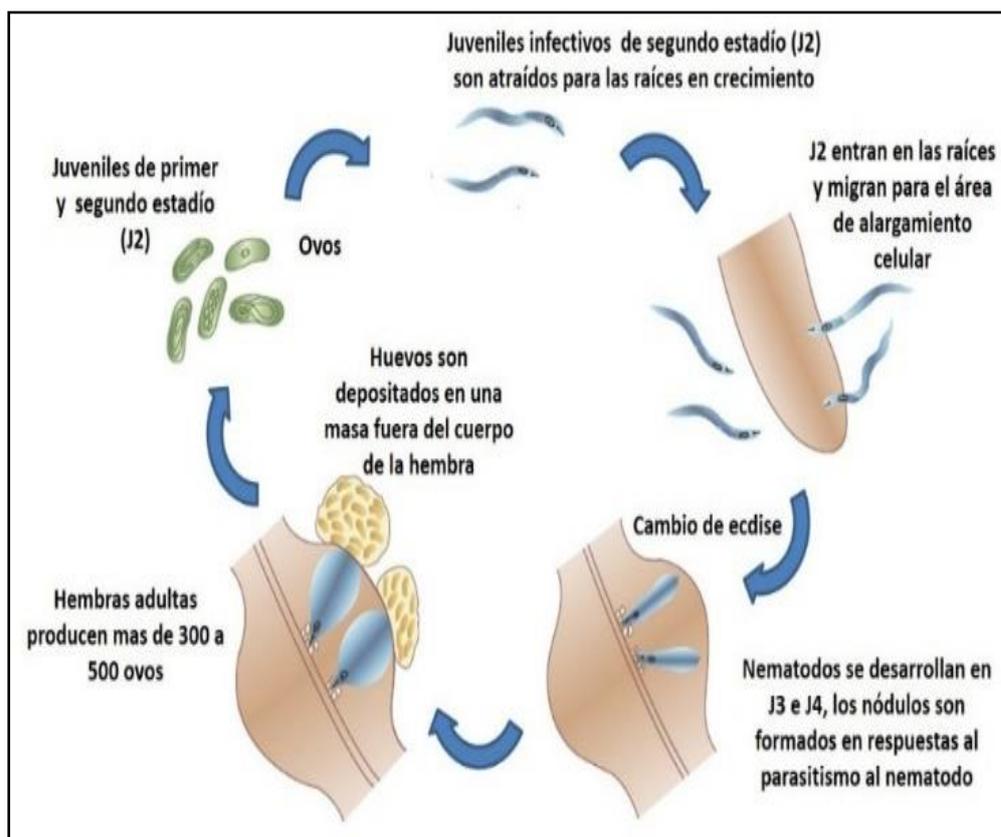


Figura 1: Ciclo de vida de *Meloidogyne* spp.

Fuente: Lima y Casa (2016)

2.1.8.3. FORMAS DE REPRODUCCIÓN

Tienen tres modos de reproducción: anfimixis, automixis y apomixis. Únicamente un pequeño número de especies se reproduce por anfimixis; es decir con la fusión obligatoria de los gametos del macho y de la hembra. La mayoría de especies de *Meloidogyne* spp. se reproducen por partenogénesis (automixis y apomixis). Durante la maduración del oocito, las especies apomícticas experimentan sólo una división mitótica. No existe la meiosis en esta división mitótica partenogenética obligatoria. En especies automícticas, los oocitos experimentan una división por meiosis. Cuando hay presencia de machos, el esperma y el huevo se fusionan. Sin embargo, sin la presencia de un núcleo del esperma, el núcleo del segundo cuerpo polar se fusiona con el

pronúcleo del huevo y restaura el estado diploide. Por lo tanto, especies automíticas son facultativamente partenogénicas (Perry y Moens, 2006).

La inversión sexual ocurre cuando existen condiciones desfavorables para el nematodo (T° , HR), una vez formado el primordio genital de hembras, este cambia para dar lugar a un nematodo macho. Dependiendo de la etapa de desarrollo en la cual ocurre la inversión sexual, los machos involucrados pueden tener 1 o 2 gónadas de tamaño variable. La inversión sexual en un período inicial de desarrollo da lugar a machos con un testículo, casi indistinguible del de machos normales. La inversión sexual en una etapa media de desarrollo del segundo estado da lugar a la degeneración del núcleo de una de las células que resulta en machos con un testículo atrofiado y otro bien desarrollado. La inversión sexual en un periodo más avanzado resulta en machos con dos testículos de tamaño aproximadamente igual. (Papadopoulou y Triantaphyllou, 1982; Karssen y Moens, 2006; Eisenback y Hunt, 2009).

2.1.8.4. SÍNTOMAS Y SIGNOS DE *Meloidogyne* spp.

Los nematodos del género *Meloidogyne* se reproducen y alimentan de células vegetales vivas modificadas en la raíz, en la que induce nódulos; de ahí su nombre “nematodo del nódulo de la raíz”. Los síntomas aéreos son similares a los producidos en plantas que tienen un sistema radicular afectado y en mal funcionamiento (Carranza, 2004).

Algunos nódulos en la raíz pueden ser muy pequeños y no se pueden reconocer, Por ejemplo: en gramíneas, rara vez se forman nódulos. La mayoría de las plantas con raíces fibrosas o leñosas forman nódulos pequeños o indistintos, especialmente al comienzo de una temporada de cultivo o cuando

la densidad de población de nematodos es baja. Otras especies tienen una tendencia a producir nódulos en el extremo de la raíz (Luc *et al.*, 2005; Moens *et al.*, 2009).

El ritmo rápido de desarrollo y reproducción del nematodo, en plantas muy susceptibles, permite el desarrollo de varias generaciones durante una temporada de cultivo; dando lugar a grandes daños agrícolas. Estos daños pueden consistir en diversos grados de retraso en el crecimiento, falta de vigor y marchitez bajo estrés hídrico. La infección secundaria por otros patógenos a menudo resulta en una alta descomposición de los tejidos infectados. Al alterar la fisiología de las plantas hospedante, los nematodos no sólo pueden reducir el rendimiento de los cultivos, sino también la calidad del producto (Moens *et al.*, 2009).

2.1.9. NEMATODOS DE VIDA LIBRE

Estos organismos se encuentran prácticamente en todos los medios y su abundancia está en relación con la presencia de materia orgánica (Ferris *et al.*, 2004).

Su función está intrínsecamente relacionada con el flujo energético de los procesos de desintegración de la materia orgánica, la cual es fundamental para que se cumplan los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes de los que dependen todos los organismos de un ecosistema (Fiscus y Neher, 2002).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

1. **Agallas:** Estructuras de tipo tumoral inducidos por insectos, bacterias, nematodos y hongos; es la respuesta del vegetal a la presencia de un parásito con un crecimiento anómalo de tejido que intenta aislar el ataque o infección.
2. **Anfimixis:** Proceso por el cual culmina y finaliza la fecundación sexual.
3. **Caracterizar:** Determinar las cualidades o rasgos característicos de una persona, animal o una cosa.
4. **Cilindro vascular:** Porción más interna de la raíz, la cual comprende todo lo que se encuentra por dentro de la endodermis, es decir el sistema vascular y el parénquima asociado.
5. **Dimorfismo sexual:** Diferenciación de la morfología de hembras en relación a los machos.
6. **Diseño perineal:** Patrón de marcas cuticulares alrededor de la abertura vulvar.
7. **Ectoparásito:** Parásito que vive en el exterior o sobre su huésped.
8. **Electroforesis:** Técnica para la separación de moléculas según la movilidad de estas en un campo eléctrico.
9. **Endoparásito:** Parásito que vive en el interior de su huésped.
10. **Enzima:** Moléculas de naturaleza proteica y estructural que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles: una enzima hace que una reacción química que es energéticamente posible, pero

que transcurre a una velocidad muy baja, sea cinéticamente favorable, es decir, transcurra a mayor velocidad que sin la presencia de la enzima.

11. Esterase: Enzimas que catalizan reacciones de hidrólisis de ésteres carboxílicos (carboxiesterasas), amidas (amidases), ésteres de fosfato (fosfatasas), etc.

12. Estilete: Similar a una aguja que sirve para perforar y succionar los elementos que necesitan de las plantas.

13. Híbrido: Plantas obtenidas a partir del cruzamiento de dos variedades genéticamente diferentes. Las plantas híbridas se crean cuando el polen de un tipo de planta se emplea para polinizar una variedad completamente diferente, resultando en una planta totalmente nueva.

14. Hospedante: Organismo que alberga a otro en su interior.

15. Inmunidad: Estado de resistencia natural o adquirida que poseen algunos organismos frente a una determinada enfermedad o al ataque de un agente infeccioso o tóxico

16. Isoenzima: Enzimas que difieren en la secuencia de aminoácidos, pero que catalizan la misma reacción química

17. Nematodo Fitoparásito: Nematodos que tienen un estilete, que tiene la habilidad de punzar y succionar los líquidos de las células vegetales para alimentarse.

- 18. Odontoestilete:** Tipo de estilete de muchos nematodos de vida libre y los de la familia *Dorylaimidae*; estilete corto sin nódulos, cavidad bucal con un estoma cilíndrico.
- 19. Parasitismo:** El parasitismo se produce cuando un individuo vive a expensas de otro al que puede perjudicar.
- 20. Partenogénesis:** Desenvolvimiento embrionario que inicia de un óvulo en fecundación, sin la participación del macho para la reproducción (asexual).
- 21. Patogenicidad:** Capacidad de un agente infeccioso de producir enfermedad en un huésped susceptible.
- 22. Polífago:** Organismo que posee una alimentación variada. Estos organismos se pueden nutrir, a la vez, de especies vegetales y de especies animales.
- 23. Razas:** Población con rasgos morfológicos y fisiológicos comunes; y por lo consiguiente tiene genes comunes que determinan estas características (datos biométricos, mazorca, grano, espiga).
- 24. Resistencia:** Describe la capacidad del hospedero para suprimir el desarrollo de nematodos y la reproducción.
- 25. Sedentario:** Que permanece siempre en el mismo lugar. Adjetivo que apunta a todos aquellos seres vivos de pocos movimientos.
- 26. Vermiforme:** Características de seres vivos o estructuras que tienen forma parecida a un gusano o verme.

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. Hipótesis general

Existen especies del género *Meloidogyne* presentes en el cultivo de maíz en las Regiones de Puno y Cusco.

2.3.2. Hipótesis específica

- Existen géneros de nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* en las principales zonas productoras de maíz de las regiones de Puno y Cusco.
- Existe variación de la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz de las principales zonas de producción de las Regiones de Puno y Cusco.
- Hay razas de maíz que son resistentes y tolerantes al “nematodo del nódulo de la raíz” (*Meloidogyne* spp.) en invernadero.

CAPÍTULO III

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación consta de dos fases; el desarrollo de la primera fase se realizó en campo, en las principales zonas de producción de las Regiones de Cusco y Puno; la segunda fase consistió en el procesamiento de muestras en laboratorio (mega laboratorio y laboratorio de Entomología) y la caracterización bioquímica (laboratorio de electroforesis) en la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

3.1. Fase de campo

Se realizó el muestreo de suelo en siete distritos de la Región Puno (Cuadro 2) y dos distritos de la Región Cusco (Cuadro 3); de cada distrito se muestrearon tres a cinco productores; en total se muestrearon 161 muestras de suelo de 41 parcelas. Se utilizaron fichas de campo para las evaluaciones respectivas en las zonas de producción (Anexos cuadro 10 y 12).

Tabla 2: Distritos evaluados en la Región Puno

PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE PUNO	DISTRITOS	Nº de parcelas evaluados	Nº de muestra por parcela
AZÁNGARO	Chupa	5	15
	Sandía	7	36
SANDIA	Cuyocuyo	5	25
	San Juan del oro	4	19
CARABAYA	Ayapata	4	12
	San Gabán	5	15
	Ollachea	3	9
TOTAL		33	131

Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 3: Distritos evaluados en la Región Cusco

PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO	DISTRITOS	Nº de productores evaluados	Nº de muestra por parcela
CALCA	Pisac	4	13
URUBAMBA	Urubamba	4	17
TOTAL		8	30

Fuente: Elaboración propia (2017)

Materiales utilizados en la fase de campo:

Fichas de evaluación, pala, pico, GPS, bolsas de plástico y etiquetas

3.1.3. Colecta de muestras de suelo

Los muestreos se realizaron a inicios de enero de 2016 hasta fines de marzo de 2016. A continuación, se describen los pasos de la colección de muestras de suelo que se efectuaron en este trabajo de investigación:

- 1) Se recogieron muestras de suelo con la humedad a capacidad de campo (Figura 2A).
- 2) Se colectaron 10 sub muestras de suelo y por hectárea en cultivo de maíz (Figura 2C).
- 3) Los puntos se tomaron caminando el área en zigzag y abriendo el suelo en forma de V, a una profundidad de 25 a 30 cm colocándose la muestra de suelo en bolsas de plásticos (Figura 2B y 2C).
- 4) De cada sub muestra se recolectó entre 500 a 1000 gramos de suelo.

- 5) Finalmente, las muestras fueron llevadas a laboratorio para ser procesadas y evaluadas.



Figura 2: A: Maizal en el distrito de Sandia B: Etiquetado de bolsas para colecta de suelos de maíz C: Colecta de suelo del cultivo de maíz en bolsas de plástico D: Raíz de una planta de maíz

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.2. Fase de laboratorio

Materiales utilizados en la fase de laboratorio: Baldes, tamices: 60, 100, 400 y 500 Mesh, Becker, tubos falcon., piseta, cal, sacarosa, micro tubos eppendorf, tubos capilares, microjeringa, papel filtro, pinzas, estiletes y placa de Peterson.

Equipos utilizados en la fase de laboratorio: Centrifugadora, autoclave, destilador, estufa, fuente de energía, licuadora industrial, balanza analítica, microscopio estereoscopio y refrigeradora.

Los métodos utilizados en la fase de laboratorio se describen a continuación:

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

- 1) Se homogenizó bien la muestra de suelo utilizando guantes quirúrgicos.
- 2) Se retiró una proporción de 250 gr. de suelo.
- 3) Se mezcló bien el suelo con el agua (Aproximadamente un Litro), con la finalidad de desagregar los terrones, para la liberación de los nematodos en la suspensión (Figura 3A).
- 4) Posteriormente se trasvaso la suspensión a través de un tamiz de 60 Mesh (0.42 mm de abertura) y en la parte superior, seguido del tamiz de 100 Mesh (0.149 mm de abertura) y debajo un tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura) (Figura 3B).
- 5) Luego se recolectó 50 mL de los dos últimos tamices (100 y 400 Mesh) (Figura 3C).
- 6) Seguidamente a la suspensión de 50 mL se adicionó una cuchara de cal deshidratada (Figura 3D) con la finalidad de separar la parte sedimentada de la parte líquida, estas fueron homogenizadas y luego fueron transportados a los tubos de centrifugación, en donde se centrifugó por cinco minutos a una velocidad de 1,750 rpm.

- 7) Al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de centrifugación, y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante.
- 8) Posteriormente se adicionó la solución de sacarosa (500 g de azúcar disuelta en 1 litro de agua) a cada tubo (Figura 4A).
- 9) La suspensión se centrifugó a 1,750 rpm/un minuto (Figura 4B), al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de la centrifugadora y se vertieron individualmente en el tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura), posteriormente fue lavado con bastante agua, para retirar la solución de sacarosa (Figura 4C).
- 10) Por último, se recolectó en Becker individualmente la muestra, estas fueron llevados a estereoscopio para la identificación respectiva (Figura 4D).

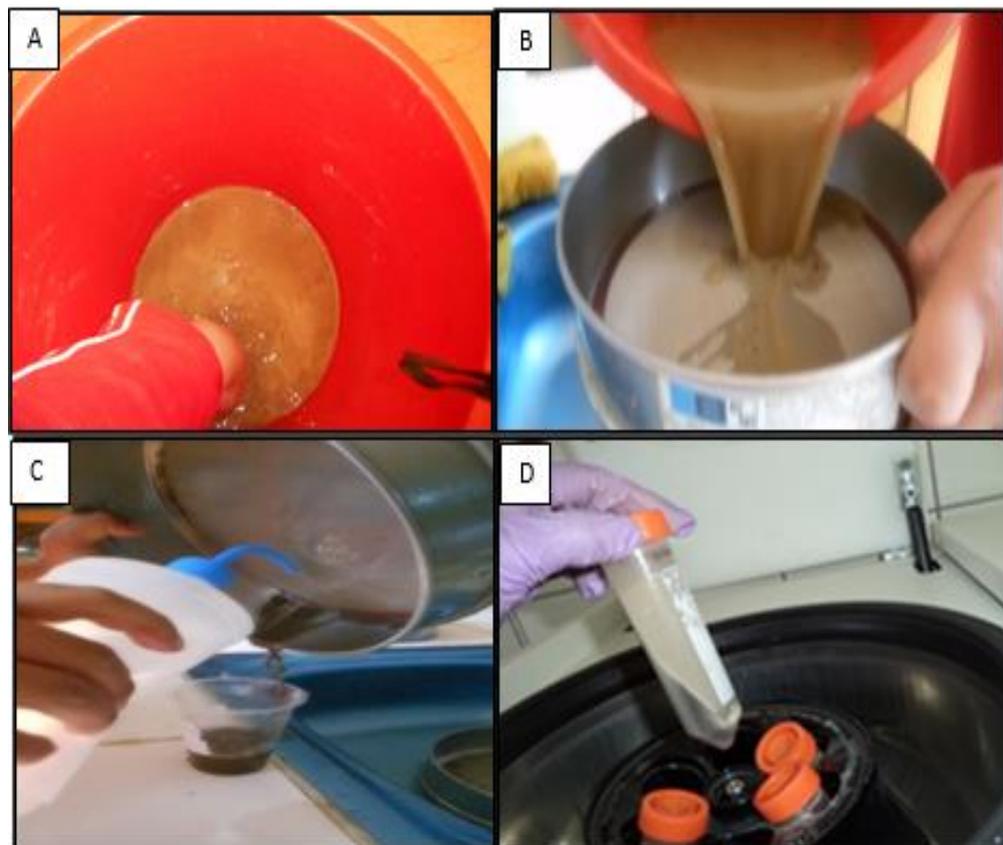


Figura 3: A: Mezcla de suelo del cultivo de maíz, de proporción 250 cm³ de suelo con un litro de agua B: Vertido del sobrenadante en los tamices 60, 100 y 400 Mesh respectivamente C: Recolecta de suelo del tamiz 400 Mesh para procedimiento de centrifugación D: Proceso de centrifugación con solución cal deshidratada.

Fuente: Elaboración propia (2017)

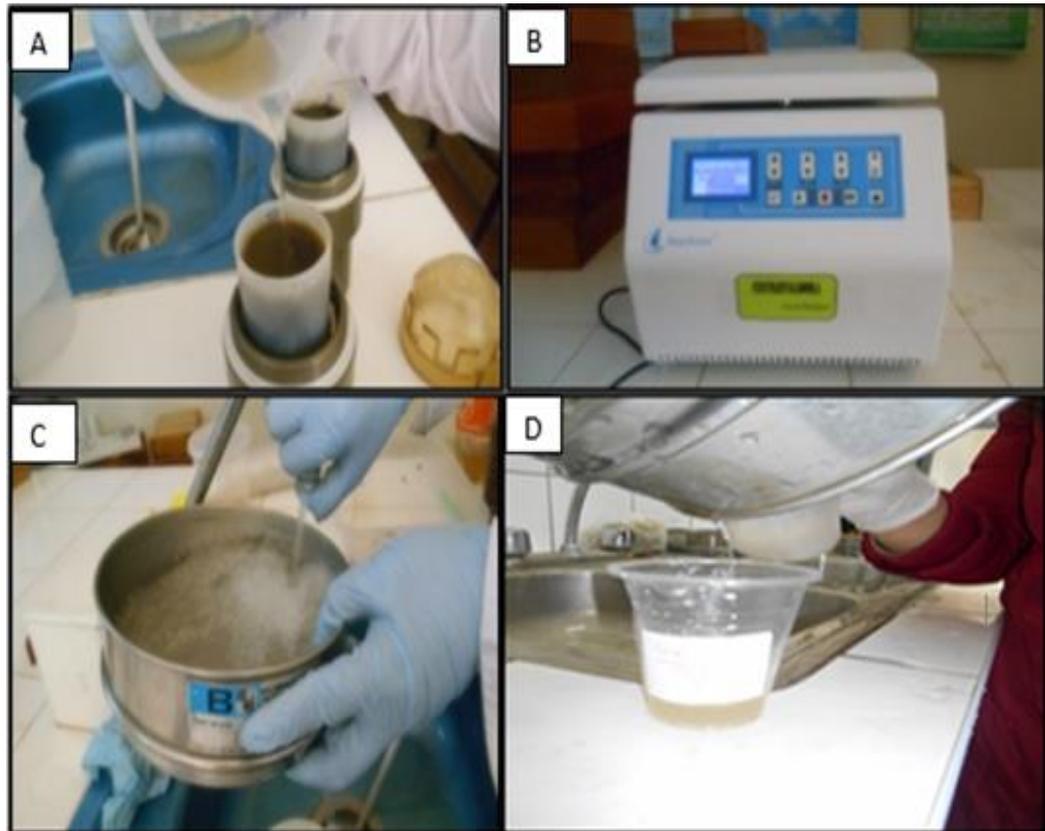


Figura 4: **A:** Adicionando solución sacarosa **B:** Centrifugación de muestra de suelo con solución sacarosa a 1,750 rpm/un minuto **C:** Lavado con chorros fuertes de agua del sobrenadante, para eliminar la solución sacarosa **D:** Recolecta de nematodos para su posterior identificación en estereoscopio.

Fuente: Elaboración propia (2017)

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

- 1) Las raíces infestadas, colectadas en estado fenológico de floración de las seis razas de maíz fueron lavadas cuidadosamente y cortadas en pedazos de aproximadamente 1cm (Figura 5A), posteriormente se pesaron 10 gramos, para luego transferirlos a la licuadora, adicionándose una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl = agua sanitaria en concentración de 0.5 %) (Figura 5B).
- 2) Luego se trituraron las raíces en la licuadora, por un minuto en máxima velocidad (Figura 5C).

- 3) Finalizado el tiempo, se pasaron los restos vegetales en el tamiz de 60, 100 y 400 Mesh, con la ayuda de chorros fuertes de agua, con una piseta se recolectó 50 mL la suspensión de nematodos a un Becker (Figura 5D).
- 4) Posteriormente se vertió la suspensión en los tubos de centrifugación y se realizó el mismo procedimiento realizado anteriormente (3.2.1).

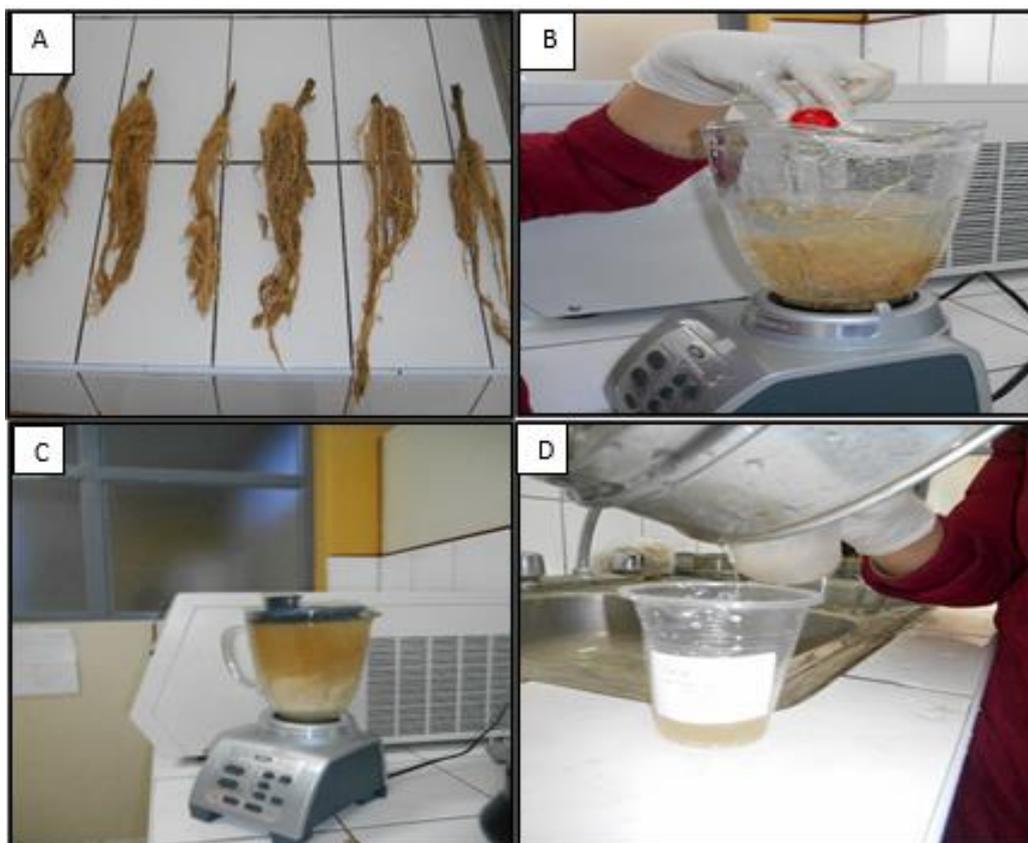


Figura 5: A: Raíces de maíz B: Solución de hipoclorito de sodio adicionada a la licuadora con las raíces picadas C: Licuado a máxima velocidad durante un minuto de las raíces de maíz D: Recolección de la muestra.

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.2.3. Caracterización morfológica de nematodos fitoparásitos

Cinco individuos (Juveniles y adultos) de diferentes géneros de nematodos fueron analizados, realizando la identificación a través de sus características morfológicas y morfométricas (Hunt y Handoo, 2009).

3.2.4. Caracterización bioquímica para identificación de especies de *Meloidogyne* spp., inoculados en las seis razas de maíz

- 1) Se tomaron veinte hembras adultas de *Meloidogyne* spp. de coloración blanca lechosa, provenientes de las poblaciones de tomate colectadas en Arequipa; las hembras fueron retiradas de las raíces con la ayuda de una aguja de punta fina en el microscopio estereoscopio. Las masas de huevos de las respectivas hembras se almacenaron en micro tubos (Eppendorf) conteniendo solución salina al 0.1%. para su conservación.
- 2) Cada hembra retirada del interior de las raíces se colocó en un tubo capilar (Figura 6A) manteniéndolo en hielo en una solución de 2-3 uL del tampón de extracción (Solución de sacarosa).
- 3) Una vez extraídas las hembras, se preparó el gel de poliacrilamida al 7% (11 x 18 cm, 1 mm de espesor).
- 4) Posteriormente las hembras fueron maceradas individualmente y colocadas con ayuda de una jeringa al papel filtro cualitativo (3 mm Whatman). Posteriormente se depositó una gota de azul de bromofenol (0,01 %) en la primera, media y última muestra del respectivo gel.
- 5) Después de la aplicación de la muestra, el gel se colocó en una cuba a una fuente de energía de electroforesis a 80 voltios (Figura 6B), manteniéndose en refrigeración a 5°C (Carneiro y Almeida, 2001).
- 6) Después de la migración de 5 cm del azul de bromofenol en el gel (4 horas), la potencia se apagó y el gel, fue sometido a la enzima esterasa, utilizando una

solución de 50 ml de tampón fosfato (Figura 6C) (50 mg de Fast Blue RR sal y 1,5 ml de α – naftil acetato 1%).

- 7) Poco después, el material fue llevado a la incubación (Figura 6D), donde permaneció en una incubadora a 37°C durante unos 20 a 30 minutos hasta que las bandas esterásticas (Oscuros) aparezcan sobre fondo claro. Después los geles se transfirieron a una solución que contenga 10% de ácido acético y una solución de alcohol metílico 40% durante 30 minutos. Después de la fijación, los geles se colocaron entre dos hojas de papel de celofán y se secan a temperatura ambiente.
- 8) La identificación de especies se realizó mediante el cálculo de la movilidad relativa (R_m) de cada banda polimórfica de la primera banda de *M. javanica* J3 (Esbenshade y Triantaphyllou, 1985).

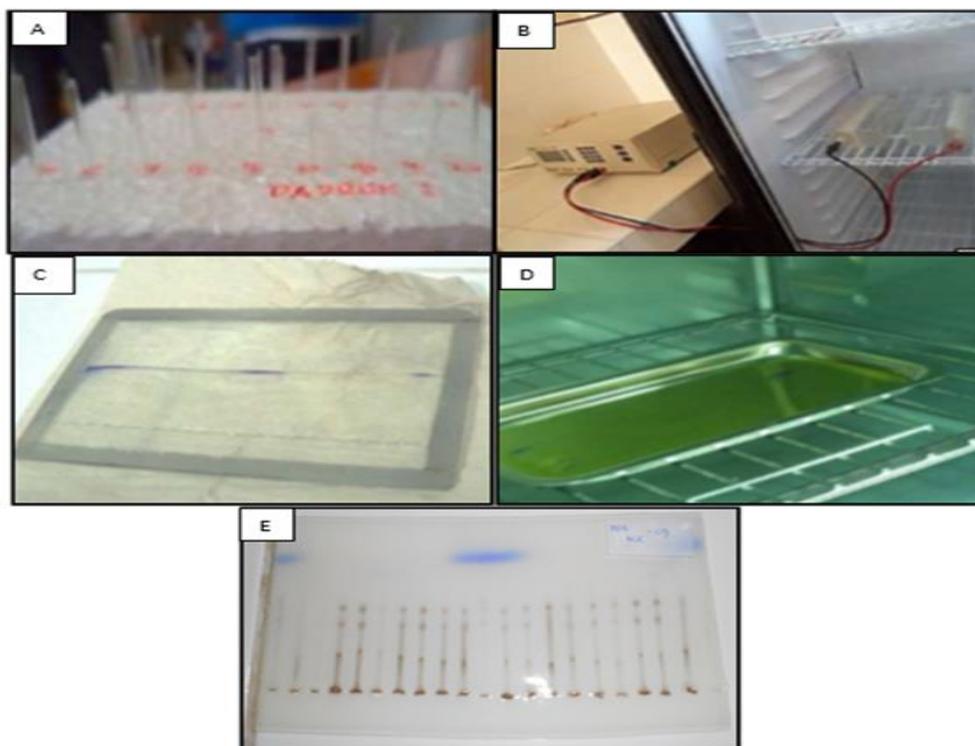


Figura 6: A: Hembras de *M. javanica* almacenadas en tubos capilares con solución tritón B: Corrida de gel en cuba a 80 voltios por aproximadamente 4 horas C: Gel después de 4 horas D: Gel llevado a la Incubadora a 37°C durante unos 20 a 30 minutos E: Bandas esterásticas de *M. javanica* J2

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.2.5. Evaluación de la resistencia de razas de maíz a *M. javanica*

Materiales utilizados en la etapa de resistencia: Bolsas negras, Sustrato, Etiquetas, Estufas y calefactores.

- 1) La Evaluación de la resistencia se realizó en uno de los invernaderos de la Facultad de Ciencias Agrarias (Figura 7A) en un ambiente controlado a $20\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 2) Los suelos y el humus de lombriz utilizados en las macetas fueron esterilizados en autoclave a $120^{\circ}\text{C}/2$ horas con la finalidad de eliminar patógeno y crecimiento de plantas espontáneas; para posteriormente adicionar sustrato en una proporción de 2:1.
- 3) Seis razas de maíz de la región Puno y Cusco (Figura 7B) fueron evaluados en cuanto a la reacción de una población bastante agresiva de *M. javanica*, especie que se obtuvo de las raíces noduladas de tomate, colectadas en Arequipa.
- 4) Plantas con 2 a 3 cm de altura fueron inoculadas con 5000 huevos + juvenil (J2) /planta con *M. javanica* (patrón esterase J2); como testigo susceptible fue utilizada tomate cv. Santa Cruz.
- 5) Las plantas fueron evaluadas en el periodo de floración.
- 6) Los parámetros de evaluación fueron: altura de la planta (AP), peso de la parte aérea de la planta (PPAP), peso de la raíz (PR), número de huevos y juveniles (NHJ) y el factor de reproducción (FR).

- 7) El factor de reproducción (FR) del nematodo se cuantificaron mediante la fórmula ($FR = \text{población final} / \text{población inicial}$), donde $FR=0$ será inmune; $FR < 1,00$ será resistente y $FR > 1,00$ será susceptible (Oostenbrink, 1966).
- 8) Los valores de número de nódulos y los FRs fueron sometidos a ANDEVA, siendo las medias del tratamiento comparados entre sí por la prueba de agrupamiento Scott y Knott (1974) a 5% de probabilidad, utilizando el software estadístico SASM-Agri (Canteri *et al.*, 2001).



Figura 7: A: Invernadero donde se realizó la prueba de resistencia de seis razas de maíz a *Meloidogyne javanica*, ambiente controlado a $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (Facultad de Ciencias Agrarias) B: Razas de maíz utilizadas para la evaluación de resistencia.

Fuente: Elaboración propia (2017)

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Ámbito de investigación

La etapa de muestreo de suelo se realizó en Puno en 7 distritos: Chupa; Cuyocuyo, Sandia, San Juan del Oro, Ayapata, Ollachea y San Gabán de las provincias de Azángaro, Sandia y Carabaya respectivamente (Figura 8); también se recolectaron muestras en 2 distritos de la Región Cusco: Urubamba y Pisac, pertenecientes a las provincias de Urubamba y Calca respectivamente (Figura 9).

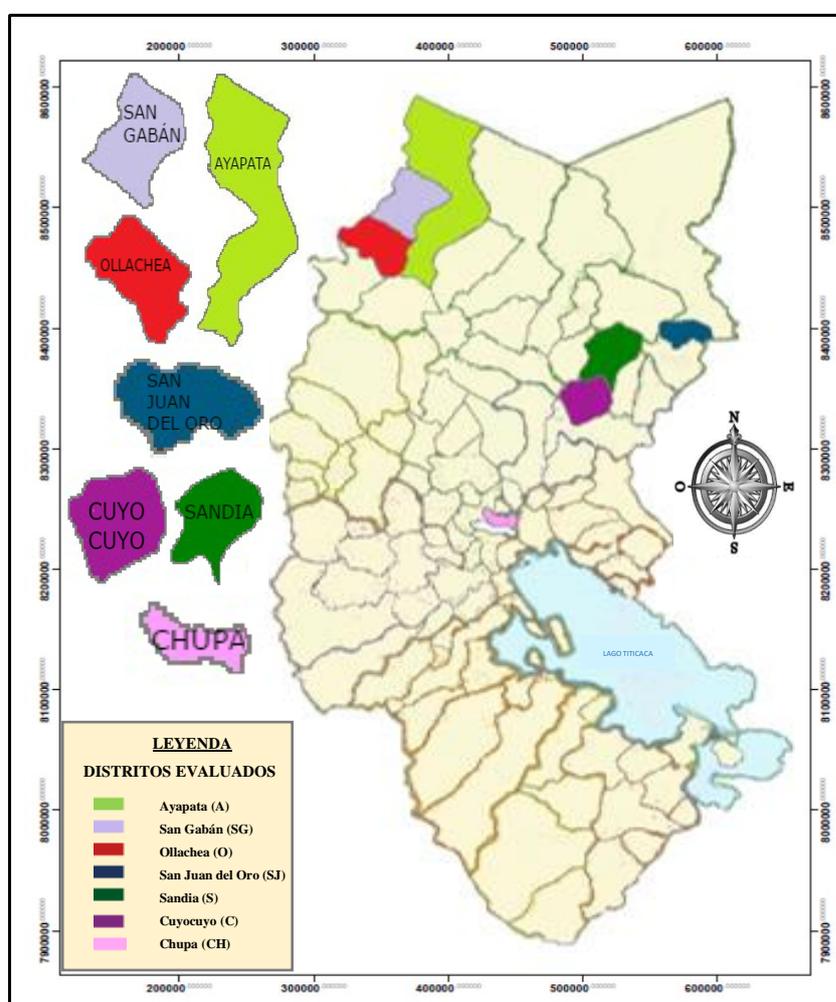


Figura 8: Mapa de ubicación de los distritos evaluados en la región Puno.

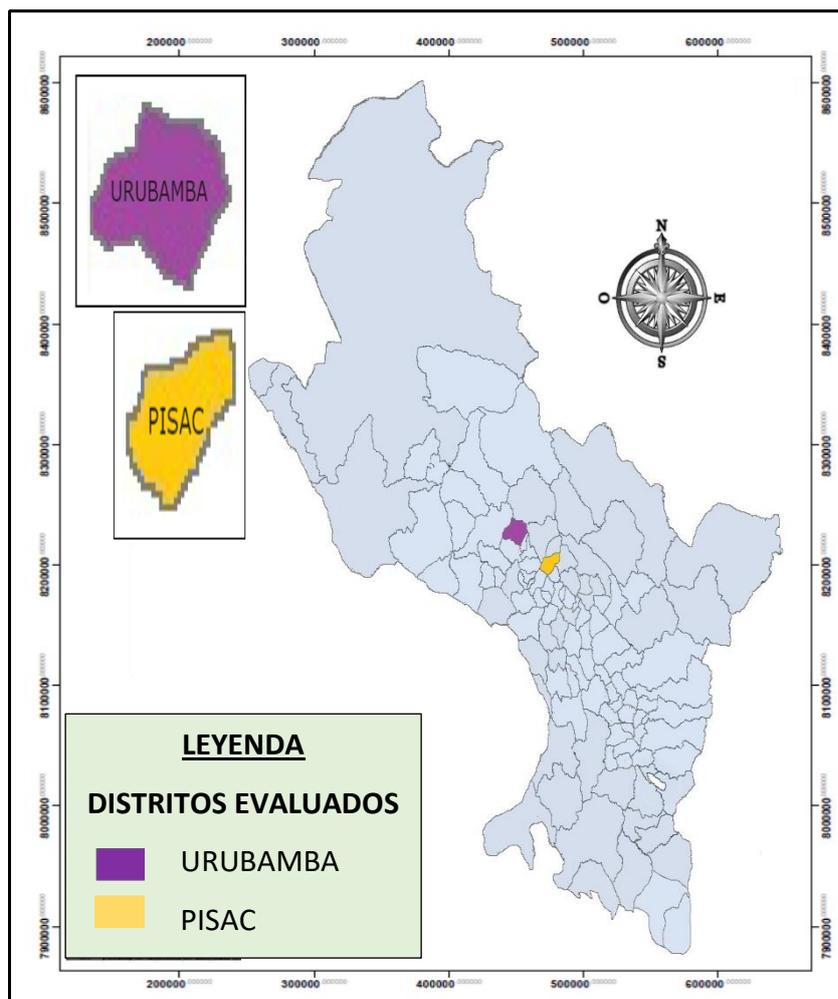


Figura 9: Mapa de ubicación de los distritos evaluados en la región Cusco.

4.2. Lugar de observación e identificación de nematodos

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

Las fotografías de los nematodos fitoparásitos fueron analizadas y realizadas sus mediciones en el laboratorio de Fitopatología/Nematología de Embrapa Clima Temperado (Brasil).

4.3. Duración

La etapa de colecta de muestras se realizó de la campaña agrícola 2015 - 2016 entre los meses de enero hasta marzo de 2016 en siete distritos de la región Puno y dos distritos de la región Cusco. La etapa de laboratorio con el procesamiento de 161 muestras de suelo tuvo una duración de cuatro meses. La etapa de resistencia de seis razas de maíz tuvo una duración de 7 meses hasta que la planta alcanzó la etapa de floración, desde el mes de julio 2016 hasta enero 2017.

4.4.- Información meteorológica de las zonas evaluadas

En los gráficos se muestran las condiciones meteorológicas (T° máx., T° mín., T° media y precipitaciones) de los distritos evaluados en las Regiones de Puno y Cusco, de la campaña agrícola 2015-2016 del cultivo de maíz:

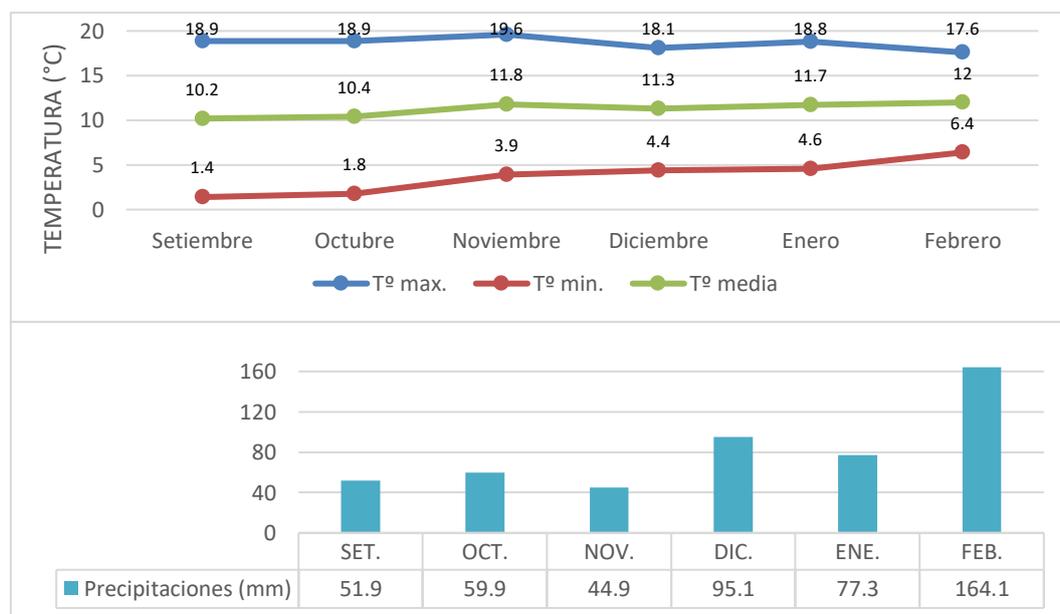


Figura 10: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Chupa- Región Puno
Fuente: SENAMHI

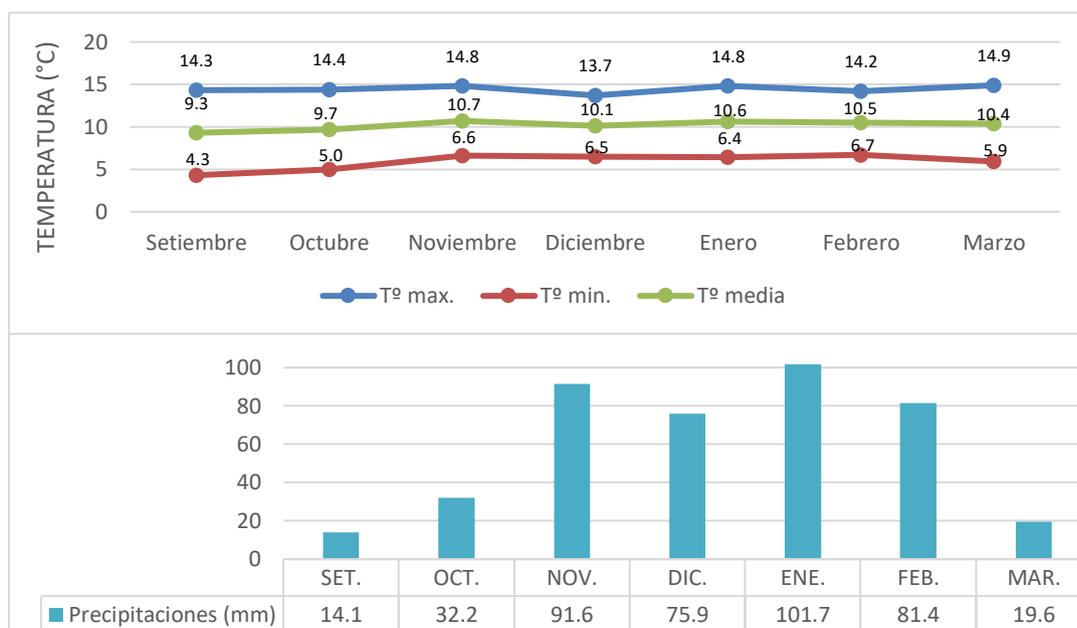


Figura 11: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Cuyocuyo- Región Puno

Fuente: SENAMHI

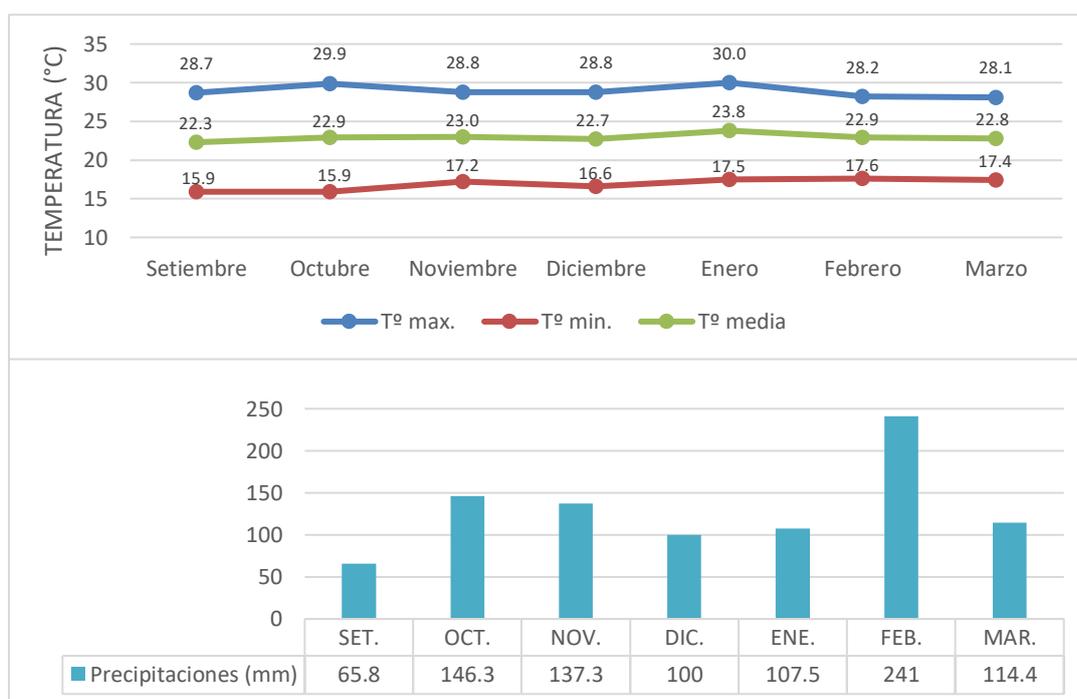


Figura 12: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de San Juan del Oro- Región Puno

Fuente: SENAMHI

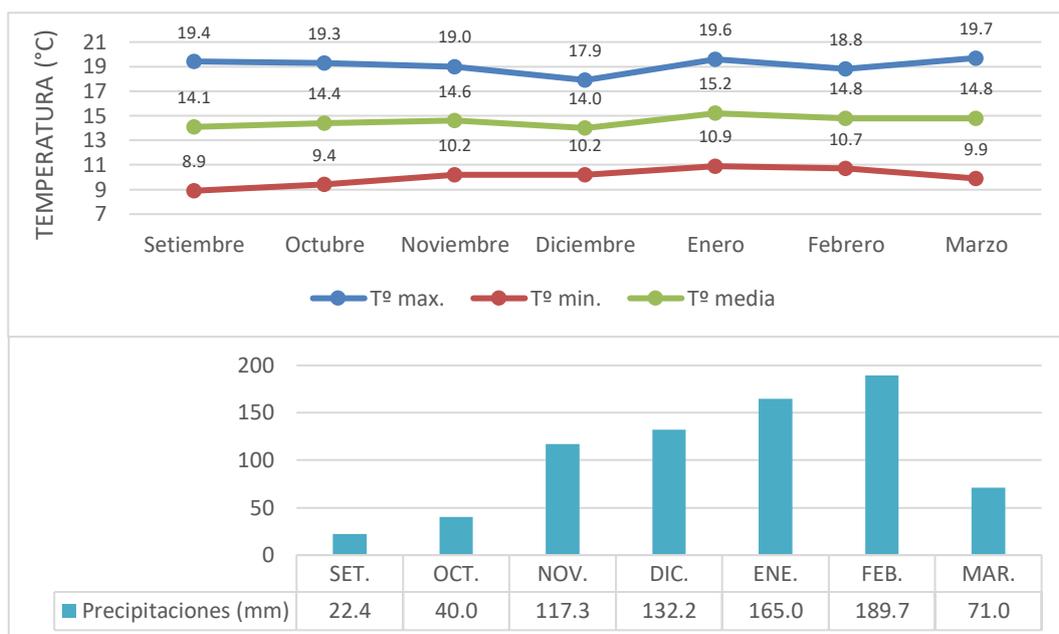


Figura 13: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Ollachea- Región Puno
Fuente: SENAMHI

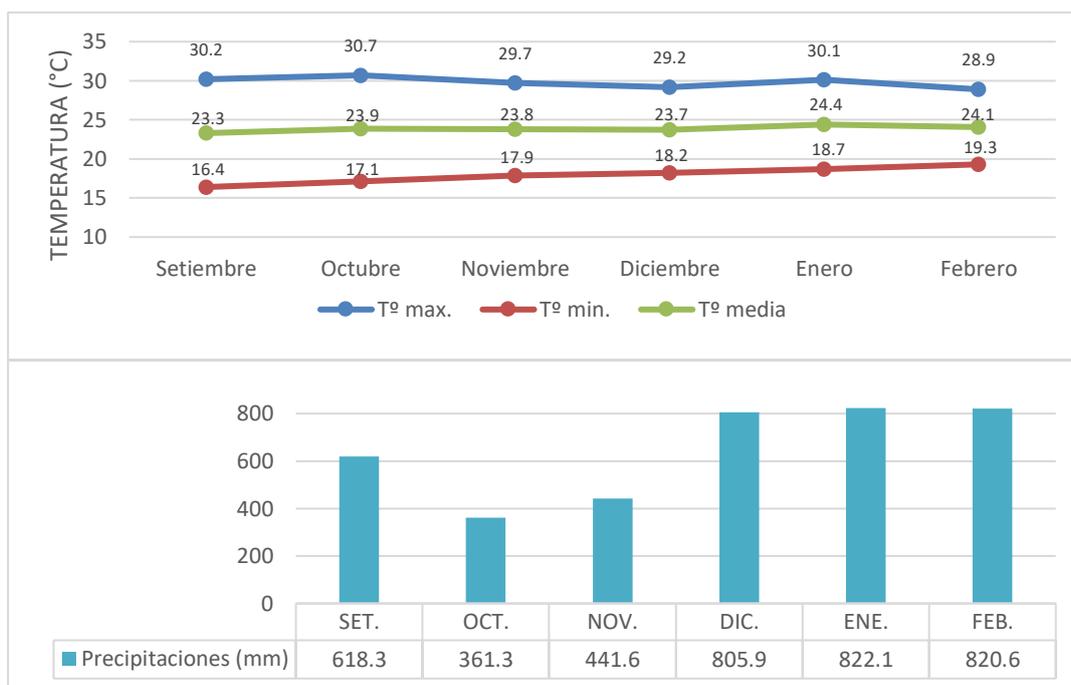


Figura 14: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de San Gabán- Región Puno
Fuente: SENAMHI

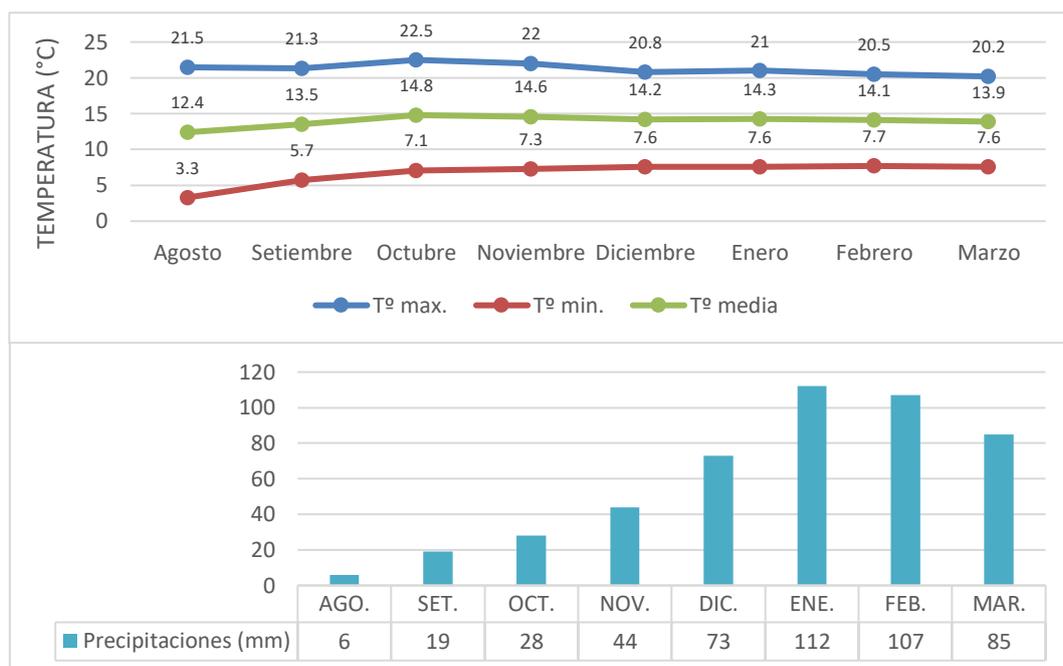


Figura 15: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Pisac- Región Cusco
Fuente: SENAMHI

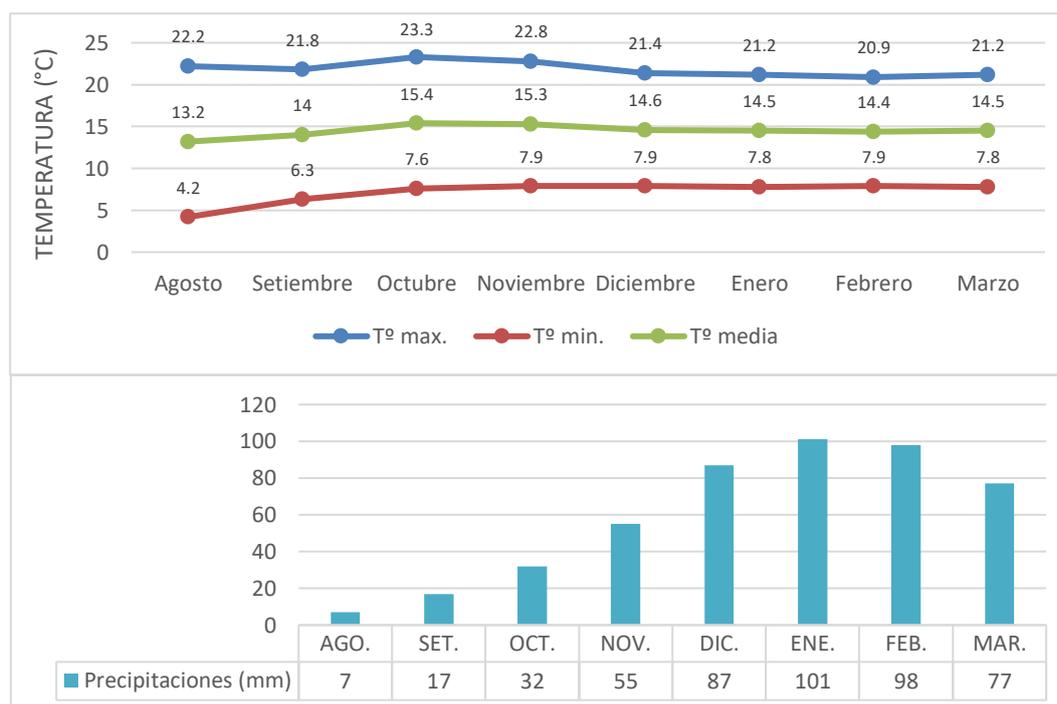


Figura 16: Datos meteorológicos de la campaña 2015-2016 del distrito de Urubamba- Región Cusco
Fuente: SENAMHI

CAPÍTULO V

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS A MAÍZ EN LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS EN LAS REGIONES DE PUNO Y CUSCO

En relación a la hipótesis general del presente trabajo de investigación, se niega que especies del género *Meloidogyne* estén presentes en el cultivo de maíz en las Regiones evaluadas de Puno y Cusco, ya que en las muestras colectadas y procesadas en laboratorio no se encontró a este nematodo; a pesar de que en otras Regiones del Perú encontraron a especies del género *Meloidogyne* parasitando campos de maíz, así lo señaló mediante una comunicación personal Lima (2017). Asimismo, McDonald y Nicol (2005), indican que *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera* son considerados los géneros más importantes para el cultivo de maíz y que específicamente *M. incognita* y *M. javanica* son las especies mundialmente más detectadas en maíz según Rosa *et al.*, (2012). Sin embargo, aunque no hayan sido encontradas ninguna especie de *Meloidogyne* en los lugares muestreados, hay que tener en cuenta las temperaturas medias en los distritos evaluados en el mes colectado, en la Región Puno fueron: Chupa (11.7°C), Cuyocuyo (10.5°C), San Juan del Oro (22.9°C), Ollachea (14.8°C) y San Gabán (24.1°C), mientras que en los distritos de la Región Cusco: Pisac (14.1°C) y Urubamba (14.4°C) (Anexo: fichas meteorológicas), al respecto Agrios (2004), señala que la temperatura es un factor determinante para el desarrollo de este género, considerándose T° óptima 27°C, haciendo una comparación con las temperaturas señaladas en los lugares muestreados

estas se encuentran por debajo de lo mencionado por este autor, por consiguiente, este nematodo no tiene las condiciones ambientales para su desarrollo.

En las muestras de suelo colectadas de siete distritos de la Región Puno y dos distritos de la Región Cusco, se identificaron a **seis géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz**; los cuales son: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Globodera*, *Xiphinema*, *Rotylenchus*, *Dorylaimus* spp., y también se encontraron nematodos de vida libre (Saprófitas y predadores).

La identificación de los géneros con sus características morfométricas y morfológicas se describen a continuación:

5.1.1. Género *Helicotylenchus*

Los individuos observados dentro del género *Helicotylenchus* presentan una principal característica, en estado inactivo (reposo) adquiere una posición en espiral o de letra “C”, además presentan una estructura cefálica bien desarrollada y la región de la cabeza alta, cónica y redondeada, con un estilete robusto y la terminación de la cola es curvada. (Figura 17C). La longitud del cuerpo es de 549.265 μm (Figura 17A). Estos resultados son coincidentes con lo que señala Mai y Mullin (1996), quienes se refieren a la característica fundamental de este género, de forma cónica redondeada de la cabeza y se complementa con Cepeda (1996), quien señala que la terminación de cola es curvada. Respecto a la longitud del cuerpo y estilete, Schreck *et al.* (2010) indican que el tamaño del cuerpo del género *Helicotylenchus* varía de 510 - 890 μm y la longitud del estilete puede variar de 20 - 26 μm ., comprobándose de esta forma que los datos morfométricos de nuestra descripción (Figura 17) están dentro del rango de longitudes que señala el autor y ratificando con ello que se trata del género *Helicotylenchus*.



Figura 17: A: Cuerpo del género *Helicotylenchus* B: Estilete del género *Helicotylenchus* C: Parte posterior (cola) redondeada
Fuente: Elaboración propia (2017)

5.1.2. Género *Mesocriconema*

Los nematodos analizados procedentes de las muestras de suelo, presentan una cutícula gruesa, todo el cuerpo intensamente anillado, con una longitud promedio del cuerpo es de 402.292 μm (Figura 18A) y mostrando un estilete grande y fuerte, con nódulos basales dirigidos hacia la parte anterior, con una longitud de 74.248 μm (Figura 18B). Se puede observar que son robusto y ligeramente pequeños, su cuerpo es muy estriado como se aprecia en la ilustración (Figura 18A), la parte anterior de cuerpo es redondeada y la posterior cónica. Estas dimensiones se encuentran dentro del rango que señala Perry y Moens (2013), quienes especifican que tanto machos como hembras tienen una longitud entre 200 a 1000 μm . De acuerdo a la longitud del estilete Tihohod (2000), menciona que puede variar de 59 a 65 μm ; sin embargo, como característica particular, nosotros encontramos el estilete ligeramente más largo.

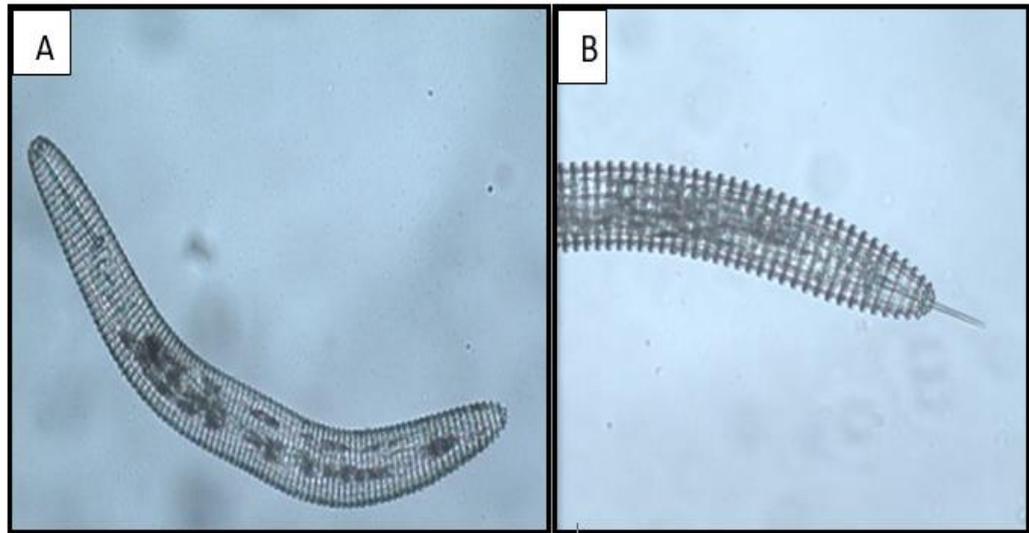


Figura 18: A: Cuerpo del género *Mesocriconema* B: Estilete del *Mesocriconema*
Fuente: Elaboración propia (2017)

5.1.3. Género *Xiphinema*

Los nematodos observados presentan un cuerpo de forma vermiforme, el cuerpo y estilete son bastante largos (Figura 19A y 19B). Presenta un estilete hueco y bifurcado en el punto de unión con el odontóforo, conocido como odontostilo, con tres extensiones basales y anillo guía. Las características señaladas coinciden con Evans *et al.*, (1998) y Ferris (1999), quienes señalan que el cuerpo es bastante largo y presentan un estilete hueco, con longitud de 150 μm o más, características que coinciden con los nematodos *Xiphinema* estudiados.

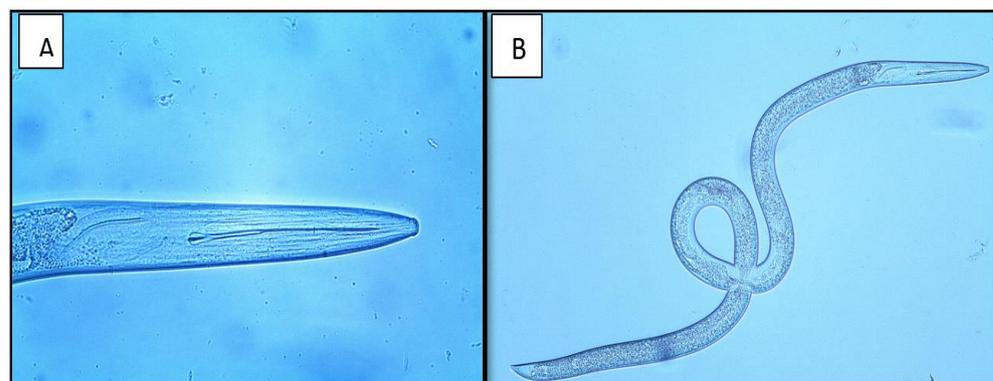


Figura 19: A: Estilete de género *Xiphinema* B: Cuerpo en forma vermiforme del género *Xiphinema*
Fuente: Elaboración propia (2017)

5.1.4. Género *Globodera*

El género *Globodera* es fácil de identificar por la forma de quiste que presentan las hembras, ya que tienen un cuerpo globoso, esferoidal, con un cuello corto que no termina en cono y con una cutícula gruesa. La longitud promedio del cuerpo del quiste es de 183.218 μm (Figura 20A). Siendo menor al rango que señala Franco (1998) que indica que la longitud del cuerpo de *G. rostochiensis* oscila entre los 300 a 1000 μm , mientras que la longitud del cuerpo de *G. pallida* varía de 420 a 748 μm , además por otro lado también Perry y Moens (2013) mencionan que el rango de longitud del quiste puede variar de 450 a 990 μm en *G. rostochiensis* y 420 a 748 μm en *G. pallida*; en comparación con la longitud de la muestra evaluada, se observa que el quiste es más pequeño a lo mencionado por los autores, probablemente esto se deba a factores que señalan Turner y Evans (1998), refiriéndose a una adaptación diferente a la temperatura, ya que las temperaturas para el desarrollo normal del quiste deben estar entre 15 a 18 °C; contrastando con lo mencionado por los autores, las muestras identificadas corresponden a especies encontradas en el distrito de Chupa, cuyas características de temperatura media en el mes colectado fue de 11.7°C (Anexo: fichas meteorológicas 1) a altitudes por encima de 3823 msnm (Anexo: cuadro 11), además pueden existir otros factores como competencia intraespecífica entre individuos pertenecientes a este género. Al morir, las hembras oscurecen y endurecen su cutícula transformándose en un quiste de color pardo o marrón, con forma redondeada carácter diferenciador de otros géneros (Smith *et al.*, 1997).

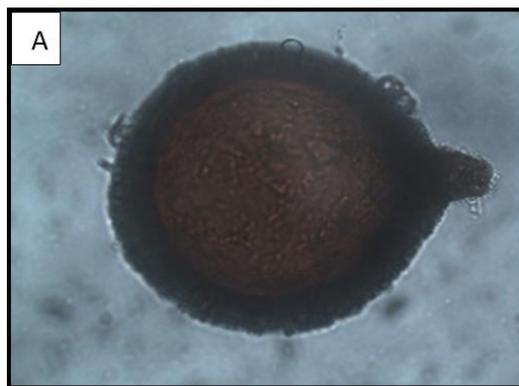


Figura 20: A: Quiste del género *Globodera*
Fuente: Elaboración propia (2017)

5.1.5. Género *Rotylenchus*

Estos nemátodos cuentan con un estilete pequeño de 13.693 μm , la abertura de la glándula dorsal esofágica está a una distancia menor que la cuarta parte de la longitud del estilete y cuenta con nódulos (Figura 21A). Tiene la característica de adoptar posición en espiral o curvados cuando están inactivos, por lo que pueden confundirse con *Helicotylenchus*. La terminación de la cola es redonda (Figura 21C) y la longitud del cuerpo es de 549.265 μm (Figura 21B). Estas dimensiones se encuentran dentro del rango que señala Cepeda (1996), que indica que la longitud del cuerpo varía de 400 a 700 μm y que el tamaño puede ser modificado por el medio donde se desarrolle.

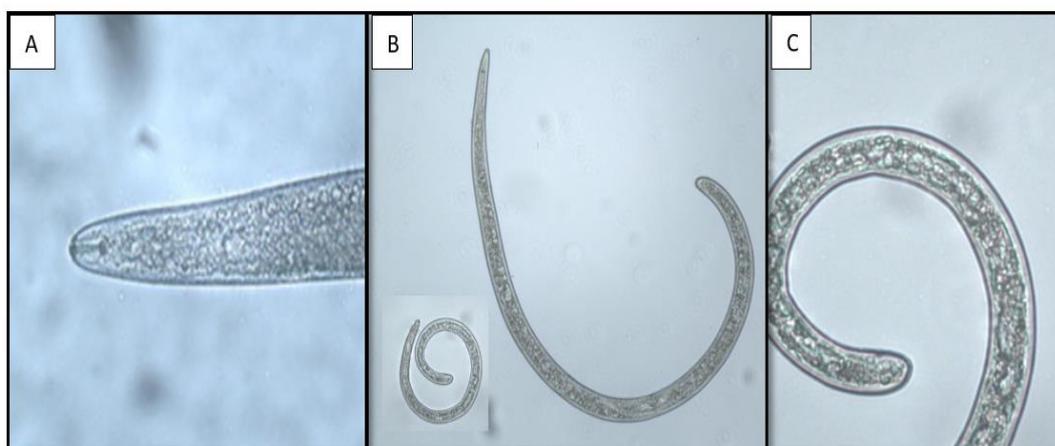


Figura 21: A: Estilete del género *Rotylenchus* **B:** Cuerpo del género *Rotylenchus* **C:** Parte posterior (cola) del género *Rotylenchus*

Fuente: Elaboración propia (2017)

5.1.6. Género *Dorylaimus*

Los poco individuos analizados se encontraron con forma vermiforme, con el cuerpo bastante largo, la terminación de la cola es ligeramente curvada y terminación roma; presenta odontoestilete, la apertura de este estilete se sitúa dorsalmente. El esófago consiste en una delgada porción anterior, algunas veces con pequeñas protuberancias musculares, seguida por una porción ensanchada, que puede reducirse a una simple válvula esofágica. Estas características son coincidentes con Sen *et al.*, (2011), quien señala que en los machos el extremo superior es ventralmente más curvado que en hembras, con terminación roma, con una longitud del cuerpo entre 1145.5 a 2010.6 μm y la longitud del estilete oscila entre 174 a 210 μm ., sin embargo, normalmente la longitud del cuerpo mide de 2200 μm a más en todos sus estadios.

Por otro lado, Jairajpuri y Ahmad (1992), mencionan que este género es más frecuente en suelos con bastante humedad y/o materia orgánica, características del lugar donde fue encontrado.

5.1.7. Nematodos de Vida Libre

Los individuos extraídos de muestras de suelo de maíz, presentaron longitudes de cuerpo bastante grandes (Figura 22B), con un cuerpo cilíndrico, cutícula gruesa y no presentan estilete sino un odontoestilete que es una cavidad bucal esclerosada, donde el estoma es cilíndrico (Figura 22A). Estos rasgos son coincidentes con lo que señalan Ruppert y Barnes (1996), quienes describen a los nematodos de vida libre como desprovistos de estilete y con una longitud de cuerpo de 1000 μm a más, asimismo Tihohod (2000), se refiere a la presencia de un odontoestilete, refiriéndose a una cavidad bucal esclerotizada con un estoma cilíndrico. Lo mencionado por los autores nos permite confirmar que los individuos analizados son Nematodos de Vida

Libre y se adaptan a diferentes condiciones climáticas, es por ello que se encuentran presente en todas las áreas evaluadas de las Regiones de Puno y Cusco (cuadro 5 y 6). Su importancia ecológica es de gran relevancia ya que intervienen en la degradación de la materia orgánica para el cumplimiento de los ciclos biogeoquímicos.

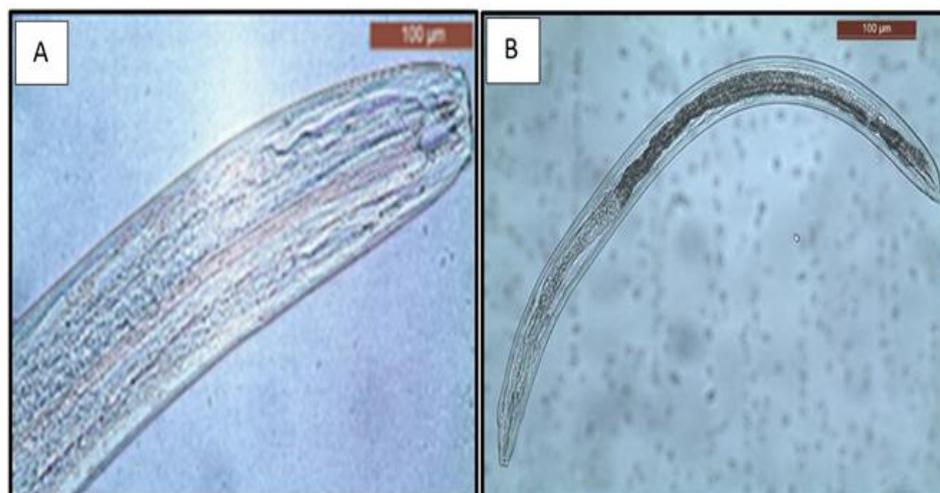


Figura 22: A: Cavidad bucal esclerotizada (odontoestilete) de un nematodo de vida libre B: Nematodo de vida libre
Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 4: Características morfológicas y morfométricas de los géneros de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre presentes en los distritos evaluados de las Regiones de Puno y Cusco

Géneros de nematodos	Características
<i>Helicotylenchus</i> spp.	Longitud del cuerpo: 549.265 µm Longitud del estilete: 21 µm <ul style="list-style-type: none"> Cabeza con forma cónica redondeada.
<i>Mesocriconema</i> spp.	Longitud del cuerpo: 402.292 µm Longitud del estilete: 74.248 µm <ul style="list-style-type: none"> Cuerpo intensamente anillado
<i>Xiphinema</i> spp.	Longitud del cuerpo: Bastante largo Longitud del estilete: 150 µm <ul style="list-style-type: none"> Presenta odontoestilete bastante largo

<i>Globodera</i> spp.	Longitud del cuerpo: 183.218 μm
<i>Rotylenchus</i> spp.	Longitud del estilete: 13.693 μm <ul style="list-style-type: none"> Tienen la característica de adoptar posición en espiral o curvado cuando se encuentran inactivos.
<i>Dorylaimus</i> spp.	Longitud del cuerpo: 1145.5-2010.6 μm Longitud del estilete: 174-210 μm <ul style="list-style-type: none"> Terminación de la cola ligeramente curvada y terminación roma. Presenta odontoestilete.
Nematodos de vida libre	Longitud del cuerpo: 1000 μm <ul style="list-style-type: none"> Cavidad bucal esclerotizada

Fuente: Elaboración propia (2017)

5.2. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

En las muestras analizadas se observa de forma general que los géneros: *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Globodera* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. se encuentran presente en las muestras colectadas de maíz. Igualmente fue comprobado también la presencia de nematodos de vida libre (Saprofitas y predadores) en altos índices en todas las provincias en estudio.

Tabla 5: Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (*Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp., *Dorylaimus* spp., *Globodera* spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (Densidades poblacionales mayores y densidades poblacionales menores) presentes en cada distrito muestreado en la región Puno

Géneros de nematodos	DISTRITOS DE LA REGIÓN PUNO									
	SAN JUAN					SAN GABÁN				
	CHUPA	SANDIA	DEL ORO	CUYOCUYO	AYAPATA	OLLACHEA	GABÁN			
<i>Helicotylenchus</i> spp.	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	88.8 15.7(0-206.7)	40.4 6.9(0-16.6)	32 3.5(0-53.3)	66.6 13(0-103.3)	66.6 13.8(0-86.6)	100 23.1(13.3-140)			
<i>Mesocriconema</i> spp.	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	83.3 18.4(0-213.3)	35 8.3(0-63.3)	62.6 5.7(0-40)	63.8 6.2(0-46.7)	48 2.4(0-13.3)	35.5 8.8(0-120)			
<i>Xiphinema</i> spp.	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	36.8 2.2(0-53.3)	40 5.5(0-23.3)	0 100	16.6 0.9(0-13.3)	22.2 1.2(0-13.3)	11 0.6(0-13.3)			
<i>Globodera</i> spp.	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	96 17.8(7-165.3)	0 0	25.9(36-100.6)	0 0	0 0	0 0			
<i>Rotylenchus</i> spp.	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	0 0	77.2 15.1(0-80)	20 1.5(0-33.3)	0 0	0 0	26.6 4.4(0-53.3)			
<i>Dorylaimus</i> spp.	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	7.7 0.4(0-16.7)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0			
Nematodos de Vida Libre	Inc. (%) $\rho \bar{X} (< >)$	96 53.4(20-36.7)	100 25.6(20-133.3)	100 26.4(30-156.7)	100 35.6(30-126.7)	100 27.1(30-120)	100 23.4(40-163.3)			
	$\bar{X} T^{\circ} ({}^{\circ}C)$	11.7	22.4	10.5	14.8	14.8	24.1			
	$\bar{X} H^{\circ} (%)$	66	96	89	82	82	86			
	Altitud (msnm.)	3830	1385	3414	3475	2850	820			

Leyenda: Inc. = Incidencia; ρ = Densidad; \bar{X} = Promedio poblacional

$\rho \bar{X}$: Expresado en individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

<>: Expresan rangos de densidades poblacionales mayores y densidades poblacionales menores de individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

- T°, H°, altitud de la zona muestreada en el mes de colecta

Tabla 6: Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (*Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (Densidades poblaciones mayores y densidades poblacionales menores) presentes en cada distrito muestreado en la región Cusco

DISTRITOS DE LA REGIÓN CUSCO			
Géneros de nematodos		URUBAMBA	PISAC
<i>Helicotylenchus</i> spp.	Inc. (%)	33.3	45
	$\rho \bar{X}$ (<>)	4(0-86.7)	4.1(0-30)
<i>Mesocriconema</i> spp.	Inc. (%)	19.6	12.8
	$\rho \bar{X}$ (<>)	1.5(0-53.3)	1.2(0-23.3)
<i>Xiphinema</i> spp.	Inc. (%)	5	5.8
	$\rho \bar{X}$ (<>)	0.2(0-6.7)	0.4(0-23.3)
<i>Globodera</i> spp.	Inc. (%)	82	100
	$\rho \bar{X}$ (<>)	15.5(6-71.3)	35.9(0-270)
Nematodos de vida libre	Inc. (%)	100	100
	$\rho \bar{X}$ (<>)	32.1(40-146.7)	23.4(60-86.7)
\bar{X} T° (°C)		14.5 70	14.1 70
\bar{X} H° (%)		2869	2974
Altitud (msnm.)			

Leyenda: Inc. = Incidencia; ρ = Densidad; \bar{X} = Promedio poblacional
 $\rho \bar{X}$: Expresado en individuos juveniles/100 cm³ de suelo.
 <>: Expresan rangos de densidades poblacionales mayores y densidades poblacionales menores de individuos juveniles/100 cm³ de suelo.
 • T°, H°, altitud de la zona muestreada en el mes de colecta.

A continuación, se describen las variaciones de las densidades poblacionales promedio de cada género de nematodos presentes en el cultivo de maíz en las Regiones de Puno y Cusco:

5.2.1. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus* en el cultivo de maíz de la región Puno y Cusco

El género *Helicotylenchus* si bien es cierto se encuentra presente en todos los distritos que fueron evaluados de la Región Puno; las densidades poblacionales más altas de 23.1 juveniles/100 cm³ de suelo fueron observados en el distrito de San Gabán. Así mismo, los distritos de Sandia, Ollachea y Ayapata sus densidades promedio fueron de 15.7, 13.8 y 13.0 juveniles/100 cm³. Los distritos de San Juan del Oro, Cuyocuyo y Chupa presentaron densidades poblacionales más bajas (6.9, 3.5 y 0.71 juveniles/100cm³ de suelo respectivamente) (Figura 23). La incidencia fue mayor de 30% en todas las áreas evaluadas (Tabla 5).

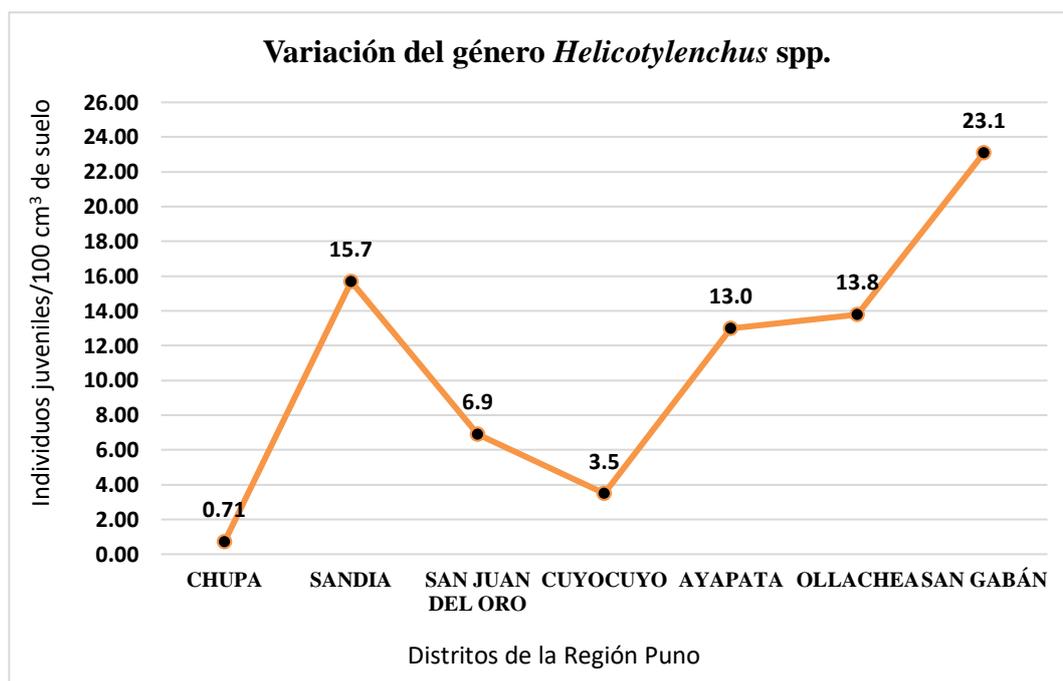


Figura 23: Densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus* en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

En relación al umbral de daño del género *Helicotylenchus* en el cultivo de maíz, el departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) señala pérdidas económicas a partir de 100 individuos/100 cm³ de suelo; sin embargo, A & L Great

Lakes Laboratories (2009) refiere que un número mayor a 200 individuos/100 cm³ de suelo puede resultar perjudicial para el cultivo de maíz; por otro lado, Tylka (2007) indica que el umbral de daño económico se encuentra por encima de 1000 individuos/100 cm³ de suelo.

Si bien en cierto, las densidades poblacionales se encuentran por debajo del umbral de daño mencionado por los autores, hay que considerar lo referido por Luc *et al.*, (2005), quienes indican que estos nematodos pueden convertirse en plagas potenciales para el cultivo del maíz, por lo que es necesario realizar siempre un plan integrado de manejo.

Por su parte; Siddiqi (2000) y Luc *et al.*, (2005), señalan que *Helicotylenchus* spp. es un nematodo fitoparásito cosmopolita de áreas tropicales y subtropicales y que las especies de este género habitan en suelos pesados, coincidiendo con lo mencionado por los autores, las densidades poblacionales más altas se encontraron en el distrito de San Gabán, cuyo clima tropical permite la permanencia y desarrollo de este nematodo; así también la mayoría de muestras colectadas mostraron características de un suelo pesado (Anexos: tabla 11).

Por otro lado; y contrariamente a lo indicado anteriormente, en la presente investigación también se encontró presencia de este género en el distrito de Chupa y Cuyocuyo, que poseen climas templados y cuyas temperaturas medias en el mes colectado fueron de 11.7 y 10.5°C respectivamente (anexos: fichas meteorológicas 1 y 2); condiciones que aparentemente no son adecuadas para este nematodo; sin embargo, estos resultados demostrarían que las especies de éste género han desarrollado mecanismos de resistencia que les permiten sobrevivir en condiciones

ambientales adversas.; inclusive pueden llegar a adaptarse a diferentes características climáticas.

En la Región Cusco, el género *Helicotylenchus* spp., se encuentra presente en los dos distritos evaluados, con densidades poblacionales promedio de 4.06 y 4.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en los distritos de Urubamba y Pisac respectivamente (Figura 24). El porcentaje de incidencia en Pisac fue de 45%, mientras que en Urubamba 33.3% (tabla 6).

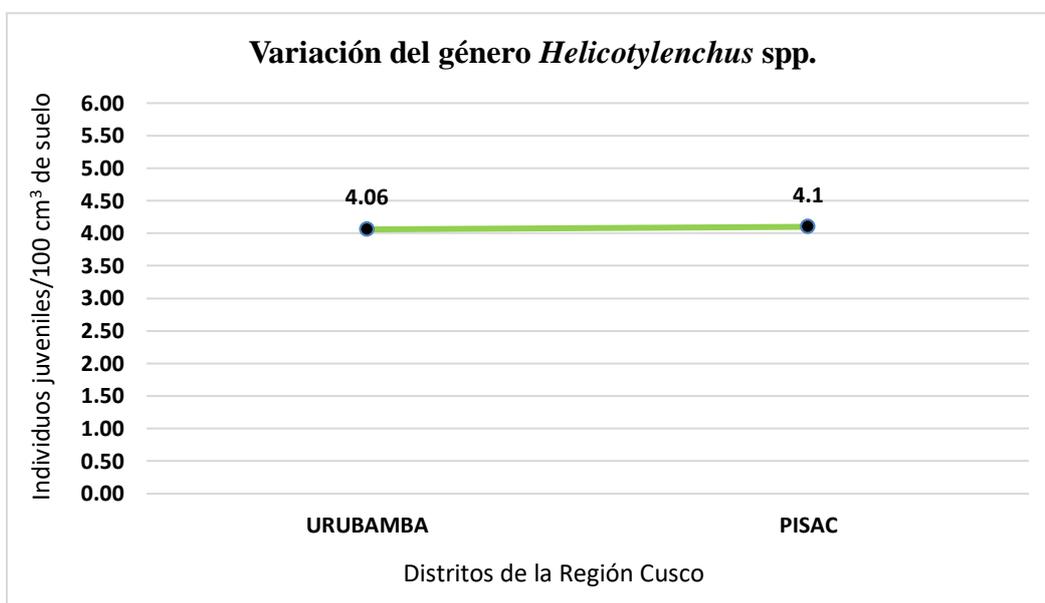


Figura 24: Densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus* en el cultivo de maíz de la región Cusco
Fuente: Elaboración propia (2017)

El género *Helicotylenchus* se encuentra presente en los dos distritos evaluados de la Región Cusco, con densidades poblacionales bastante bajas (4.1 y 4.06 individuos/100 cm³ de suelo) en relación al umbral de daño citado anteriormente. Estos resultados tan bajos se contrastan con el tipo de clima húmedo-seco que presentan estos distritos evaluados, ya que este género es de climas subtropicales y tropicales; además las temperaturas medias de 14 y 15°C en el mes colectado también son desfavorables para su reproducción (Anexos: fichas

meteorológicas 6 y 7). Estos aspectos climatológicos influyen en el desarrollo y reproducción de este nematodo, así lo menciona Siddiqi (2000).

5.2.2. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* en el cultivo de maíz de la región Puno y Cusco

La mayor densidad poblacional del género *Mesocriconema* se observa en el distrito de Sandia (18.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo); mientras que, en los distritos de San Gabán, San Juan del Oro, Ayapata y Cuyocuyo con densidades promedio de 8.8, 8.3, 6.2 y 5.7 individuos juveniles/100 cm³ de suelo respectivamente. En Ollachea y Chupa, se observó densidades poblacionales bajas de 2.4 y 1.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo (Figura 25).

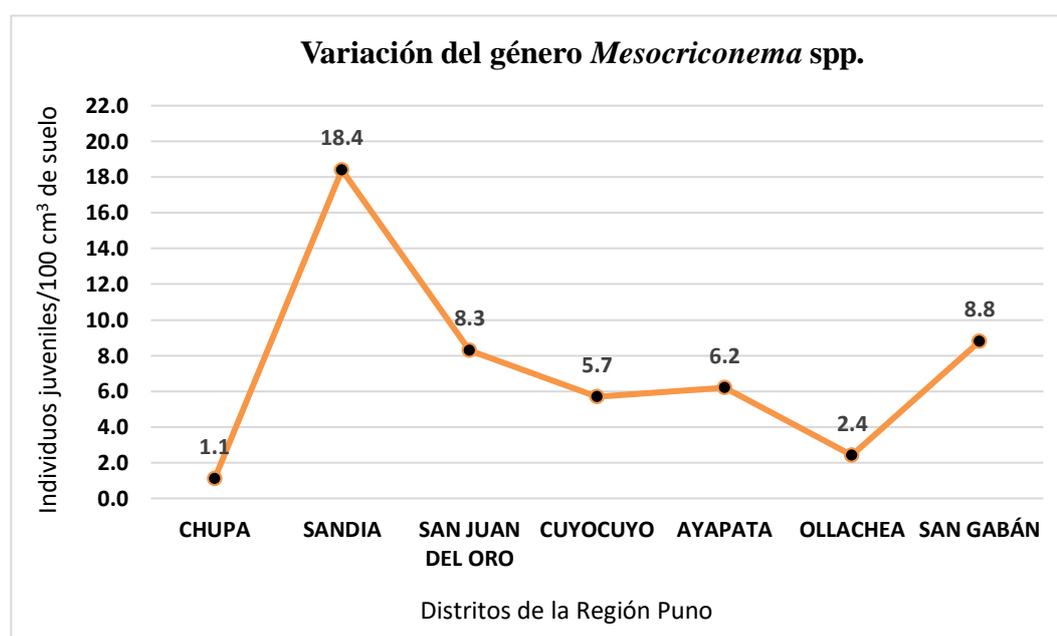


Figura 25: Densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

En todos los distritos en estudio se observó la presencia del género *Mesocriconema*, pero la mayor densidad poblacional de 18.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo se presentó en el distrito de Sandia; mientras tanto, en

los demás distritos se observan densidades promedio entre 1.1 a 8.3 individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

En relación al umbral de daño, Tylka *et al.* (2011) y la Universidad de Iowa State de USA, señalan que poblaciones por encima de 100 individuos/100 cm³ de suelo pueden causar pérdidas significativas en el cultivo de maíz. Realizando una comparación con lo indicado por los autores, las áreas evaluadas de maíz se encuentran por debajo del umbral de daño, lo cual significa que no existe daños mayores a causa de este género.

De acuerdo a los resultados, todos los distritos evaluados mostraron presencia de este nematodo, debido a que éste género está asociado a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas, además Ferris (1999), indica que *Mesocriconema* se desarrolla mejor en suelos húmedos; y en estación lluviosa aumenta sus densidades poblaciones, contrariamente a lo que señala dicho autor, en la presente investigación, el distrito que presenta la mayor densidad poblacional es Sandia, cuyas precipitaciones en el mes muestreado fueron extremadamente bajas, sin embargo la temperatura media de 17.5°C, resulta favorable para el desarrollo de este nematodo, por lo que su presencia en mayor densidad poblacional se debe a este factor climatológico, además de otros elementos, como tipo de suelo, ya que estos nematodos prefieren tanto suelos arenosos como arcillosos; y el distrito de Sandia presenta esta textura de suelo (Anexo: tabla 12), por lo que de acuerdo a lo señalado por este autor, se corrobora la presencia de mayores densidades poblacionales en este distrito por dichas características.

Por otro lado, Chupa y Ollachea que presentaron precipitaciones mensuales por encima de 100 mm (Anexo: fichas meteorológicas 1 y 4), tuvieron

las menores densidades poblacionales, de acuerdo a estos resultados, es oportuno mencionar que en la reproducción y adaptación de este género influyen otros factores como temperatura y textura del suelo.

Por otro lado, en la Regio Cusco, los distritos de Urubamba y Pisac mostraron a *Mesocriconema* spp., con densidades poblacionales promedio de 1.5 y 1.2 individuos juveniles/100 cm³ de suelo respectivamente (Figura 26); el porcentaje de incidencia fue de 19.6 y 12.8% en Urubamba y Pisac respectivamente (Tabla 6).

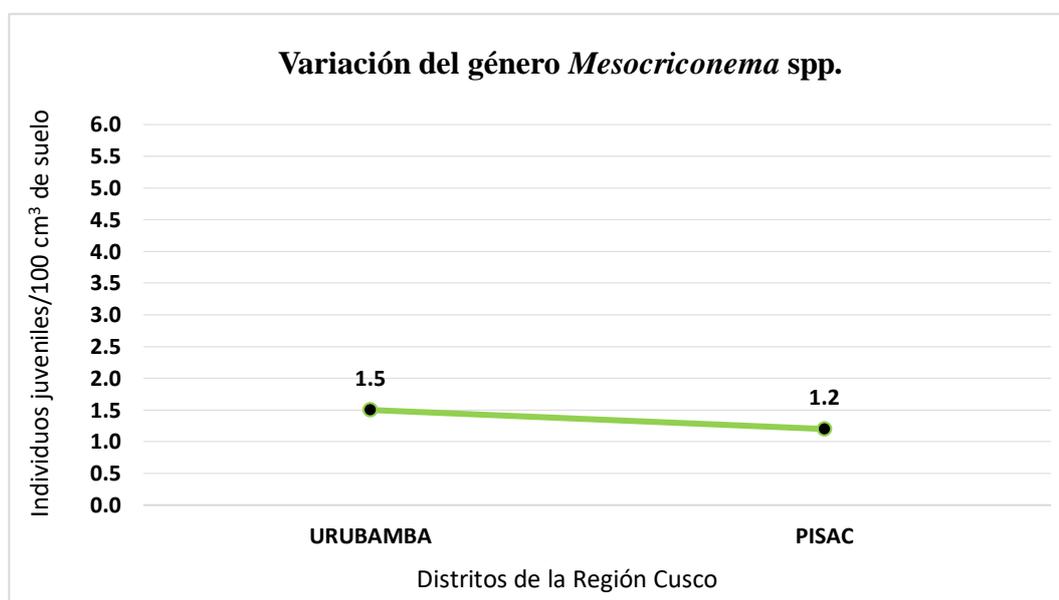


Figura 26: Densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* en el cultivo de maíz de la región Cusco
Fuente: Elaboración propia (2017)

Como se puede observar en la figura, los distritos evaluados de Urubamba y Pisac presentan densidades poblacionales bastante bajas. Por tanto, el umbral de daño es muy bajo para ambos distritos evaluados; por consiguiente, no se ve afectado el desarrollo de las plantas de maíz en la Región Cusco. En relación a las características climatológicas de estos lugares, las precipitaciones en el mes colectado fueron mayores a 98 mm, las temperaturas medias fueron de 14.4 y 13.9°C para Urubamba y Pisac respectivamente (Anexo: fichas meteorológicas 6 y

7), además de poseer un suelo de textura franco (Anexos: tabla 13). Estas características confirmarían las bajas poblaciones encontradas en los distritos evaluados. Sin embargo; al encontrarse asociación de este nematodo a especies de gramíneas, hay que evitar que las densidades poblacionales aumenten.

5.2.3. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Xiphinema* en el cultivo de maíz de la región Puno y Cusco

Se observa densidades poblacionales promedio de 5.5, 2.2, 2.1, 1.2, 0.9 y 0.6 individuos juveniles/100 cm³ en muestras de suelo correspondientes a los distritos de San Juan del Oro, Sandia, Chupa, Ollachea, Ayapata y San Gabán respectivamente (Figura 27).

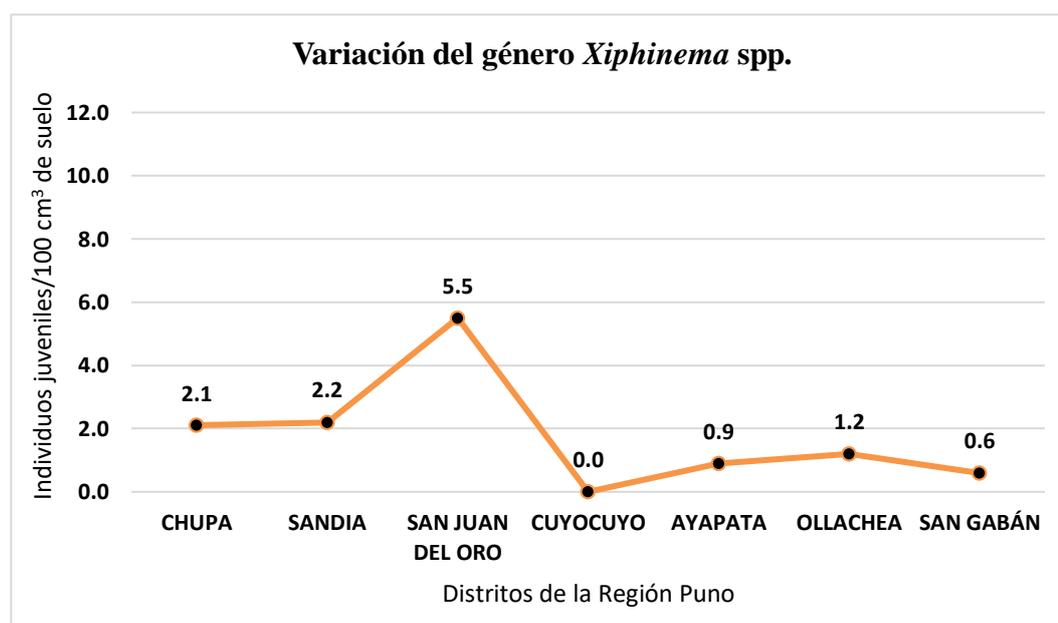


Figura 27: Densidad poblacional promedio del género *Xiphinema* en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

En relación al umbral de daño, según Tylka *et al.* (2011) es de 30 a 40 individuos/100 cm³ de suelo, sin embargo, A & L Great Lakes Laboratories (2009), señala que los daños ocurren a partir de 100 individuos/100 cm³ de suelo, pero las universidades Clemson y Purdue de USA, consideran que más de 200

individuos/100 cm³ de suelo recién comienzan a ocasionar pérdidas en el cultivo de maíz. De acuerdo al umbral de daño mencionado por los autores, podemos afirmar que, en los distritos evaluados de la Región Puno, las densidades poblacionales son bastante bajas, por tanto, no afectaría al normal desarrollo de las plantas de maíz.

El pico más alto de densidad poblacional se encuentra en San Juan del Oro (5.5 individuos juveniles/100 cm³ de suelo), cuyo clima húmedo con temperaturas medias de 22.4°C y precipitaciones de 241 mm en el mes evaluado (Anexo: ficha meteorológica 3), son favorables para el desarrollo de este nematodo, corroborando así lo mencionado por Ferris (1999), quien señala que este género es de climas húmedos con temperaturas óptimas de 25°C.

A pesar de encontrarse bajas densidades poblacionales de este género, es importante tener en cuenta que varias especies del género *Xiphinema* son consideradas problemáticas por el daño indirecto que generan al transmitir diversos virus, según lo menciona Ferris (1999).

En los distritos evaluados de Cusco, se observa la presencia de *Xiphinema* spp. en densidades poblacionales bajas (1.4 y 0.2 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en los distritos de Pisac y Urubamba respectivamente (Figura 28). Las densidades poblacionales promedio son bastante bajas respecto al umbral de daño citado anteriormente. Sin embargo, esto no debe significar ignorar cualquier síntoma observado relacionado con este nematodo, porque en densidades altas pueden ocasionar hasta la muerte de la planta. Por otro lado, Pearson y Goheen (1996), afirman que la mayor parte de su alimentación tiene lugar en los ápices de las raíces, dando lugar a un sistema radicular con aspecto de “escoba de bruja”, teniendo en consideración estos daños específicos de este género, al momento de

realizar el muestreo en campo, hay que tener en cuenta si las raíces presentan estas características.

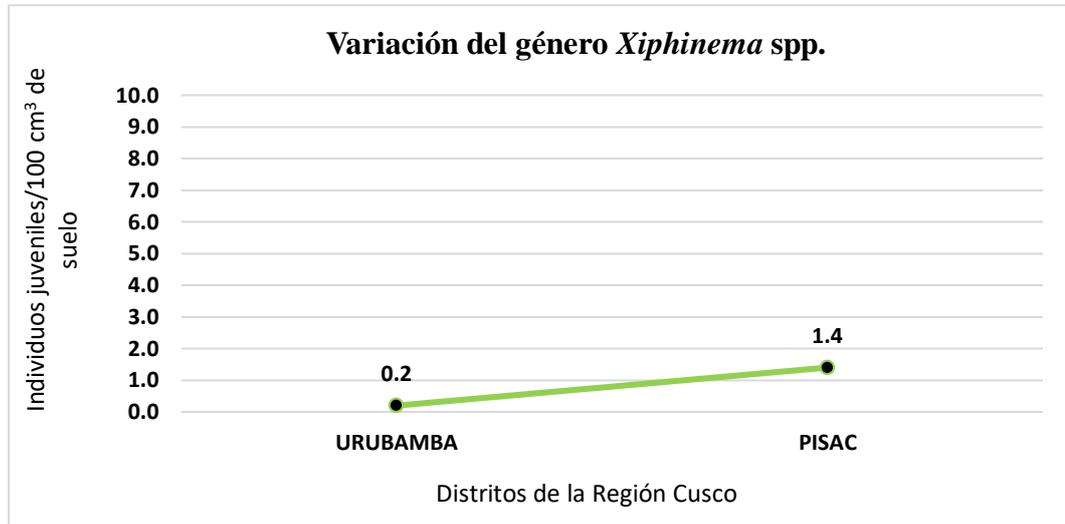


Figura 28: Densidad poblacional promedio del género *Xiphinema* en el cultivo de maíz de la región Cusco
Fuente: Elaboración propia (2017)

5.2.4. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Globodera* en el cultivo de maíz de la región Puno y Cusco

Se observa la presencia de *Globodera* spp. en los distritos de Chupa, Cuyocuyo y Sandia con densidades poblacionales de 44.4, 25.9 y 17.8 quistes/100 cm³ de suelo respectivamente (Figura 29).

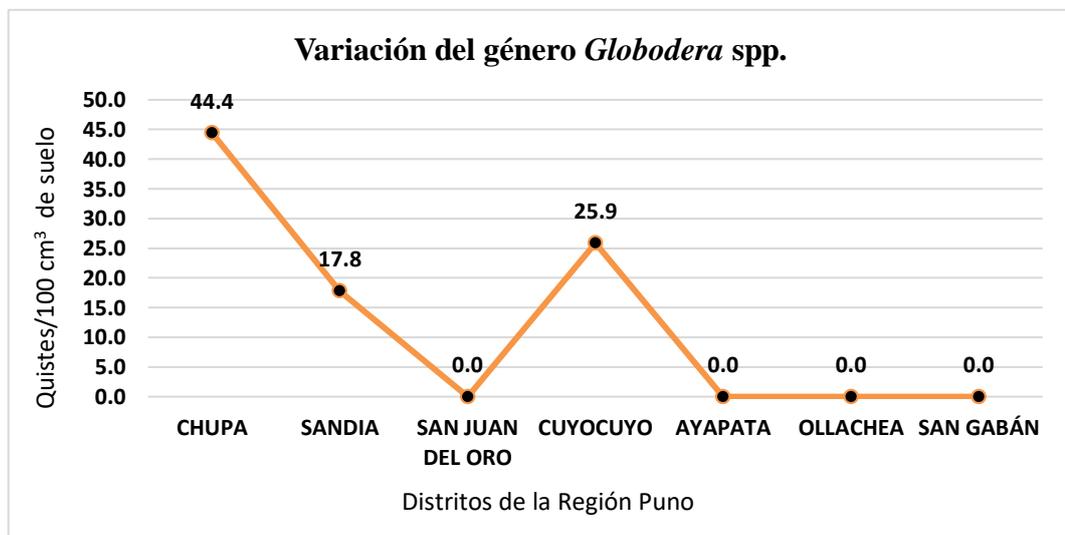


Figura 29: Densidad poblacional promedio del género *Globodera* en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

La presencia del género *Globodera* en las muestras colectadas de Chupa, Cuyocuyo y Sandía, se debe principalmente a que la mayoría de productores realizan rotación de cultivos con papa, cultivo que es hospedero conocido de este nematodo (Anexo: tabla 11); y de acuerdo con Franco (1994), quien señala que este género puede permanecer en el suelo por períodos de hasta 15 años en ausencia del cultivo hospedante, corroborando lo mencionado por el autor, de acuerdo a los resultados obtenidos, este género sigue presente en muestras de suelo de maíz.

Es importante mencionar que, el cultivo de maíz no es considerado hospedero de *Globodera*; por tanto, el agricultor al realizar rotación de cultivos con esta gramínea, lo que está evitando es que aumenten las densidades poblacionales de este nematodo.

Globodera spp. está presente en los dos distritos evaluados de la región Cusco, con densidades poblacionales de 35.8 y 15.5 quistes/100 cm³ de suelo en Pisac y Urubamba respectivamente (Figura 30). El porcentaje de incidencia mayor es de 100% (Tabla 6).

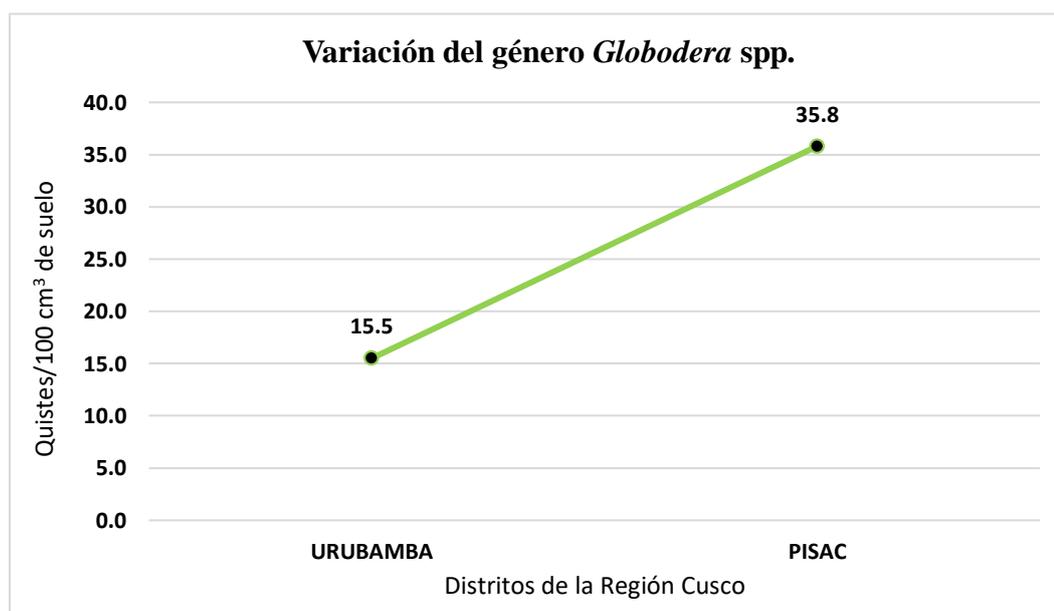


Figura 30: Densidad poblacional promedio del género *Globodera* en el cultivo de maíz de la región Cusco
Fuente: Elaboración propia (2017)

En los lugares evaluados hay presencia de este género porque la mayoría de productores encuestados realizan rotación de cultivos con papa (Anexos: tabla 13), que es conocido como el principal hospedero de este nematodo.

Haciendo un comparativo con las densidades poblacionales encontradas en los distritos evaluados de la Región Puno, estas son similares a los de Pisac y Urubamba, esto se debe a que las temperaturas medias se encuentra entre 10.5 a 14.4°C (Anexo: fichas meteorológicas 1,2,6 y 7), además de que las texturas de suelo se encuentran entre franco a franco-arenoso en todos los distritos donde hubo presencia de este género (Anexo: tablas 11 y 13); y de acuerdo a lo señalado por Ferris (1999), estas características son favorables para las especies de este género.

5.2.5. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Rotylenchus* en el cultivo de maíz de la región Puno

Rotylenchus spp. se encuentra presente con mayor densidad poblacional en el distrito de San Juan del Oro de 15.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo; también se puede observar densidades poblacionales semejantes de 4.4 y 1.5 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en San Gabán y Cuyocuyo respectivamente

Los distritos de Chupa, Sandia, Ayapata y Ollachea no mostraron presencia de este género.

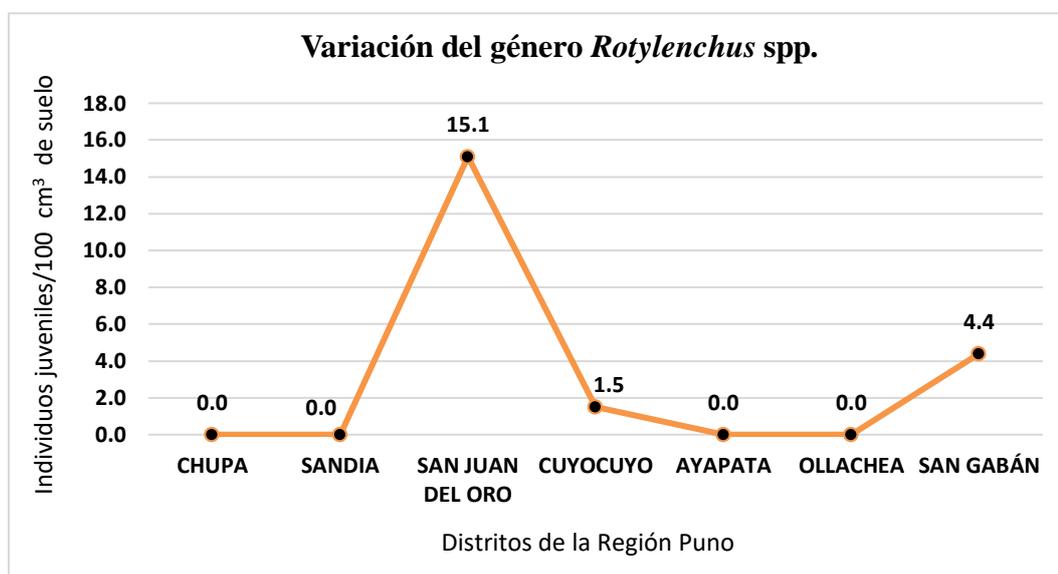


Figura 31: Densidad poblacional promedio del género *Rotylenchus* en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

Rotylenchus spp. está presente con el pico más alto de 15.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en el distrito de San Juan del Oro; también se puede observar densidades poblacionales de 4.4 y 1.5 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en San Gabán y Cuyocuyo respectivamente.

Si bien es cierto, no existe información precisa sobre el umbral de daño de este género en relación con el cultivo de maíz, hay que tener presente lo que señala Bayer (2007), quien especifica que entre los principales cultivos que ataca *Rotylenchus* se encuentra maíz, por tanto, es necesario mantener las densidades poblacionales bajas para que no se tenga pérdidas en la producción. Por otro lado, Robinson (1997), señala que este nematodo se encuentra distribuido en regiones tropicales y subtropicales. En relación a lo mencionado por los autores, la mayor densidad poblacional se encuentra en San Juan del Oro y San Gabán, cuyas características climáticas son de temperaturas medias mayores a 18°C y humedad

relativa mayores a 86% (Anexo: fichas meteorológicas 3 y 5), por lo se corrobora la presencia de este nematodo en estas características climáticas.

5.2.6. Variación de la densidad poblacional promedio del género *Dorylaimus* en el cultivo de maíz de la región Puno

El género *Dorylaimus* spp. está presente solo en el distrito de Sandia, con densidades poblacionales de 0.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo (Figura 32).

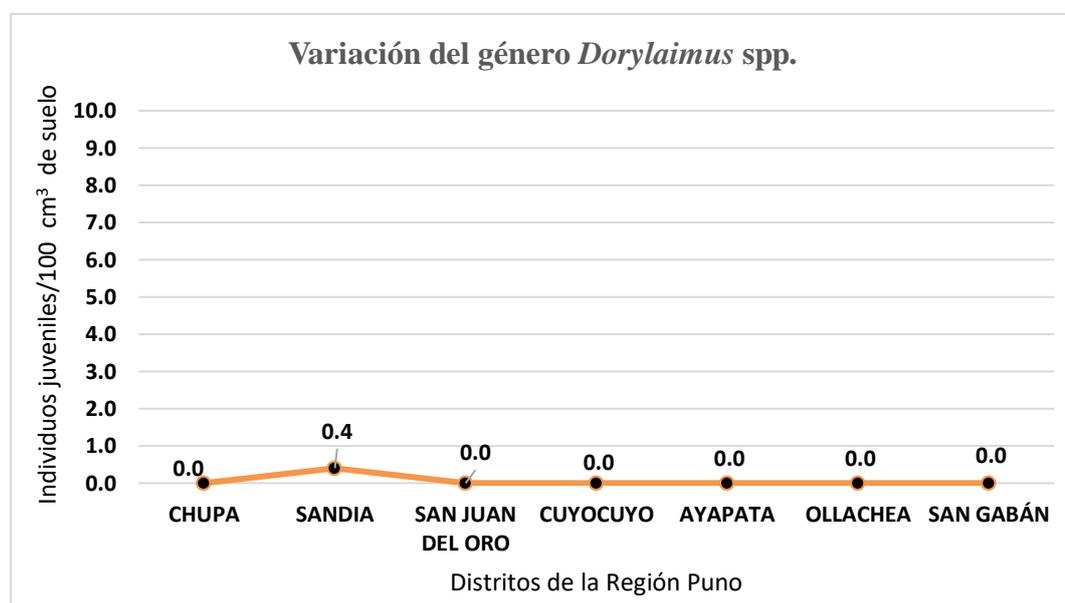


Figura 32: Densidad poblacional promedio del género *Dorylaimus* en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

En relación al umbral de daño, A & L GREAT Lakes Laboratories (2009), menciona que este nematodo no se considera dañino a menos que esté presente en densidades poblacionales altas, por encima de 100 individuos/100 cm³ de suelo. De acuerdo a nuestros resultados, en el único distrito que hubo presencia de este nematodo, es en Sandia y sus densidades poblacionales son muy bajas, por lo que no se considera perjudicial para el desarrollo de la planta de maíz. La presencia de este género, se debe principalmente a que este nematodo se encuentra más en suelos húmedos, esta afirmación es corroborada por Mulvey y Anderson (1979) y

Jiménez-Guirado (1988), quienes mencionan que, estos nematodos se establecen mejor en suelos con bastante humedad, además que tienen hábitos omnívoros, es decir, se alimentan tanto de animales como vegetales, considerándose en cierta medida saprófitos. Mientras tanto, en la Región Cusco no se encontraron en ninguna muestra a este género.

5.2.7. Variación de la densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre en el cultivo de maíz de la región Puno y Cusco

Los nematodos de vida libre se encuentran presentes en todos los distritos en evaluación con densidades poblacionales mayores en Sandía (53.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo), de igual manera en los distritos de Ayapata y San Gabán, mostraron densidades promedio de 35.6 y 32.3 individuos juveniles/100 cm³ de suelo respectivamente, también se presentaron densidades poblacionales más bajas en Ollachea, Cuyocuyo, Chupa y San Juan del Oro (27.1, 26.4, 25.91 y 25.6 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) (Figura 33). Con incidencia mayor de 100% (Tabla 5).

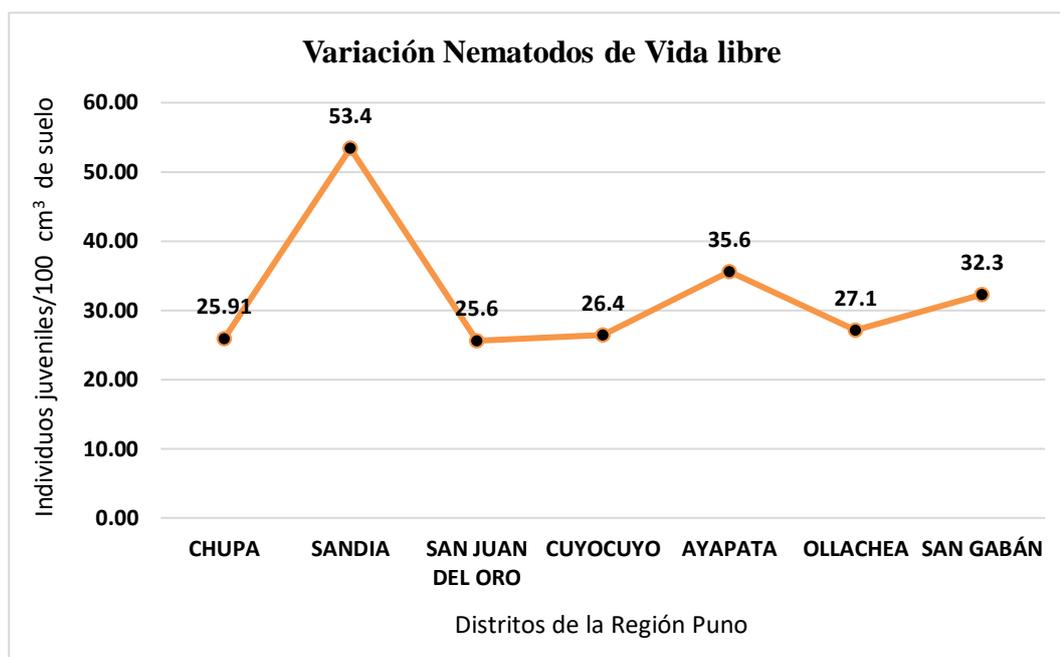


Figura 33: Densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre en el cultivo de maíz de la región Puno
Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo a Bello y col. (2003), estos nematodos de vida libre nos permiten determinar las condiciones en las que se encuentra el agroecosistema, es decir, mayores densidades poblacionales son un indicador del buen estado productivo del suelo. Sin embargo, hay distritos que presentaron densidades poblacionales más bajas, esto debido a que tienen predominancia de suelos arenosos y arcillosos (anexos: tabla 11), donde los agricultores probablemente no incorporan materia orgánica, pero quizá utilizan algún fertilizante que por un lado aporta nutrientes a la planta, pero al mismo tiempo abre el paso para el establecimiento de otros nematodos fitoparásitos y reduce las densidades de estos nematodos de vida libre, ya que según Yeates y Bonger (1999); Lavelle y Spain (2001) mencionan que los NVL son responsables de la descomposición, mineralización y flujo de nutrientes en el suelo, además de regular poblaciones de hongos y bacterias. Por lo tanto, las bajas densidades poblacionales hacen que otros nematodos fitoparásitos de importancia agrícola puedan establecerse y causar pérdidas en la producción.

Por otro lado, en los distritos evaluados de la Región Cusco estos nematodos de vida libre se encuentran presentes en densidades poblacionales promedio de 32.1 y 23.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en los distritos de Urubamba y Pisac respectivamente (Figura 34). Se presentó incidencia de 100% en todos los distritos evaluados (Tabla 6).

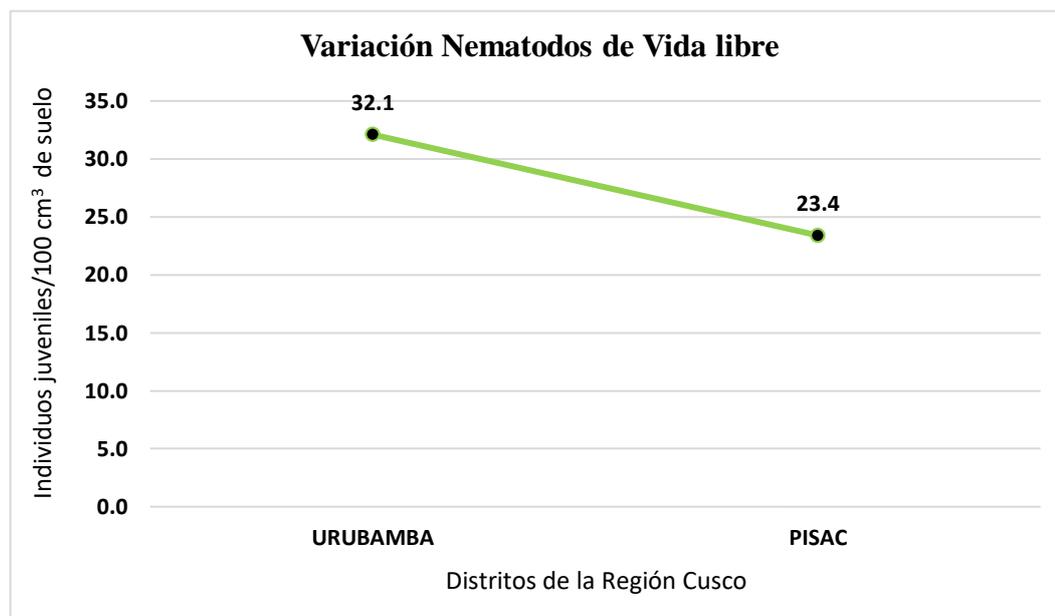


Figura 34: Densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre en el cultivo de maíz de la región Cusco
Fuente: Elaboración propia (2017)

De acuerdo con Ferris *et al.* (2009), quien menciona que los NVL se encuentran prácticamente en todos los medios y su abundancia está en relación con la presencia de materia orgánica; esto confirma la presencia de estos organismos en los distritos de Urubamba y Pisac, ya que los agricultores incorporan materia orgánica al suelo cultivado (anexos: tabla 13) en estos lugares evaluados.

5.3. RESISTENCIA DE RAZAS DE MAÍZ A *Meloidogyne javanica*

Para cumplir con el tercer objetivo, que consiste en evaluar la resistencia de seis razas de maíz al “nematodo del nódulo de la raíz”, se caracterizó muestras de raíces de tomate provenientes de la Región Arequipa, estas raíces presentaron numerosas agallas, propias de una especie bastante agresiva de este género.

Para la obtención de poblaciones de *Meloidogyne*, se seleccionaron las agallas con hembras maduras, después se realizó la observación de la región perineal en el microscopio. Al respecto, Hunt y Handoo (2009), mencionan que la identificación del estudio de la configuración perineal de la región posterior del cuerpo de las hembras de *Meloidogyne* spp. es un estudio complementario para la determinación de la especie que se va a caracterizar.

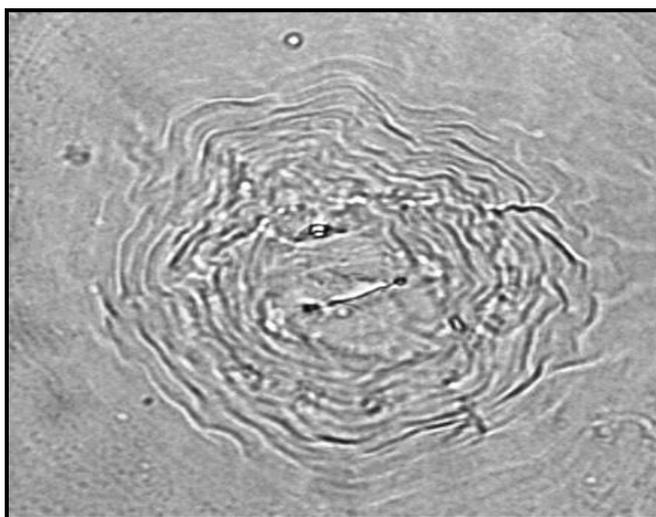


Figura 35: Configuración perineal de *Meloidogyne javanica*
Fuente: Elaboración propia (2017)

El corte perineal, presentó una línea lateral que separa las estrías dorsales de las ventrales. La línea cubre el ancho del patrón, pero va desapareciendo gradualmente hacia el extremo de la cola. El arco dorsal es aplanado y redondo y

posee un círculo en el área del extremo de la cola. Las estrías son lisas, ligeramente onduladas y algunas están plegadas hacia los extremos de la vulva (Figura 35).

Taylor y Sasser (1983) mencionan que la configuración perineal de *M. javanica* es la única especie que posee una línea lateral que separa las estrías dorsales de las ventrales. De acuerdo a los autores, la configuración perineal caracterizada de *M. javanica* (Figura 35) presenta una línea lateral que separa las estrías dorsales de las ventrales.

De acuerdo al análisis **iso enzimático** de la población de *Meloidogyne* encontradas en muestras de tomate, se comparó la especie revelada en el gel de poliacrilamida con enzima esterase frente al patrón *Meloidogyne javanica*: Est. J3 y el resultado mostró ser la especie de *M. javanica*. Est J2 (Figura 36).

Estas características de patrones electroforéticos fueron comparadas con la Figura 37, donde Eisenback y Triantaphyllou (1991) mencionan que la especie de *M. javanica* J2 presenta dos bandas en relación al patrón de *M. javanica* (Est. J3), confirmándose de esta manera la especie a través de la electroforesis.

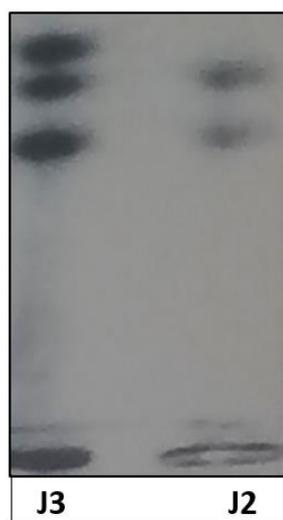


Figura 36: *Meloidogyne javanica* (J2) (derecha) y el patrón de *M. javanica* (J3) (izquierda)

Fuente: Elaboración propia (2017)

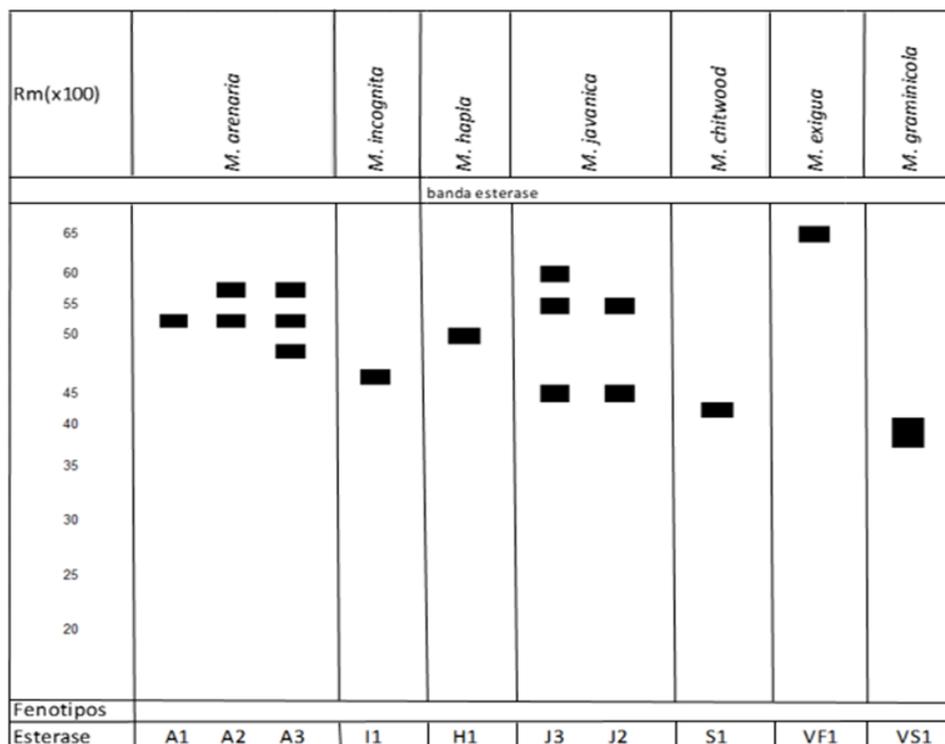


Figura 37: Especies de *Meloidogyne* identificadas con la isoenzima esterase, Rm: movimiento relativo
 Fuente: Eisenback y Triantaphyllou(1991)

La **evaluación de resistencia** de seis razas de maíz, consistió en inocular 5000 huevos + juveniles con *M. javanica* (patrón esterase J2), para posteriormente evaluar ciertos parámetros, como altura de planta (AP), peso de la parte aérea de la planta (PPAP), peso de la raíz (PR), número de huevos y juveniles (NHJ) y el factor de reproducción (FR), descritos a continuación:

5.3.1. Evaluación de la altura de la planta (AP) en seis razas de maíz inoculadas con

M. javanica

Tabla 7: Altura de la planta de seis razas de maíz inoculadas con *M. javanica*

Razas de maíz	Altura de la planta (AP)	
	Media	Scott- Knott
Saccca	201.16	a
Blanco gigante del Cusco	200.6	a
Capulí	168.16	b
Confite puneño	157.33	b
Amarillo oro	151.5	b
Che'cche	141.83	b
CV	13.74%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

Fuente: Elaboración propia (2017)

La raza Saccca y Blanco gigante del Cusco tuvieron un crecimiento mayor y homogéneo, no existiendo diferencia estadística entre ellas. Las razas Capulí, Confite puneño, Amarillo oro y Che'cche tuvieron un crecimiento menor en relación a las razas mencionadas (Tabla 7).

La presencia del “nematodo del nódulo de la raíz” en las razas de maíz inoculadas, no fue factor determinante a la hora de evaluar la altura de la planta (AP), ya que, de acuerdo con Carranza (2004) las plantas infectadas con este nematodo deben mostrar un crecimiento deficiente del tallo y clorosis de las hojas, síntomas que no fueron presentadas por las razas de maíz inoculadas con *M. javanica*. Además, Gowen *et al.*, (2005) mencionan que la presencia de este nematodo reduce el tamaño de las plantas, número de hojas, rendimiento y vida productiva del cultivo, síntomas que no fueron presentados en este bioensayo.

5.3.2. Evaluación del peso de la parte aérea de la planta (PPAP) en seis razas de maíz inoculadas con *M. javanica*

Tabla 8: Peso la parte aérea de la planta de seis razas de maíz inoculadas con de *M. javanica*

Razas de maíz	Peso de la parte aérea de la planta (PPAP)	
	Media	Scott- Knott
Blanco gigante del Cusco	440.16	a
Saccca	412.16	a
Capulí	300	b
Che'cche	254.6	b
Amarillo oro	248.5	b
Confite puneño	209.6	b
CV	19.45%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad

Fuente: Elaboración propia (2017)

Se puede observar que las razas Blanco gigante del Cusco y Saccca presentan mayor peso de la parte aérea de la planta (PPAP), por lo que no existe diferencia estadística entre ellas. Sin embargo, las razas Capulí, Che'cche, Amarillo oro y Confite puneño tienen menor PPAP, estadísticamente diferente a las otras variedades (Tabla 8).

Por características botánicas de las diferentes razas de maíz, podemos decir que, ninguna de las razas en estudio resultó afectado debido a la presencia de *M. javanica*, probablemente esto se deba a que, para ocasionar daños significativos las densidades poblacionales deben superar los umbrales de daño. Sin embargo, Tylka (2007) menciona que muchas veces la apariencia de las plantas atacadas es la misma que la de plantas sanas, por ello se determinaron otros parámetros de evaluación, para asegurar si *M. javanica* se encuentra ocasionando daños en las razas evaluadas.

5.3.3. Evaluación del peso de la raíz (PR) en seis razas de maíz inoculadas con *M.*

javanica

Tabla 9: Peso de la raíz de seis razas de maíz inoculadas con *M. javanica*

Razas de maíz	Peso de la raíz (PR)	
	Media	Scott- Knott
Blanco gigante del Cusco	266	a
Saccca	253.83	a
Capulí	251	a
Che'cche	249.83	a
Amarillo oro	230.83	a
Confite puneño	137.33	b
CV	17.41%	

Leyenda: CV = Coeficiente de variabilidad
Fuente: Elaboración propia (2017)

Se observa que no existe diferencia estadística entre las razas Blanco gigante del Cusco, Saccca, Capulí, Che'cche y Amarillo oro, presentando mayor peso de la raíz. Asimismo, la raza Confite puneño tiene diferencia estadística frente a las otras razas, ya que presentó menor peso de las muestras de raíz.

Perry *et al.* (2009), menciona que *M. javanica* generalmente da lugar a la aparición de nódulos de tamaños variados dependiendo del grado de ataque sufrido por la planta, de la especie del nematodo, de la temperatura del ambiente y del hospedante. Sin embargo, Tylka, (2011) menciona que algunas especies como maíz no forman agallas muy visibles en la raíz y el número de nodulaciones también depende de la densidad de los nematodos, la especie involucrada, la temperatura y otros factores. Para poder saber con exactitud las densidades poblacionales en las variedades inoculadas, fue necesario licuar las raíces para evaluar la presencia de individuos *M. javanica*.

5.3.4. Evaluación del número de huevos y juveniles (NHJ) y el factor de reproducción (FR) en seis razas de maíz inoculadas con *M. javanica*

Tabla 10: Numero de huevos y juveniles- Factor de reproducción

Razas de maíz	Número huevos y juveniles (NHJ)		Factor de reproducción (FR)		
	Media	Scott-Knott	Media	Scott-Knott	Reacción
Tomate cv santa cruz	53.9	-	0.010		R
Saccca	101.93	a	0.020	a	R
Amarillo oro	30.0	b	0.006	a	R
Confite puneño	24.71	b	0.004	a	R
Blanco gigante del Cusco**	0	c	0.0	b	I
Che'cche**	0	c	0.0	b	I
Capulí**	0	c	0.0	b	I
CV	57.11%			14.6%	

Leyenda: Medias: Datos transformados $\arcsen = \sqrt{x/100}$, expresados en huevos y juveniles /100 ml de toda la raíz licuada. CV = Coeficiente de variabilidad

** Variedades que no presentaron número de huevos y juveniles en las raíces

FR = Factor de reproducción

R = Resistente

I = Inmune

Fuente: Elaboración propia (2017)

Mediante el factor de reproducción se determinó que las razas Saccca, Amarillo oro y Confite puneño, presentaron resistencia (R) a *M. javanica*. Mientras que las razas Blanco gigante del Cusco, Che'cche y Capulí resultaron ser inmunes (I) al nematodo nodulador, debido a que no presentan número de huevos y juveniles en las raíces (Tabla 10).

Las razas mostraron resistencia, llegando incluso a la inmunidad, por ello autores como Asmus *et al.* (2000), mencionan que a nivel internacional el maíz (*Zea mays* L.) ha sido y sigue siendo utilizado en programas de rotación de cultivos y tienen como objetivo el control de los nematodos, en especial los que

pertenecen al género *Meloidogyne*. Pero, por otro lado, contrariamente a lo mencionado por estos autores, Rosa *et al.*, (2012), señalan que las especies más detectadas e importantes en el cultivo de maíz son *M. javanica* y *M. incognita*.

También Manzotte *et al.*, (2002), evaluaron la resistencia de híbridos comerciales en Brasil, los resultados mostraron que Master, Exceler, AG 5011 y AG 3011, que anteriormente también fueron estudiados por Lordello *et al.*, (1999); son susceptibles a *M. javanica*. Así mismo, Medeiros *et al.*, (2001), estudiaron la resistencia de 18 genotipos de maíz a *M. javanica*, disponibles en el Banco de Germoplasma de la empresa Pernambucana de Investigación Agropecuaria (IPA-PE), los genotipos evaluados se comportaron como buenos hospederos frente a esta especie.

En nuestro país, no hay información relacionada con los daños de *M. javanica* frente a los cultivares de maíz, Lordello *et al.*, (1989), mencionan que uno de los factores responsables por la falta de información es que el parasitismo del nematodo del nódulo de la raíz en maíz, no siempre es inducido por la formación de las nodulaciones, por lo que muchas veces es difícil su detección.

Autores como Brito y Antonio, (1989) y Lordello *et al.*, (1989), mencionan que las reacciones de los diferentes genotipos de maíz demuestran gran variabilidad, desde altamente resistentes a susceptibles, es por eso que es necesario evaluar genotipos que sean efectivamente resistentes a *M. javanica* para poder considerarlos en un plan de manejo.

CONCLUSIONES

1. El género *Meloidogyne* spp. no se encuentra presente en las áreas muestreadas del cultivo de maíz en los distritos evaluados de las Regiones de Cusco y Puno; en cambio sí se encontraron cinco géneros fitoparásitos y nematodos de vida libre en la Región Puno: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Rotylenchus*, *Globodera* y *Dorylaimus*. En la Región Cusco se identificaron los géneros *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Globodera* y Nematodos de Vida Libre.
2. Las densidades poblacionales de los géneros importante de maíz en la Región Puno son *Helicotylenchus* (23.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) y *Mesocriconema* (18.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en la provincia de San Gabán y Sandia; *Xiphinema* (5.5 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) y *Rotylenchus* (15.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en San Juan del Oro , *Globodera* (44.4 quistes/100 cm³ de suelo) en Chupa; en cambio en la Región Cusco las densidades poblacionales son bajas en todas las especies.
3. Las razas de maíz Sacca, Amarillo oro y Confite puneño mostraron resistencia a *Meloidogyne javanica*, mientras que las razas Blanco gigante del Cusco, Che'cche y Capulí mostraron inmunidad.

RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se recomienda seguir muestreando otras áreas productoras de maíz en diferentes regiones del Perú, para descartar la presencia de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de maíz.
2. Se debe monitorear el desarrollo del cultivo de maíz, observar síntomas de deficiencia nutricional o de enfermedades cuando no es común que las haya; y así poder saber si es por estos motivos o por presencia excesiva de nemátodos y tomar las medidas pertinentes.
3. Las razas Blanco gigante del Cusco, Che'cche y Capulí deben ser utilizados dentro de un plan de manejo integrado, porque son inmunes al ataque de una especie tan agresiva como *M. javanica*.
4. Realizar test de resistencia en otras localidades que posean temperaturas y humedad relativa más elevadas que las que existen en Puno y Cusco.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. (2004). Plant Pathology. Fifth edition. Department of Plant Pathology, University of Florida. Florida, USA. 945 p.
- Asmus, G., L. Ferraz, and B. Appezzato-da-Gloria. (2000). "Anatomical Changes in Corn (*Zea mays* L.) Roots Caused by *Meloidogyne javanica*." *Nematropica* 30:33–39.
- A & L Great Lakes Laboratories (2009), Soil Nematodes. Fact Sheet N. 37. (Consultado el 05-05-2017). Disponible en URL:<https://algreatlakes.com>
- Barriga, R. (1965). Parasitismo por algunas especies de nematodos. *Nematológica*. 11,34p.
- Bayer, (2007). Problemas biológicos; *Rotylenchus* spp. [En línea]: Bayer Crop Scienc, (Consultado el 12/05/2017). Disponible en URL:http://www.bayercropscience-ca.com/pls/web_bayer/inicio.html.
- Blair, J.M. (1996). Soil invertebrates as indicators of soil quality. In *Methods for Assessing soil quality*, SSSA Special Publication 49, pp. 273-291.
- Bleve-Zacheo, T., M.T. Melillo y P. Castagnone-Sereno, P. (2007). Biotechnology and root-knot nematode control. *Pest Technology* 1: 1-16.
- Brandolini, A. (2001). Classification of Italian Maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Plant Genetic Resources Newsletter*. Edición N°126, p. 1-11.
- Brito, J.A. & H. Antônio (1989). Resistência de genótipos de milho a *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*, 13: 129-137.
- Canteri, M.G.; Althus R.A.; VirgensFilho, J.S.; Giglioti, E.A. y Godoy, C.V. (2001). SASM- AGRI (Sistema para análise e separação de medias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott- Knott, Tukey e Duncan). *Revista Brasileira de Agrocomputação*, V. 1, n.2. 18-24 p.

- 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: 35-44p.
- Carneiro, R.G., M.P. Moritz, A.P.A. Mônaco, K.C. Nakamura & A. Scherer. (2006). Reação de milho, sorgo e milho a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. paranaensis*.
- Carranza, A. (2004). Evaluación de tres productos botánicos (*Crotalaria longirostrata*, *tagetes tenuifolia* y *asparagus officinalis*) y dos concentraciones para control del nematodo *Meloidogyne* spp. en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*); a nivel de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 64 p.
- Cepeda, S.M., (1996). Nematología agrícola. Ed. Trillas. México, 303p.
- Chen, Z. X., (2004). Nematology: Advances and Perspectives Vol. 1: Nematode Morphology, Physiology and Ecology. CABI: Wallingford.
- CIMMYT. Centro Internacional De Mejoramiento Del Maíz Y Trigo, (2004). Importancia del maíz y trigo para la alimentación humana.
- Cimate date (2016). Datos históricos del tiempo. (Consultado el 31-05-2017). Disponible en URL: <https://es.climate-data.org/location/46279/>
- Coyne, D.; Nicol, J. y Claudius-Cole, B. (2007). Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio. Instituto Internacional de Agricultura y el Centro Internacional de Mejora del Maíz y trigo. Cotonou, Benin. 82 p.
- De Ley P and Blaxter M. (2004). A new system for Nematoda: combining morphological 25 characters with molecular trees and translating clades into ranks and taxa. Pp:633- 653 In: Cook R and Hunt DJ (eds.). Nematology Monographs and

- Perspectives, Volume 2. 27. Proceedings of the Fourth International Congress of Nematology. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Decraemer, W., & Geraert, E. (2006). Ectoparasitic nematodes. En: Perry, R., Y Moens, M. Plant Nematology. London: CAB International. (pp: 153-184). CAB, International, U.K.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). United States Department of Agriculture. Umbral de daño nematodos fitoparásitos. Recuperado de: <http://www.baradero hoy.com/2010/02/08/campo-nematodos-amenaza-bajo-tierra/>
- Dias, W.P., V.M. de Freitas, N.R. Ribeiro, A.W. Moita & R.M.D.G. Carneiro. (2010). Reação de genótipos de milho a *Meloidogyne mayaguensis* e *M. ethiopica*. Nematologia Brasileira. Vol. 34(2) – 2010.
- Doucet, M.E.; Coronel, N.; Del Valle, E.; Weimer, A.P.; García, J. y Lax, P. (2015). Nematodos fitoparasitos “emergentes” en diversos cultivos de Argentina. Conferencia XXXII Congreso Brasileiro de Nematologia. Londrina Brasil 15-19 de junio.
- Eisenback, J. D. y Triantaphyllou, H. H. (1991). *Root-knot nematode: Meloidogyne spp. and races*. In: Nickle, W.R. (ed.) Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker New York. 191 – 174p.
- Eisenback, JD; Hunt DJ. (2009). General Morphology. In Perry, R; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knot nematodes, UK. CAB International, p. 18-50.
- Esbenshade, P. y Triantaphyllou, A. (1985). *Use of enzyme phenotypes for identification of Meloidogyne species*. Journal of Nematology 17. 6 – 20p.
- Evans, K., Trudgill, D.L., Webster, J.M. (1998). Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture

FAO (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Disponible: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Fernández., L. (2009). Identificación de razas de maíz (*Zea mays* L.) presentes en el germoplasma cubano. Tesis Doctorados en Ciencias Biológicas. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” INIFAT. República de Cuba. 172 p.

Ferris, H. (1999). Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX). University of California-<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>

Ferris, H; Venette, R; Scow, K. (2004). Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralisation function. *Applied Soil Ecology* 25(1):19-35.

Fiscus D.A. y Neher D.A. (2002). Distinguished nematode genera based on relative sensitivity to physical and chemical disturbances. *Ecology applications* 12:565-575.

Franco, J. (1994). Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados de la región andina. *Nematrópica* 24,179 – 195.

Franco, J. (1998). Trap crops: An effective component for Integrated Management of potato nematodos in the Andean región.

Freitas, L. G., Neves, W. S. y Olivera, R. D. (2007). *Métodos en nematología vegetal*. In: Alfenas, A. C., Mafia, R. G. métodos en fitopatología. Editora de la Universidad federal de Vicosa. Vicosa. Minas gerais, 253 – 292p.

Gowen, S., Queneherve, P. & Fogain, R. (2005). Chapter 16: Nematodes parasites of bananas and plantains. En Luc, M., Sikora, J., y J. Bridge (eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (pp. 611-643). CABI publishing

- Grabau Zane J. and Vann Christopher. (2017). Management of Plant-Parasitic Nematodes in Florida Field Corn Production, 8p.
- Grobman, A; W, Salhuana; R, Sevilla; P, Mangelsdorf. (1961). Races of Maize in Peru: Their Origins, Evolution and Classification. National Academy of Sciences, NRC Publication 915. Washington D.C. USA
- Grobman, A. (2004). El origen del maíz. Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. p. 426-470
- Guzmán P, O; Castaño. Z, J y Villegas. E, B. (2009). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. Revista de Agronomía. 125 p.
- Hernández, R. (2003). Los Nemátodos Parásitos, Opciones de Manejo. Departamento de Ecología y Manejo de Plagas Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Habana – Cuba. 5P.
- Huamanchumo De La Cuba, Cecilia. (2013). La cadena de valor de maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Boletín Informativo. Lima-Perú. 107 p.
- Hunt, D., Luc, M. & Manzanilla-López, R. (2005). Chapter 2: Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes (pp 11-52). En Luc, M., Sikora, & J. Bridge (eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture (pp. 11-52). CABI publishing.
- Hunt, D., y Handoo, Z. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In Perry, R.; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International, 55 – 88p.

- Hussey, R.S. y Janssen, G.J.W. (2002). Root-knot nematodes: *Meloidogyne* Species. En: Plant resistance to parasitic nematodes. Starr, J.L., Cook, R. & Bridge, J. (eds). CABI Bioscience, Egham, UK, 43-70.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). (2007). Boletín informativo Maíz
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) (2016). Producción Nacional. Informe Técnico No 02.
- Jairajpuri, M.S. and Ahmad, W. (1992). Dorylaimida. Free-living, Predaceous and Plant-parasitic Nematodes. E.J. Brill, Leiden 458p.
- Jenkins, W. (1964). *A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil*. Plant disease reporter, v. 48, 692p.
- Jiménez-Guirado, D. (1988). Especies de Dorylaimus Dujardin, 1845 (Nematoda) del sur de España. Misc. 2001. 12: 33 – 39.
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L. and Perry, R.N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology 14(9): 946-961p.
- Karsen, G. y Moens, M. (2006). *Taxonomy and Principal General Root-Knot Nematodes*. En: *Plant Nematology* (Perry, R. y Moens, M. Eds). CAB International, Wallingford, UK. Part I, Chapter 3, 60-90p.
- Karsen, G., Wesemael, W. and Moens, M. (2013). Root-knot Nematodes. In: Perry, R.N. and Moens, M. (eds) *Plant Nematology*, 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK, pp. 73-108.
- Koenning SR, Overstreet C, Noling JW, Donald PA, Becker JO, Fortnum BA (1999) Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. *J Nematol* 31(4S):587–618.

- Lavelle, P. y Spain, A. V. (2001). *Soil Ecology*. Springer Kluwer Academic. Dordrecht, Germany, 654p.
- Leguizamo, M. C. y Parada Julio C. (2008). Nematodos del suelo en el sistema maíz-soya y en hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2008) 9(1), 61-65.
- Lima, M. I. y Casa, C. V. H. (2016). *Nematología agrícola*. Especialización en nematología agrícola y prácticas de rutina para el diagnóstico.
- Lima, M. I. (2017). Comunicación personal. Especialización en Nematología agrícola y prácticas de rutina para el diagnóstico.
- Lordello, A.I.L.; R.R.A. Lordello & E. Sawazaki. (1989). Resistência de milho a *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*, 13: 71-79.
- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. (2005). *Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd Edition, 871p.
- Mai, W. y Mullin, P. (1996). *Plant parasitic nematodes Apictorict key to genera*. Fifth ed. Comstock Publishing Association a Division of Cornell University Press, 277p.
- Maluenda García, J. (2015). Máximos Históricos en Producción Consumos y Stocks en Maíz. CIC. Boletín Informativo. Madrid-España. 9 p.
- Manrique, A. (1997). *El maíz en el Perú*. 2 ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima-Perú. 362 p.
- Manzotte, U.; W.P. Dias; M.L. Mendes; J.F.V. Silva; J. Gomes. (2002). Reação de híbridos de milho a *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira* 26: 105-108.
- Medeiros, J. E.; Silva, P. H.; Biondi, C. M.; Moura, R. M.; Pedrosa, E. R. M. (2001). Reação de genótipos de milho ao parasitismo de *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*. Vol. 25(2):243-245.

- McDonald, A.H. and J.M. Nicol. (2005). Nematode parasites of cereals. in: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. (M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge eds.) CAB International, Wallingford, UK.) P. 131-191
- MINAG, Ministerio de Agricultura (2014). Maíz amiláceo Perú un campo fértil para sus inversiones desarrollo de sus exportaciones. (Consultado el 18-10-2015). URL: http://www.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manales,boletines/maízamilaceo/maíz_amilaceo12.pdf
- MINAG, Ministerio de Agricultura (2015). Sistema Integrado de Estadística Agraria. (Consultado el 23-10-2015). Disponible en URL: http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2015/bemsa_enero15-final.pdf
- MINAG, Ministerio de Agricultura (2016). Dirección De Estadística Agraria (DEA). (Consultado el 26-04-2017). Disponible en URL: [http://www.minagri.gob.pe/siea.minagri.gob.pe/boletín estadístico de producción](http://www.minagri.gob.pe/siea.minagri.gob.pe/boletín%20estadístico%20de%20producción)
- Moens, M; Perry, RN; Starr, JL. (2009). *Meloidogyne* species - a diverse group of novel and important plant parasites. In Perry, RN; Moens, M; Starr, JL. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International, p. 1-13.
- Mulvey, R. H. y Anderson, R. V. (1979). Benthic species of *Dorylaimus* Dujardin, 1845 (nematode: *Dorylaimidae*) and *Arcti dorylaimus* n. gen. from the Mackenzietories, Canada. *Can, J. Zool.*, 57, 743 – 755.
- Niks, R.E., Ellis, P.R. & Parlevliet, J.E. (1993). Resistance to parasites. In M.D. Hayward, N.O. Bosemark & I. Romagosa, eds. *Plant breeding: principles and prospects*, p. 422-447. London, Chapman & Hall.
- Oostenbrink, M. (1966). *Major characteristics of the relation between nematodes and plants*. Wageningen: Landbouwhoge school 6, 1 – 46p.

- Oscanoa, C; R, Sevilla. (2010). Diversidad de razas de maíz en la sierra central del Perú. Primer Congreso Peruano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola. Proceeding. UNALM. Lima-Perú. 90-93p.
- Papadopoulou, J; Triantaphyllou, C. (1982). Sex differentiation in *Meloidogyne incognita* and anatomical evidence of sex reversal. Journal of Nematology 14(4):549-566p.
- Paliwal, R. L. (2001). El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Rome. Volumen 28. 392 p.
- Pearson, R. C y Goheen, A. C.; (1996): Plagas y enfermedades de la vid. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Perry, R, Moens, M. y Starr, J. (2009). *Root-knot Nematodes*. UK by the MPG Books Group. 530, 31.
- Perry, R. y Moens, M. (2013). *Plant Nematology 2nd edition*. Printed and bound by Gutenberg Press Ltd, Tarxien, Malta, 542p.
- Perry, R. y Moens, M. (2014). *Plant Nematology*. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn, 463p.
- Pinto, F.J.A. (2008). Doenças Causadas Por Nematóides. Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção, 2ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 4^a edição Set./2008
- Poehlman, J; D, Sleper. (2003). Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa S.A. México, D.F. Segunda Edición. 511 p.
- Robinson, A. (1997). *Rotylenchus* species: Identification, Distribution, Host Ranges, and crop plant resistance. Nematropica, Vol. 27, No. 2. 128-171 p.

- Rosa, J.M.O., Westerich, J.N. e S.R.S. Wilcken. (2012). Reação de híbridos e cultivares de milho a *Meloidogyne enterolobii* e *M. javanica*. *Nematologia Brasileira* 36:9-14.
- Ruppert, E. E. y Barnes, R. D. (1996). *Zoología de los Invertebrados*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. 6ta Edición. México, D.F., 208 – 304p.
- Salhuana, W. (2004). Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. En: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). UNALM. Lima-Perú. p. 204-251.
- Sánchez G. (1992). Plagas de los cultivos de caña de azúcar, maíz y arroz. UNALM-Departamento de Entomología, Lima- Perú.
- Schereck, R. C., Vieira, D. S. M. C., Marais, M., Santos, M. S., Duyts, H., Freitas, H., Van Der Putten, W. M. y Abrantes, I. (2010). *First record of Helicotylenchus varicaudatus Yuen, 1964 (nematoda: Hoplolaimidae) parasitizing Ammophil aarenaria (L.)*. Link in Portuguese coastal sand dunes. *Phytopathology Mediterranean* 49, 212 – 226p.
- Scott, A. y Knott, M. (1974). *A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance*. *Biometrics* 30, 507 – 512p.
- Sen, D., Chatterjee, A. y Manna, B. (2011). A new species of *dorylaimus dujardin*, 1845 (nematoda: *dorylaimidae*) from west bengal, India *Nematol. medit*, 39: 3-8.
- 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.
- Serratos-Hernández, J.A. (2009). El Origen y la diversidad del maíz en el continente Americano. Greenpeace. México. 36p.

- Sevilla, R. (1991). Diversidad del maíz en la región andina. Experiencias en el cultivo de maíz en el área andina. Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO). Volumen 1. Quito-Ecuador. p. 1-23.
- Sevilla, R. (2006). Descriptores para la caracterización del cultivo de maíz. Manual para la caracterización in situ de cultivos nativos. R. Estrada, T. Medina, A. Roldán. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). 1 ed. Lima-Perú. 2006. p. 51-60.
- Siddiqi, M. R. (2000). *Morphological characters and taxonomic methods*. In: *Tylenchide parasites of plant and insects*. Second edition. CAB Internacional. UK.
- Smith, G. T., Brenowitz, E. A. y Wingfield, J. C. (1997). *Roles of photoperiod and testosterone in seasonal plasticity of the avian song control system*. J Neurobiol 32, 426 – 442p.
- Subbotin, SA; Moens, M. (2006). Molecular taxonomy and phylogeny. In. Perry, R.; Moens, M. eds. Plant Nematology. London, UK. CAB International. p, 33-58.
- Taylor, A. L. y Sasser, J. N. (1983). Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne). Proyecto internacional de Meloidogyne, 111p.
- Tihohod, D. (2000). Nematología Agrícola Aplicada. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472p.
- Turner, S.J. y K. Evans, (1998): The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes { *Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* Stone}. In: RJ. Marks, B.B. Brodie (Eds). Potato Cyst Nematodes. Biology, Distribution and Control. University Press, Cambridge, U K, 7-26
- Tylka, G. L. (2007). Integrated crop management. Iowa State University. University Extension. IC-498p.

- Tylka G.L., (2011). Sampling of plant parasitic Nematodes in Corn Strip Trials Comparing Nematode Management Products. Department of Plant Pathology and Microbiology, Iowa State University.
- Tylka, G. L., Sisson, A. J., Jesse, L. C., Kennicker, J., and Marett, C. C. (2011). Testing for plant-parasitic nematodes that feed on corn in Iowa 2000-2010. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2011-1205-01-RS.
- Tylka, G. (2007). Nematodes in Corn Production: A Growing Problem? Integrated Crop Management. Iowa State University.
- Universidad de Clemson -USA (s/f). Nematode Thresholds Number of Nematodes per 100 cc of Soil. Action Level Thresholds from Different Universities. Clemson: <http://virtual.clemson.edu/groups/psapublishing/PAGES/PLNTPATH/EC703.pdf> olds-Summary.pdf
- Universidad de Iowa State- USA (s/f). Nematode Thresholds Number of Nematodes per 100 cc of Soil. Action Level Thresholds from Different Universities. Iowa State: <http://www.extension.iastate.edu/CropNews/2009/0429tylka.htm>
- Universidad de Purdue-USA (s/f). Nematode Thresholds Number of Nematodes per 100 cc of Soil. Action Level Thresholds from Different Universities. Purdue: <http://extension.entm.purdue.edu/pestcrop/2009/issue18/PandC18.pdf>
- Yeates, G. W. y Bongers, T. (1999). Nematode diversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 174: 113-135.

ANEXOS

Tabla 11: Datos generales de los lugares evaluados de la región Puno (Ubicación geográfica)

N°	CÓDIGO PRODUCTOR	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y /O SECTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		ALTITUD "msnm"
					LATITUD "S"	LONGITUD "W"	
1	A-1	Azángaro	Chupa	Caminacoya	15° 6' 17"	69° 59' 34"	3845
2	A.2	Azángaro	Chupa	Caminacoya	15° 18' 00"	69° 59' 04"	3843
3	A-3	Azángaro	Chupa	Caminacoya	15° 06' 25"	69° 59' 10"	3823
4	A-4	Azángaro	Chupa	Caminacoya	15° 45' 12.6"	69° 59' 48"	3827
5	A-5	Azángaro	Chupa	Caminacoya	15° 54' 14.13"	69° 59' 40"	3837
6	S-1	Sandia	Sandia	Morarea	14° 19' 23"	69° 28' 00"	2249
7	S-2	Sandia	Sandia	Morarea	14° 19' 20"	69° 26' 05"	2238
8	S-3	Sandia	Sandia	Huenqalla	14° 19' 00"	69° 26' 00"	2178
9	S-4	Sandia	Sandia	Huenqalla	14° 14' 05"	69° 26' 08"	2175
10	S-5	Sandia	Sandia	Chimono	14° 19' 37"	69° 27' 15"	2170
11	S-6	Sandia	Sandia	Chimono	14° 19' 10"	69° 26' 34"	2225
12	S-7	Sandia	Sandia	Huatarone	14° 19' 45"	69° 26' 35"	2242
13	SJ-1	Sandia	San Juan del Oro	Botijani	14° 17' 13"	69° 13' 00"	1320
14	SJ-2	Sandia	San Juan del Oro	Botijani	14° 13' 16"	69° 09' 10"	1310
15	SJ-3	Sandia	San Juan del Oro	Lagunillas	14° 13' 18"	69° 09' 13"	1315
16	SJ-4	Sandia	San Juan del Oro	Belén	14° 13' 24"	69° 09' 08"	1318
17	CC-1	Sandia	Cuyocuyo	Aripo	14° 28' 1.94"	69° 32' 16.64"	3513
18	CC-2	Sandia	Cuyocuyo	Aripo	14° 28' 18"	69° 32' 24"	3542

N°	CÓDIGO PRODUCTOR	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y /O SECTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			ALTITUD "msnm"
					LATITUD "S"	LONGITUD "W"		
19	CC-3	Sandia	Cuyocuyo	Aripo	14°27'20.53"	69°32'12.46"	3432	
20	CC-4	Sandia	Cuyocuyo	Urayllu	14°27'20.3"	69°32'12.40"	3445	
21	CC-5	Sandia	Cuyocuyo	Urayllu	14°27'19.0"	69°32'10.36"	3430	
22	AY-1	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°43'08.1"	70°27'05.5"	2115	
23	AY-2	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°43'24.3"	70°27'02.8"	2135	
24	AY-3	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°43'25"	70°27'08.1"	2147	
25	AY-4	Carabaya	Ayapata	Tabinapampa	13°44'11.9"	70°27'19.8"	2243	
26	O-2	Carabaya	Ollachea	Quichu	13°43' 37.5"	70° 27' 43.2"	2204	
27	O-3	Carabaya	Ollachea	Quichu	13°43' 14.2"	70° 27' 02.7"	2109	
28	O-4	Carabaya	Ollachea	Palca	13°43' 20.5"	70° 27' 02.2"	2204	
29	SG-1	Carabaya	San Gabán	Chacaneque	13°26'00"	70°23'22"	810	
30	SG-2	Carabaya	San Gabán	Chacaneque	13°46'39"	70°43'19"	820	
31	SG-3	Carabaya	San Gabán	Chacaneque	13°46'4"	70°43'12"	815	
32	SG-4	Carabaya	San Gabán	Puerto Manoa	13°36'10"	70°45'15"	735	
33	SG-5	Carabaya	San Gabán	Puerto Manoa	13°36'24"	70°47'12"	748	

Nota: CH = Chupa, S = Sandía, SJ = San Juan del Oro, CC = Cuyocuyo, AY=Ayapata, O = Ollachea y SG= San Gabán

Tabla 12: Datos generales de los lugares evaluados de la región Puno

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRA	CÓDIGO PRODUCTOR	N° MUESTRAS COLECTADAS	ÁREA PARCELA (ha)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
1	03/01/2016	A-1	3	0.05	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico Rotación de cultivos con papa Malezas asociadas: nabo silvestre, bolsa de pastor, aguja-aguja. Productor Orgánico
2	03/01/2016	A-2	3	0.1	Crecimiento vegetativo	Franco	Rotación de cultivos con papa Malezas asociadas: nabo silvestre, bolsa de pastor, aguja-aguja. Productor Orgánico
3	03/01/2016	A-3	3	0.05	Crecimiento vegetativo	Franco-arenoso	Rotación de cultivos con papa Malezas asociadas: nabo silvestre, bolsa de pastor, aguja-aguja. Productor Orgánico
4	03/01/2016	A-4	3	0.05	Crecimiento vegetativo	Franco-arenoso	Productor Orgánico
5	03/01/2016	A-5	3	0.05	Crecimiento vegetativo	Franco-arenoso	Rotación de cultivos con papa Malezas asociadas: bolsa de pastor.
6	24/02/2016	S-1	5	0.1	Floración	Franco-arcilloso-arenoso	Practican monocultivo
7	24/02/2016	S-2	5	0.1	Floración	Arenoso-arcilloso	Rotación de cultivos con papa
8	24/02/2016	S-3	6	0.08	Floración	Arenoso-arcilloso	Rotación de cultivos con papa

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRA	CÓDIGO PRODUCTOR	N° MUESTRAS	ÁREA (ha)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
9	24/02/2016	S-4	5	0.08	Crecimiento vegetativo	Arenoso-arcilloso	Rotación de cultivos con papa
10	24/02/2016	S-5	5	0.08	Crecimiento vegetativo	Franco-arcilloso-arenoso	Cultivos asociados: durazno, granadilla
11	24/02/2016	S-6	5	0.08	Crecimiento vegetativo	Franco-arcilloso-arenoso	Cultivos asociados: chirimoya y Ilacon
12	24/02/2016	S-7	5	0.08	Crecimiento vegetativo	Franco-arcilloso	Productor Orgánico
13	23/02/2016	SJ-1	5	0.5	Floración	Franco-arcilloso	Practican monocultivo Malezas asociadas: gramalote
14	23/02/2016	SJ-2	5	0.125	Floración	Franco-arcilloso	Practican monocultivo
15	23/02/2016	SJ-3	4	0.25	Floración	Franco-arcilloso	Malezas asociadas: gramalote Malezas asociadas: gramalote
16	23/02/2016	SJ-4	5	0.5	Floración	Franco-arcilloso-arenoso	Malezas asociadas: gramalote
17	22/02/2016	CC-1	5	0.2	Floración	Franco-arenoso	Malezas asociadas: trébol silvestre
18	22/02/2016	CC-2	5	0.2	Floración	Franco-arenoso	Rotación de cultivos con oca Malezas asociadas: trébol silvestre
19	22/02/2016	CC-3	5	0.2	Floración	Franco	Cultivo asociado: habas Malezas asociadas: trébol silvestre
20	22/02/2016	CC-4	5	0.25	Floración	Franco	Cultivo asociado: habas Malezas asociadas: trébol silvestre
21	22/02/2016	CC-5	5	0.25	Floración	Franco	Rotación de cultivos con papa

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRA	CÓDIGO PRODUCTOR	N° MUESTRAS	ÁREA (ha)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
22	28/02/2016	AY-1	3	0.25	Floración	Arenoso-arcilloso	Antes de sembrar maíz, no se cultivó durante dos años
23	28/02/2016	AY-2	3	0.25	Floración	Arenoso-arcilloso	Cultivo asociado: granadilla
24	28/03/2016	AY-3	3	0.25	Floración	Arenoso-arcilloso
25	28/04/2016	AY-4	3	0.25	Floración	Arenoso-arcilloso	Cultivo asociado: rocoto
26	28/02/2016	O-1	3	0.15	Floración	Franco-arenoso	Practican monocultivo
27	28/02/2016	O-2	3	0.25	Floración	Franco-arenoso	Practican monocultivo.
28	29/02/2016	O-3	3	0.25	Floración	Franco-arenoso	Practican monocultivo
29	29/02/2016	SG-1	3	0.15	Floración	Arcilloso	Asociación con cultivos de rocoto
30	29/02/2016	SG-2	3	0.25	Floración	Arcilloso
31	29/02/2016	SG-3	3	0.25	Floración	Arcilloso-limoso
32	29/02/2016	SG-4	3	0.1	Floración	Arcilloso-limoso	Asociación con cultivos de rocoto
33	29/02/2016	SG-5	3	0.25	Floración	Arcilloso-limoso	Asociación con cultivos de rocoto

Nota: CH = Chupa, S = Sandía, SJ = San Juan del Oro, CC = Cuyocuyo, AY=Ayapata, O = Ollachea y SG= San Gabán

Tabla 13: Datos generales de los lugares evaluados de la región Cusco (Ubicación geográfica)

N°	CÓDIGO PRODUCTOR	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD Y /O SECTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			"msnm" ALTITUD
					LATITUD "S"	LONGITUD "W"		
1	U-1	Urubamba	Urubamba	Urubamba	13°18'35"	72°07'15"	2870	
2	U-2	Urubamba	Urubamba	Urubamba	13°18'27"	71°08'29"	2796	
3	U-3	Urubamba	Urubamba	Urubamba	13°17'96"	72°09'10"	2821	
4	U-4	Urubamba	Urubamba	Urubamba	13°18'31"	71°08'45"	2765	
5	P-1	Calca	Pisac	Pisac	13°25'19"	71°51'04"	2975	
6	P-2	Calca	Pisac	Pisac	13°25'65"	71°65'08"	2983	
7	P-3	Calca	Pisac	Pisac	13°26'32"	71°72'10"	2994	
8	P-4	Calca	Pisac	Pisac	13°26'45"	71°70'15"	2960	

Tabla 14: Datos generales de los lugares evaluados de la región Cusco

N°	FECHA DE COLECTA DE MUESTRA	CÓDIGO PRODUCTOR	N° MUESTRAS COLECTADAS	AREA PARCELA (ha)	ESTADO FENOLÓGICO EN EL MOMENTO DE LA COLECTA DE LA MUESTRA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	OBSERVACIONES
1	17/02/2016	U-1	3	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico Rotación con cultivo de papa
2	17/02/2016	U-2	4	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico
3	17/02/2016	U-3	2	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico
4	17/02/2016	U-4	4	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico Rotación con cultivo de papa
5	18/02/2016	P-1	4	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico
6	18/02/2016	P-2	4	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico
7	18/02/2016	P-3	4	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico Rotación con cultivo de papa
8	18/02/2016	P-4	5	1	Crecimiento vegetativo	Franco	Productor Orgánico Rotación con cultivo de papa

Nota: U = Urubamba, P = Pisac

Tabla 15: Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la región Puno

Provincia	Distrito	Número de muestras analizadas por distrito	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Mesocriconema</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Rotylenchus</i> spp.	5.- <i>Dorylaimus</i> spp.	6.- <i>Globodera</i> spp.	7.-Nematodos de Vida Libre
Azángaro	Chupa	15	2	2	2	0	0	25	15
Sandia	Sandia	36	22	27	7	0	3	24	35
Sandia	San Juan del Oro	19	8	13	8	15	0	0	19
Sandia	Cuyocuyo	25	8	16	0	5	0	25	25
Carabaya	Ayapata	12	11	10	2	0	0	0	12
Carabaya	Ollachea	9	8	5	2	0	0	0	9
Carabaya	San Gabán	15	15	6	2	4	0	0	15
Total de muestras		131	74	79	23	24	3	74	130

Tabla 16: Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en la región Cusco

Provincia	Distrito	Número de nuestra analizadas por distrito	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Mesocriconema</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Globodera</i> spp.	5.-Nematodos de Vida Libre
Urubamba	Urubamba	13	5	2	1	13	13
Calca	Pisac	17	8	4	1	15	17
Total de muestras		30	13	6	2	28	30

Muestras Región Puno	131
Muestras Región Cusco	30
Total de muestras analizadas	161

Tabla 17: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Chupa de la región Puno

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo				
		1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Mesocriconema</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Globodera</i> spp.	5. Nematodos de Vida Libre
A-1	A-1.1	0	0	0	87	26
	A-1.2	0	0	0	18	12
	A-1.3	0	0	0	64	29
	$\bar{X}_{(A-1)}$	0	0	0	56.33	22.33
A-2	A-2.1	0	0	0	27	17
	A-2.2	0	13	0	47	9
	A-2.3	0	3	20	31	19
	$\bar{X}_{(A-2)}$	0	5.33	6.6	35	15
A-3	A-3.1	0	0	0	5	32
	A-3.2	0	0	0	22	56
	A-3.3	3	0	0	111	29
	$\bar{X}_{(A-3)}$	1	0	0	46	39
A-4	A-4.1	0	0	0	12	28
	A-4.2	0	0	0	20	7
	A-4.3	0	0	0	185	55
	$\bar{X}_{(A-4)}$	0	0	0	72.33	30
A-5	A-5.1	0	0	0	5	27
	A-5.2	8	0	12	27	31
	A-5.3	0	0	0	4	12
	$\bar{X}_{(A-5)}$	2.66	0	4	12	23.3
$\bar{X}_{(A-1;A-2;A-3;A-4;A-5)}$		0.71	1.1	2.1	44.4	25.91

Tabla 18: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Sandía de la región Puno

		Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo					
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Globodera</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- <i>Dorylainus</i> spp.	6.- Nematodos de Vida Libre
S-1	S-1.1	8	13	0	9	0	39
	S-1.2	0	66	15	51	0	17
	S-1.3	83	29	21	104	0	5
	S-1.4	48	14	8	85	4	65
	S-1.5	15	11	0	0	0	40
	$\bar{X}_{(S-1)}$	30.8	26.6	8.8	49.5	0.8	33.2
S-2	S-2.1	4	35	0	20	0	45
	S-2.2	0	8	0	13	0	60
	S-2.3	17	21	0	0	0	48
	S-2.4	0	8	0	15	0	67
	S-2.5	11	19	0	0	0	44
	$\bar{X}_{(S-2)}$	6.4	18.2	0	9.6	0	52.8
S-3	S-3.1	0	8	0	11	0	36
	S-3.2	11	17	5	9	3	0
	S-3.3	11	17	0	3	0	29
	S-3.4	3	12	0	0	0	75
	S-3.5	16	13	0	15	0	77
	S-3.6	0	3	0	27	0	80
$\bar{X}_{(S-3)}$	6.83	14	0.83	10.83	0.5	49.5	
S-4	S-4.1	29	13	0	17	0	27
	S-4.2	0	8	16	31	0	25
	S-4.3	35	9	0	19	0	61
	S-4.4	17	27	0	39	0	73
	S-4.5	73	29	11	45	0	95
	$\bar{X}_{(S-4)}$	30.8	17.2	5.4	30.2	0	56.2

Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Globodera</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- <i>Dorylaimus</i> spp.	6.- Nematodos de Vida Libre
S-5	S-5.1	17	16	0	15	0	96
	S-5.2	9	19	0	0	0	40
	S-5.3	23	10	0	9	7	95
	S-5.4	19	12	0	0	0	44
	S-5.5	0	12	0	27	0	35
	$\bar{X}_{(S-5)}$	13.6	13.8	0	10.2	1.4	62
S-6	S-6.1	0	49	0	8	0	36
	S-6.2	0	0	1	7	0	89
	S-6.3	0	11	0	7	0	64
	S-6.4	41	17	0	0	0	59
	S-6.5	13	8	0	0	0	29
	$\bar{X}_{(S-6)}$	10.8	17	0.2	4.4	0	55.4
S-7	S-7.1	0	11	0	11	0	67
	S-7.2	53	24	0	8	0	93
	S-7.3	0	17	0	8	0	23
	S-7.4	0	42	0	0	0	27
	S-7.5	0	7	0	45	0	112
	$\bar{X}_{(S-7)}$	10.6	20.2	0	14.4	0	64.4
$\bar{X}_{(S-1;S-2;S-3;S-4;S-5;S-6;S-7)}$		15.7	17.8	2.2	18.4	0.4	53.4

Tabla 19: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de San Juan del Oro de la región Puno

		Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo				
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Xiphinema</i> spp.	3.- <i>Mesocriconema</i> spp.	4.- <i>Rotylenchus</i> spp.	5.- Nematodos de Vida Libre
SJ-1	SJ-1.1	57	12	0	7	25
	SJ-1.2	12	65	0	32	13
	SJ-1.3	0	3	9	52	16
	SJ-1.4	0	0	8	25	47
	SJ-1.5	0	0	15	48	28
	$\bar{X}_{(SJ-1)}$	13.8	16	6.4	32.8	25.8
SJ-2	SJ-2.1	7	5	17	0	37
	SJ-2.2	0	3	11	5	13
	SJ-2.3	0	0	0	5	15
	SJ-2.4	0	0	12	20	41
	SJ-2.5	0	0	8	11	44
	$\bar{X}_{(SJ-2)}$	1.4	1.6	9.6	8.2	30
SJ-3	SJ-3.1	24	9	0	0	29
	SJ-3.2	8	0	17	27	11
	SJ-3.3	0	0	25	15	12
	SJ-3.4	0	0	0	12	29
	$\bar{X}_{(SJ-3)}$	8	2.25	10.5	13	20.25
SJ-4	SJ-4.1	12	0	0	0	53
	SJ-4.2	8	3	12	0	8
	SJ-4.3	3	0	11	3	27
	SJ-4.4	0	0	5	5	15
	SJ-4.5	0	7	133	21	27
	$\bar{X}_{(SJ-4)}$	4.6	2	32.2	5.8	26
$\bar{X}_{(SJ-1;SJ-2;SJ-3;SJ-4)}$		6.9	5.5	8.3	15.1	25.6

Tabla 20: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Cuyocuyo de la región Puno

		Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo				
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Globodera</i> spp.	3.- <i>Mesocriconema</i> spp.	4.- <i>Rotylenchus</i> spp.	5.- Nematodos de Vida Libre
CC-1	CC-1.1	20	23	0	7	16
	CC-1.2	0	28	5	0	24
	CC-1.3	7	36	0	0	15
	CC-1.4	5	36	16	0	41
	CC-1.5	21	23	9	0	11
	$\bar{X}_{(CC-1)}$	10.6	29.2	6	1.4	21.4
CC-2	CC-2.1	0	39	0	7	28
	CC-2.2	0	27	8	0	27
	CC-2.3	6	19	0	0	21
	CC-2.4	0	24	5	0	28
	CC-2.5	0	16	7	0	29
	$\bar{X}_{(CC-2)}$	1.2	25	4	1.4	26.6
CC-3	CC-3.1	0	20	0	0	27
	CC-3.2	0	15	12	13	17
	CC-3.3	5	25	0	0	12
	CC-3.4	0	35	13	0	21
	CC-3.5	0	27	9	0	28
	$\bar{X}_{(CC-3)}$	1	25.4	6.8	2.6	21
CC-4	CC-4.1	0	14	0	0	44
	CC-4.2	0	27	3	0	17
	CC-4.3	0	11	5	5	19
	CC-4.4	0	17	16	0	32
	CC-4.5	0	22	8	0	44
	$\bar{X}_{(CC-4)}$	0	18.2	6.4	1	31.2
CC-5	CC-5.1	0	31	12	0	40
	CC-5.2	0	40	5	0	24
	CC-5.3	15	31	0	0	20
	CC-5.4	7	30	0	5	12
	CC-5.5	0	32	7	0	63
	$\bar{X}_{(CC-5)}$	4.4	32.8	4.8	1	31.8
$\bar{X}_{(CC-1;CC-2;CC-3;CC-4;CC-5)}$		3.5	25.9	5.7	1.5	26.4

Tabla 21: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Ayapata de la región Puno

Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo					
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Xiphinema</i> spp.	3.- <i>Mesocriconema</i> spp.	4.- Nematodos de Vida Libre
AY-1	AY-1.1	13	0	0	47
	AY-1.2	41	0	0	33
	AY-1.3	0	5	7	45
	$\bar{X}_{(AY-1)}$	18	1.6	2.3	41.6
AY-2	AY-2.1	11	0	5	45
	AY-2.2	5	0	12	51
	AY-2.3	12	0	5	12
	$\bar{X}_{(AY-2)}$	9.3	0	7.3	36
AY-3	AY-3.1	5	0	19	17
	AY-3.2	21	5	11	51
	AY-3.3	5	0	5	9
	$\bar{X}_{(AY-3)}$	10.3	1.6	11.6	22.3
AY-4	AY-4.1	21	0	5	29
	AY-4.2	12	0	5	39
	AY-4.3	8	0	5	48
	$\bar{X}_{(AY-4)}$	13.6	0	5	38.6
$\bar{X}_{(AY-1;AY-2;AY-3;AY-4)}$		13.0	0.9	6.2	35.6

Tabla 22: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Ollachea de la región Puno

		Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo			
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Xiphinema</i> spp.	3.- <i>Mesocriconema</i> spp.	4.- Nematodos de Vida Libre
O-1	O-1.1	5	0	5	11
	O-1.2	11	0	5	12
	O-1.3	16	0	0	47
	$\bar{X}_{(O-1)}$	10.6	0	3.3	23.3
O-2	O-2.1	19	0	3	28
	O-2.2	15	0	0	48
	O-2.3	0	5	3	16
	$\bar{X}_{(O-2)}$	11.3	1.6	2	31
O-3	O-3.1	11	5	0	17
	O-3.2	35	0	5	40
	O-3.3	13	0	0	25
	$\bar{X}_{(O-3)}$	19.6	1.6	1.6	27.3
$\bar{X}_{(O-1;O-2;O-3)}$		13.8	1.2	2.4	27.1

Tabla 23: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de San Gabán de la región Puno

Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo						
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Xiphinema</i> spp.	3.- <i>Mesocriconema</i> spp.	4.- <i>Rotylenchus</i> spp.	5.- Nematodos de Vida Libre
SG-1	SG-1.1	7	0	56	0	63
	SG-1.2	27	0	0	0	60
	SG-1.3	5	4	8	0	21
	$\bar{X}_{(SG-1)}$	13	1.3	21.3	0	48
SG-2	SG-2.1	33	0	0	16	11
	SG-2.2	29	0	0	16	9
	SG-2.3	23	0	0	13	15
	$\bar{X}_{(SG-2)}$	28.3	0	0	15	11.6
SG-3	SG-3.1	56	0	0	0	15
	SG-3.2	15	0	4	0	25
	SG-3.3	11	0	8	0	65
	$\bar{X}_{(SG-3)}$	27.3	0	4	0	35
SG-4	SG-4.1	19	0	0	0	43
	SG-4.2	35	0	0	21	16
	SG-4.3	13	0	0	0	13
	$\bar{X}_{(SG-4)}$	22.3	0	0	7	24
SG-5	SG-5.1	23	5	0	0	28
	SG-5.2	29	0	8	0	44
	SG-5.3	23	0	48	0	56
	$\bar{X}_{(SG-5)}$	25	1.6	18.6	0	42.6
$\bar{X}_{(SG-1;SG-2;SG-3;SG-4;SG-5)}$		23.1	0.6	8.8	4.4	32.3

Tabla 24: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Urubamba de la región Cusco

		Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo				
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Globodera</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- Nematodos de Vida Libre
U-1	U-1.1	0	15	0	0	56
	U-1.2	0	20	0	0	41
	U-1.3	0	29	3	0	29
	$\bar{X}_{(U-1)}$	0	21.33	1	0	126
U-2	U-2.1	0	29	0	3	59
	U-2.2	0	19	0	0	37
	U-2.3	4	7	0	0	52
	U-2.4	7	9	0	0	5
	$\bar{X}_{(U-2)}$	2.75	16	0	0.75	38.25
U-3	U-3.1	3	16	0	0	11
	U-3.2	0	4	0	0	23
	$\bar{X}_{(U-3)}$	1.5	10	0	0	17
U-4	U-4.1	0	43	0	0	35
	U-4.2	35	2	0	21	16
	U-4.3	0	12	0	0	45
	U-4.4	15	3	0	0	28
	$\bar{X}_{(U-4)}$	12.5	15	0	5.25	31
$\bar{X}_{(U-1;U-2;U-3;U-4)}$		4.06	15.5	0.2	1.5	32.1

Tabla 25: Nematodos fitoparásitos en el cultivo de maíz del distrito de Pisac de la región Cusco

		Individuos juveniles / 100 cm ³ de suelo				
Código del productor	Código de la sub muestra por productor	1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	2.- <i>Globodera</i> spp.	3.- <i>Xiphinema</i> spp.	4.- <i>Mesocriconema</i> spp.	5.- Nematodos de Vida Libre
P-1	P-1.1	12	19	0	0	27
	P-1.2	0	16	0	0	23
	P-1.3	5	21	0	7	11
	P-1.4	11	23	0	0	23
	$\bar{X}_{(P-1)}$	7	19.75	0	1.75	21
P-2	P-2.1	0	91	0	0	24
	P-2.2	0	20	0	3	28
	P-2.3	0	36	0	0	27
	P-2.4	0	25	0	3	24
	$\bar{X}_{(P-2)}$	0	43	0	1.5	25.75
P-3	P-3.1	9	76	0	0	24
	P-3.2	0	25	0	0	13
	P-3.3	0	9	0	0	11
	P-3.4	0	40	0	0	35
	$\bar{X}_{(P-3)}$	2.25	37.5	0	0	20.75
P-4	P-4.1	4	0	0	0	32
	P-4.2	9	16	9	9	24
	P-4.3	12	0	0	0	27
	P-4.4	9	108	0	0	27
	P-4.5	0	88	0	0	24
	$\bar{X}_{(P-4)}$	6.8	42.4	1.8	1.8	26.8
$\bar{X}_{(P-1;P-2;P-3;P-4)}$		4.1	35.8	1.4	1.2	23.4

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 1

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

ESTACIÓN: CO. 110820

Región: Puno **Provincia:** Azángaro **Distrito:** Chupa
Latitud: 15°08'10,5" **Longitud:** 70°07'05,6" **Altitud:** 3830 m.s.n.m.

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								17.6	18.9	18.9	19.6	18.1
2016	18.8	17.6										

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								-2.1	1.4	1.8	3.9	4.4
2016	4.6	6.4										

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								7.4	10.2	10.4	11.8	11.3
2016	11.7	12.0										

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								5.3	51.9	59.9	44.9	95.1
2016	77.3	164.1										

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								50	56	54	55	62
2016	66	64										

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2017)

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 2

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

ESTACIÓN: CO. 114096

Región: Puno **Provincia:** Sandia **Distrito:** Cuyocuyo
Latitud: 14°29'20,1" **Longitud:** 69°32'56,4" **Altitud:** 3414 m.s.n.m

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015									14.3	14.4	14.8	13.7
2016	14.8	14.2	14.9	14.6								

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015									4.3	5.0	6.6	6.5
2016	6.4	6.7	5.9	5.6								

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015									9.3	9.7	10.7	10.1
2016	10.6	10.5	10.4	10.1								

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015									14.1	32.2	91.6	75.9
2016	101.7	81.4	19.6	53.2								

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

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

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2017)

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 3

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

ESTACIÓN: CO. 110043

Región: Puno **Provincia:** Sandia **Distrito:** San Juan del Oro
Latitud: 15°13'00" **Longitud:** 69°09'24,7" **Altitud:** 1385 m.s.n.m

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								26.4	28.7	29.9	28.8	28.8
2016	30.0	28.2	28.1	27.8								

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								14.8	15.9	15.9	17.2	16.6
2016	17.5	17.6	17.4	16.9								

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								20.6	22.3	22.9	23.0	22.7
2016	23.8	22.4	21.0	20.0								

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								76.3	65.8	146.3	137.3	100.0
2016	107.5	241	114.4	59.3								

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								96	97	96	96	97
2016	97	96	97	96								

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2017)

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 4

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

ESTACIÓN: CO. 1113043

Región: Puno **Provincia:** Carabaya **Distrito:** Ollachea
Latitud: 13°48'14" **Longitud:** 70°29'49,7" **Altitud:** 2850 m.s.n.m

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

AÑOS	ENE	FEB.	MAR	ABR.	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								18.5	19.4	19.3	19.0	17.9
2016	19.6	18.8	19.7									

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								7.1	8.9	9.4	10.2	10.2
2016	10.9	10.7	9.9									

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								12.7	14.1	14.4	14.6	14.0
2016	15.2	14.8	14.8									

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								26.1	22.4	40.0	117.3	132.2
2016	165.0	189.7	71.0									

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								83	84	84	87	88
2016	76	88	82									

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2017)

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 5

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

ESTACIÓN: CO. 113077

Región: Puno **Provincia:** Carabaya **Distrito:** San Gabán
Latitud: 13°26'25,9" **Longitud:** 70°24'16,7" **Altitud:** 820 m.s.n.m

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								28.7	30.2	30.7	29.7	29.2
2016	30.1	28.9										

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								14.6	16.4	17.1	17.9	18.2
2016	18.7	19.3										

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								21.6	23.3	23.9	23.8	23.7
2016	24.4	24.1										

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								584.0	618.3	361.3	441.6	805.9
2016	822.1	820.6										

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

AÑOS	ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015								90	87	86	88	89
2016	86	86										

Fuente: SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2017)

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 6

ESTACIÓN: Pisac

Región: Cusco **Provincia:** Calca **Distrito:** Pisac
Latitud: 13°25'18" **Longitud:** 71°51'05" **Altitud:** 2974 m.s.n.m.

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DI C
7.6	7.7	7.6	6.2	4.3	2.5	2.5	3.3	5.7	7.1	7.3	7.6

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
21.0	20.5	20.2	20.7	21.1	20.8	20.3	21.5	21.3	22.5	22.0	20.8

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
14.3	14.1	13.9	13.6	12.5	11.5	11.4	12.4	13.5	14.8	14.6	14.2

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
112	107	85	35	11	4	6	6	19	28	44	73

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
67	70	70	64	62	59	58	58	58	60	60	65

Fuente: Climate-data Pisac

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 7

ESTACIÓN: Urubamba

Región: Cusco

Provincia: Urubamba

Distrito: Urubamba

Latitud: 13°18'20"

Longitud: 72°07'04"

Altitud: 2869 m.s.n.m.

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura mínima en °C

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
7.8	7.9	7.8	6.8	5.2	3.5	3.5	4.2	6.3	7.6	7.9	7.9

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura máxima en °C

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
21.2	20.9	21.2	21.9	21.6	21.2	21	22.2	21.8	23.3	22.8	21.4

PARÁMETRO: Promedio mensual de temperatura media en °C

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
14.5	14.4	14.5	14.3	13.4	12.3	12.3	13.2	14	15.4	15.3	14.6

PARÁMETRO: Precipitación total mensual en mm.

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
101	98	77	36	10	3	7	7	17	32	55	87

PARÁMETRO: Promedio mensual de humedad relativa en %

ENE	FEB	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
67	70	70	64	62	59	58	58	58	60	60	65

Fuente: Climate-data Urubamba