



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



**RESPUESTA DE VARIEDADES NATIVAS Y MEJORADAS DE
PAPA (*Solanum sp.*) AL NEMATODO DEL NODULO DE LA RAIZ
(*Meloidogyne incógnita* Kofoid y White, 1919) EN CONDICIONES DE
INVERNADERO-PUNO.**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. EDDY WILBER RAMOS QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO - PERÚ

2020



DEDICATORIA

Con mucho amor y afecto a mi querida madre Francisca Quispe Vda. de Ramos, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida para lograr mis metas y objetivos, también porque día a día me apoya para que siga mejorando y creciendo en la vida. Asimismo, a mi padre Demetrio Ramos que desde el cielo siempre me ha guiado en este camino.

Con mucho cariño y gratitud a mis queridos hermanos: Regina Luz, Isaac Froilan, Jhon Crysthian y Joel Washinton por acompañarme siempre, y el constante apoyo brindado durante el transcurso de mi vida y formación profesional. Asimismo, a mis motivos únicos de fuerza en esta vida: Luis Enrique, Luyed, Nicolle y Chaska Valentina, porque los llevo en mi corazón y llevan mi corazón

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

Eddy Wilber.



AGRADECIMIENTOS

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

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

Al Ing. Carlos Ali Málaga Deza, quien me motivo y dio fuerzas de esperanza y sobre todo espiritual de fe ante Dios y nuestros semejantes.

A mis compañeros del proyecto por su apoyo, cariño y amistad: en especial al Dr. Víctor Hugo Casa Coila, quien me asesoro para la presente investigación y además de ser un amigo incondicional desde mi infancia, asimismo al Ing. Andrés Cerelino, Ing. Anthony Zayra. Finalmente, a Valeria Chávez mi compañera que me motivo para este final de mi formación profesional.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1.1. Cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	18
2.1.2. Clasificación taxonómica de <i>Solanum</i> spp	19
2.1.3. Variedades de papa	20
2.1.4. Características Generales de los Nematodos fitoparásitos.....	28
2.1.5. Alimentación de los nematodos fitoparásitos	29
2.1.6. Ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos.....	30
2.1.7. Formas de penetración de los nematodos fitoparásitos.....	30
2.1.8. Nematodo del nódulo de la raíz (<i>Meloidogyne</i> spp)	31
2.1.9. Historia de <i>Meloidogyne</i> spp	31
2.1.10. Importancia del género <i>Meloidogyne</i>	32
2.1.11. Ubicación taxonómica	33
2.1.12. Características generales del género <i>Meloidogyne</i>	33
2.1.13. Ciclo biológico del género <i>Meloidogyne</i>	34
2.1.14. Condiciones favorables para el ciclo biológico de <i>Meloidogyne</i> spp.....	36
2.1.15. Formas de reproducción del género <i>Meloidogyne</i>	37



2.1.16	Sintomatología por la presencia del género <i>Meloidogyne</i> spp.....	39
2.1.17	Identificación del género <i>Meloidogyne</i> spp	41
2.1.18	Respuesta de plantas a <i>Meloidogyne</i> spp	41
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	43
2.3.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	45
2.3.1	Hipótesis general	45
2.3.2	Hipótesis específica	45
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1.	Ubicación del experimento:	46
3.2.	Multiplicación del inoculo <i>Meloidogyne incognita</i>	48
3.3.	Obtención de huevos y juveniles de <i>Meloidogyne incognita</i> a través de la Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972)	49
3.4.	Caracterización isoenzimática de <i>Meloidogyne incognita</i>	49
3.5.	Evaluación de la resistencia de variedades de papa a <i>Meloidogyne incognita</i> ...	52
CAPITULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	Respuesta de variedades nativas y mejoradas de papa de la región Puno al nematodo del nódulo de la raíz <i>Meloidogyne incognita</i>	56
4.2.	Respuesta de los daños ocasionados en tubérculos por <i>Meloidogyne incognita</i>	66
V.	CONCLUSIONES	67
VI	RECOMENDACIONES	68
VII.	REFERENCIAS	69
ANEXOS	83

Línea : Enfermedades
Sub línea : Manejo integrado de plagas y enfermedades

FECHA DE SUSTENTACION 08 DE ENERO DEL 2020



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Altura de la planta de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incognita</i>	57
Tabla 2:	Desviación Estándar de Altura de la planta de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incognita</i>	57
Tabla 3:	Peso de la parte aérea de la planta de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incógnita</i>	59
Tabla 4:	Desviación Estándar de Peso de la parte aérea de la planta de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incógnita</i>	59
Tabla 5:	Peso de la raíz de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incognita</i> . ..	60
Tabla 6:	Desviación Estándar de Peso de la raíz de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incognita</i>	61
Tabla 7:	Número de tubérculos de diez variedades de papa inoculadas con <i>M.</i> <i>incognita</i>	62
Tabla 8:	Desviación Estándar de Número de tubérculos de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incognita</i>	62
Tabla 9:	Número de nódulos en raíces de variedades de papa inoculadas con <i>M.</i> <i>incógnita</i>	63
Tabla 10:	Desviación Estándar de Número de nódulos en raíces de variedades de papa inoculadas con <i>M. incógnita</i>	64
Tabla 11:	Factor de reproducción de diez variedades de papa inoculadas con <i>M.</i> <i>incognita</i>	65
Tabla 12:	Desviación Estándar de Factor de reproducción de diez variedades de papa inoculadas con <i>M. incognita</i>	65



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Variedad nativa del cultivo de papa “ccompis” en planta y tubérculos.....	20
Figura 2:	Variedad nativa del cultivo de papa “imilla negra” en planta y tubérculos.	21
Figura 3:	Variedad nativa del cultivo de papa “imilla blanca” en planta y tubérculos	22
Figura 4:	Variedad nativa del cultivo de papa “huayro” en planta y tubérculos	23
Figura 5:	Variedad mejorada del cultivo de papa “peruanita” en planta y tubérculos	24
Figura 6:	Variedad nativa del cultivo de papa “ruki” en planta y tubérculos.....	24
Figura 7:	Variedad mejorada del cultivo de papa “altiplano” en planta y tubérculos.	25
Figura 8:	Variedad mejorada del cultivo de papa “venturana” en planta y tubérculos	26
Figura 9:	Variedad mejorada del cultivo de papa “canchan” en planta y tubérculos..	27
Figura 10:	Variedad mejorada del cultivo de papa “silver” en planta y tubérculos	28
Figura 11:	Ciclo de vida del “nematodo del nódulo de la raíz” (<i>Meloidogyne</i> spp.)	36
Figura 12:	Mapa de ubicación UNA PUNO FCA EPIA, 2019	47
Figura 13:	Mapa de ubicación UNA PUNO FCA EPIA, 2019	47
Figura 14:	Ubicación de invernadero de nematología en la FCA en la EPIA, 2019.....	47
Figura 15:	Raíces infestadas con poblaciones purificadas de <i>M. incógnita</i>	48
Figura 16:	(a) Identificación de nematodos hembras, (b) Hembras almacenadas en tubos capilares con solución tritón (c, d, e,) Extracción de hembras de los tubos capilares con micro jeringa (f, g, h, i) Corrida de gel en cubas a 80 voltios por aproximadamente 4 horas	50
Figura 17:	Población de <i>Meloidogyne incógnita</i> a través del análisis de isoenzimas (Carneiro y Almeida, 2001).	51
Figura 18:	Trabajo en laboratorio para confirmación de la población de <i>Meloidogyne incógnita</i>	51
Figura 19:	Macetas inoculadas con huevos y J2 para la evaluación de la resistencia a <i>M. incógnita</i> en invernadero distribuidas en BCA.....	52



Figura 20: Medición de altura de plantas y Peso de raíces de variedades nativas y mejoradas	53
Figura 21: Peso de tubérculos de variedades mejoradas y nativas A) canchan B) Ccompis C) Peruanita, D) imilla negra E) imilla blanca F) Altiplano G) Venturana H) Huayro I) Silver J) Ruki. N° tubérculos (Fotografía propia).	53
Figura 22: Comportamiento de Temperaturas máx. y min de la campaña agrícola 2018-2019.....	55
Figura 23: Precipitaciones pluviales de la campaña agrícola 2018-2019.....	55



RESUMEN

En nuestro país la papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerado como el cultivo alimenticio de mayor consumo por los pobladores, en tanto su productividad es mermada por factores bióticos y abióticos, quienes reducen drásticamente su rendimiento y producción. Entre los nematodos parásitos de plantas, el nematodo nodulador, que pertenece al género *Meloidogyne*, es considerado el de mayor importancia económica a nivel mundial por los daños que estos ocasionan, reduciendo directamente su producción. Sin embargo, no se tienen reportes de la reacción de resistencia y/o susceptibilidad de variedades de papa nativa y mejorada ante la presencia de *Meloidogyne incognita*. El objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta de 10 variedades de papa entre nativas y mejoradas de la región Puno al ataque de *Meloidogyne incognita* en condiciones de invernadero. Para el efecto se inocularon 5000 huevos + juveniles/planta del nematodo, en cinco variedades de papa nativa y cinco variedades de papa mejorada; distribuidas en un diseño experimental bloque completamente al azar, con 1 tratamiento y seis repeticiones. Los parámetros evaluados fueron: Altura de planta (AP), Peso fresco de la parte aérea (PFPA), Peso fresco de la raíz (PFR), Numero de tubérculos (NT), numero de nódulos en la raíz (NNR), y factor de reproducción (FR = 0, inmune; FR = ≤ 1 resistente; FR = ≥ 1 susceptible). Como resultado se determinó resistencia en las variedades Huayro, Imilla negra, Ccompis, Imilla blanca, Venturana, Silver y Canchan, mientras que en las variedades Altiplano, Peruanita y Ruki, el resultado manifestó respuesta de inmunidad a *M. incognita*.

Palabras claves: Nematodos fitoparásitos, *Meloidogyne incognita*, *Solanum tuberosum*, resistencia, inmunidad.



ABSTRACT

In our country the potato (*Solanum tuberosum* L.) is considered as the food crop of greater consumption by the residents, while its productivity is reduced by biotic and abiotic factors, which drastically reduce its yield and production. Among the parasitic plant nematodes, the root-knot nematode, which belongs to the genus *Meloidogyne*, is considered to be the most economically important world-wide because of the damages they cause, directly reducing its production. However, there are no reports of the reaction of resistance or susceptibility of native and improved potato varieties in the presence of unknown *Meloidogyne*. The aim of the present study is to evaluate the response of 10 potato varieties between native and improved from the Puno region to the attack of *Meloidogyne incognita* in greenhouse conditions. For this purpose, 5,000 eggs + juveniles of nematodes were inoculated into five native potato and five improved potato varieties; distributed in a completely randomized experimental block design, with one treatment and six repetitions. The parameters evaluated were: Plant height (AP), Fresh weight of the aerial part (PFPA), Fresh root weight (PFR), Number of tubers (NT), Number of nodules at the root (NNR), and Factor of reproduction ($FR = 0$, immune; $FR = \leq 1$ resistant; $FR = \geq 1$ susceptible). The results showed that a resistance was determined in the varieties Huayro, Imilla negra, Ccompis, Imilla blanca, Venturana, Silver and Canchan, while in the Altiplano, Peruanita and Ruki varieties, the result showed an immunity response to *M. incognita*.

Keywords: Phytoparasite nematodes, *Meloidogyne incognita*, *Solanum tuberosum*, resistance, immunity



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerado uno de los cultivos alimenticios más importantes del mundo (Scott *et al.*, 2000); permitiendo reducir la vulnerabilidad y la inseguridad alimenticia (Di Vito *et al.*, 2003). De la misma forma en nuestro país este cultivo es considerado uno de los productos alimenticios de mayor consumo por el ser humano, en tanto su productividad es mermada por factores bióticos y abióticos, quienes reducen drásticamente (Lima Medina. *et al.*, 2016).

Actualmente el cultivo presenta en el país más de 3,500 variedades de las 5 mil que existen en el mundo; en el primer trimestre del 2018, a nivel de todo el Perú se verificó un incremento de 6,8% equivalente a 5, 101.489 toneladas (MINAGRI, 2017)

En el 2018 las regiones que lideraron la producción fueron Huánuco (130 mil 120 t.), La Libertad (135 mil 419 t), Cajamarca (101 mil 557 t) y Puno (99 mil 839 t); esta última presentó un incremento de 73,7% en comparación al 2017 (INEI, 2018).

Entre las más de 700 mil familias en 19 regiones productoras de papa a nivel nacional cultivan variedades como: Camotillo, Huamantanga, Queccorani, Huayro macho, Sangre de toro, Puka soncco, Leona, Wencos, entre otras, y en la región altiplánica de importancia económica, se cultivan la imilla negra, imilla blanca. Imilla roja, sani imilla, pitiquiñas, ccompis, peruanita, mari roja, huayro y lomos (Cahuana y Arcos, 1993).

Entre los problemas fitosanitarios para el cultivo de papa, los nematodos fitoparásitos se constituyen como organismos ocasionadores de daños en la agricultura y se considera que ejercen una importante influencia en la estructura y estabilidad del



ecosistema (Van der Putten y Van der Stoel, 1998). Estos causan daño al introducirse dentro de las raíces de las plantas y alimentarse directamente de estas (Nicol, 2002).

Los nematodos son considerados enemigos no visibles en la agricultura, ocasionando pérdidas económicas en la producción de plantas cultivadas por el hombre y también afecta a aquellas plantas no cultivadas (Tihohod, 2000; Lima, 2018).

Entre los nematodos parásitos de plantas, el “nematodo nodulador” pertenece al género *Meloidogyne*, que es considerado el de mayor importancia económica a nivel mundial por los daños que ocasionan, reduciendo directamente su producción y son considerados como parásitos obligados de raíces y tubérculos (Moens y Star, 2009).

En el cultivo de la papa, las diferentes especies del género *Meloidogyne* son consideradas como los principales ocasionadores de daño a las diferentes variedades comerciales en el mundo (Brodie, 1993).

Las diferentes especies de *Meloidogyne* ocasionan síntomas como amarillamiento, reducción en el tamaño de la planta, falta de vigor, marchitez bajo estrés hídrico, formación de agallas en la raíz, y formación de protuberancias en los tubérculos, lo que finalmente inviabiliza su venta (Lima-Medina, 2013; Lima-Medina *et al*, 2016).

Entre las especies de *Meloidogyne* que atacan a la papa, destacan *M. javanica* que es considerada la de mayor importancia económica, seguida de *M. incognita*, *M. hapla* y *M. arenaria* (Carneiro *et al.*, 2018).

Para manejar adecuadamente el “nematodo nodulador”, en el cultivo de la papa, dependerá de la temporada de siembra, el nivel de infestación del suelo y las variedades a utilizarse en el área (Charchar, 1995).



La amplia gama de variedades de papas nativas (*Solanum* spp.) representan una gran reserva de diversidad genética para genes de resistencia a enfermedades (Van Der Beek *et al.*, 1998), lo que permitiría su uso adecuado en caso de nematodos parásitos. En América latina y en Europa actualmente se cuenta con programas de mejoramiento principalmente para resistencia a *M. hapla* (Pinheiro y Lopes, 2011).

El uso de variedades de papa resistentes a *Meloidogyne* spp. es una de las alternativas más empleadas por ser de muy bajos costos y eficiencia (Lima-Medina, 2018).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de papa en la región Puno, ha permitido que sus campos de producción sean considerados como zonas de sobrevivencia de diversas plagas y enfermedades (León & Romero, 2005). Entre los problemas que reducen el rendimiento en la papa están los factores abióticos; como el agua, la temperatura, el suelo, la humedad, el pH, y los nutrientes que afectan en el normal desarrollo de la planta de papa; las heladas también pueden causar severos daños en el rendimiento total (Ortiz, 1999).

Entre los factores bióticos que afectan a la papa se encuentran las plagas y enfermedades entre las cuales se tiene al complejo “gorgojo de los Andes” (*Premnotrypes* spp. y otros géneros), la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Z.), los “lackatos o gallinas ciegas” (*Bothynus relictus* S.) (Flores, et al., 2017). El “virus del mosaico rugoso” ó PVX (*Potato Virus X*), el “virus del mosaico severo de la papa” ó PVY (*Potato Virus Y*), el “virus del enrollamiento de la hoja” ó PLRV (*Potato Leaf Roll Virus*); la “ranchara” (*Phytophthora infestans* M.), la “verruca” (*Synchytrium endobioticum* S.), la “roña” (*Spongospora subterranea* W.), el “kasahui” (*Ulocladium atrum* P.); la “marchitez



bacteriana” (*Pseudomonas* spp.) y los nematodos como el “nematodo nodulador” (*Meloidogyne* spp.), el “falso nematodo del nódulo de la raíz” (*Nacobbus aberrans* T.), el “quiste de la papa” (*Globodera* spp.) (FAO, 2003; Perry y Moens, 2013).

Más de 1,400 especies de nematodos parásitos ya descritos constituyen los grupos más importantes de microorganismos que habitan en el suelo, y que, en la mayoría de veces, se tornan en uno de los problemas fitosanitarios más difíciles de controlar y por ende afecta directamente en la economía del agricultor (Gonzales y Franco, 1997). Según Barker (1998), los principales daños causados por nematodos son de tipo cuantitativo, cuyas pérdidas se estiman en 12,2% por año. Por lo tanto, estos nematodos se consideran un factor limitante en la producción de papa (Pinheiro y Lopes, 2011).

Los problemas nematológicos que afectan la producción de papa en el altiplano, son causados por especies como (*Globodera rostochiensis* W. y *G. pallida* S.); que son fitoparásitos que ocasionan perdidas y daños significativos en los rendimientos y en la calidad de los tubérculos (Cansaya, 2012). Las pérdidas ocasionadas por estos fitoparásitos en la actualidad son difíciles de estimar debido a que varían de acuerdo al nivel de infestación del terreno, población del nematodo, variedad de papa cultivada y las condiciones del medio ambiente. (Lax, et al, 2006).

Entre los géneros de nematodos que ocasionan problemas económicos, *Meloidogyne* spp. son considerados nematodos polífagos y cosmopolitas, capaces de causar daño, tanto a plantas silvestres como cultivadas; debe considerarse que las especies de este género se introducen y se alimenta de las células vivas que se encuentra dentro de las raíces, así mismo inducen a la formación de agallas de tamaño variable, ocasionando la poca absorción de nutrientes en el sistema radicular, debido a su parasitismo y su alta especialización estos ocasionan daños irreversibles en el hospedero, considerándose de



esta manera un problema mundial en los diferentes cultivos de importancia agrícola (Lima-Medina, 2018; Carneiro. *et al.*, 2018).

Entre las medidas más utilizadas en el mundo, para el control del “nematodo del nódulo de la raíz” en el cultivo de papa, se sugiere el uso de tubérculos-semillas, certificadas, la rotación de cultivos como las más adecuados para reducir el ataque del nematodo (Brown *et al.*, 1991). Los nematicidas, además de ser considerados poco efectivos, son altamente tóxicos y con capacidad de acumulación residual en los tubérculos cuando son aplicados en los surcos del cultivo de papa (Lima, *et al.*, 2016).

En consecuencia, el uso de la resistencia genética es considerada una de las prácticas de control más deseada por ser económicamente viable y accesible a los productores, además de no representar riesgos a la salud humana y al medio ambiente (Jatala, 1975).

A partir de la información anterior y al no tener antecedentes en el altiplano puneño a cerca de la resistencia o susceptibilidad que puede ocasionar el “nematodo del nódulo de la raíz” *M. incógnita* a las diferentes variedades mejoradas y nativas de papa, es que se plantea reconocer en 10 variedades, niveles de resistencia, susceptibilidad o inmunidad a la especie de nematodo.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En Bolivia en 1985, *Meloidogyne* spp. fue detectado atacando al cultivo de papa en Betanzos departamento de Potosí, a una altitud de 3100 msnm. (Cabanillas, 1985). En los años de 1993 y 1994 también se verificó la presencia de *Meloidogyne* spp. en parcelas de producción de semilla de papa de las variedades Alpha y Désiré (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*) en el departamento de Cochabamba (Flores *et al.*, 2017).



En Bolivia, se diagnosticaron campos de papa atacados, en las variedades Desirée, Waych´a por la presencia de *Meloidogyne*, encontrándose incidencia y severidad alta a muy alta por encima de los 3500 msnm en los departamentos de Potosí, Chuquisaca, Tarija y Cochabamba; así mismo se realizó un estudio profundo sobre estas poblaciones determinándose que no corresponden a especies como *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*, ni *M. javanica*, de acuerdo al análisis perineal (Ortuño *et al.*, 2013). En cambio, estudios bioquímicos y moleculares permiten una identificación exacta.

En el año 2001 en Argentina se determina que el género *Meloidogyne* se encuentra diseminado en las diferentes áreas de producción de papa *Solanum tuberosum* L. subsp. *andigenum*), además se determinó a especies cuarentenarias como *M. chitwoodi* y *M. fallax*, que causan destrucción total del cultivo (Lax *et al.*, 2006; Chaves y Torres, 2001).

En Centro América (Costa Rica) la especie *M. incognita* fue encontrada causando daños en tubérculos de papa en la variedad Floresta, ocasionando gran preocupación entre los productores e investigadores (Montero, *et al.*, 2007). Posteriormente se realizaron estudios sobre la interacción en el cultivo y el nematodo.

En Latino América se observaron mayor cantidad de especies del género *Meloidogyne* tales como *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. enterolobii*, *M. ethiopica* y *M. graminicola*, especialmente en las principales zonas paperas del Brasil. Estos nematodos causan daño a las variedades como Cristina, Asterix e BRSIPR Bel entre otros (Lima, 2013).

En investigaciones realizadas por Scurrah (2008) en el Centro Internacional de la Papa (CIP-Perú), se lograron identificar genes de resistencia en *Solanum sparsipilum* a *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*. En la actualidad la especie de *Solanum sparsipilum* viene siendo utilizada en mejoramiento en países europeos como Francia.



En nuestro país a través de marcadores moleculares fueron identificadas especies como *M. incognita* y *M. arenaria* en raíces de papa provenientes de las regiones de Apurímac y Lima (Vera, 2014).

En trabajos realizados por Lima (2013), se verificó que variedades de papa tales como Asterix, Agata, Bel, Eliza, son susceptibles a diferentes especies de *Meloidogyne*

Actualmente en la región de Puno se identificó especies como *M. incognita* y *M. hapla*, quienes presentaron fenotipos esterasa I2 y H2 respectivamente (Flores, 2017).

1.3.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la resistencia o susceptibilidad de 10 variedades de papa entre nativas y mejoradas en la región de Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Verificar la resistencia o susceptibilidad de variedades de papa nativas y mejoradas de la región Puno al nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne incognita*) en invernadero.
- Relacionar los daños ocasionados en tubérculos por *M. incognita*



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

La papa fue domesticada hace 10,000 años en el altiplano, al sureste de Perú y noreste de Bolivia, según análisis con carbono 14. No se conoce con exactitud la especie silvestre que originó las especies cultivadas diploides, y lo más probable es que esta especie haya desaparecido al cruzarse con otras especies semicultivadas o silvestres (Grun, 1990).

El cultivo de la papa *S. tuberosum* L. pertenece a la familia Solanaceae y presenta más de cuatro mil especies que se encuentran distribuidas en todo el planeta (Andre *et al*, 2007), siendo más de 190 especies silvestres que forman tubérculos, pero no son comestibles para el ser humano (Spooner y Salas, 2006).

En la clasificación de las especies cultivadas se encuentran los diploides tales como *S. ajanhuiri*, *S. stenotomum*, *S. goniocalyx* y *S. phureja*; y triploides como *S. chaucha* y *S. juzepczukii*, tetraploides (*S. tuberosum* con sus dos sub especies: ssp.andigena y ssp. Tuberosum, *S. hygrothermicum* (Ochoa, 1999).

En otras investigaciones realizadas por Spooner *et al*, (2007) clasificaron a las papas nativas en cuatro especies: *S. ajanhuiri*, *S. juzepczukii*, y *S. curtilobum* y *S. tuberosum* L. Así mismo las papas andinas que se desarrollan a lo largo de Venezuela hasta Argentina fueron denominadas como papas andinas (Huamán y Spooner, 2002).

En investigaciones realizadas por Scott *et al*. (2000), mencionan que la papa se encuentra distribuida en todas las zonas del hemisferio, a través de variedades mejoradas con resistencia a diferentes factores que puedan ocasionarle estrés.



Tiene amplia adaptabilidad bajo diferentes climas que van desde los altiplanos entre los 2000 a 4000 msnm hasta las zonas bajas o valles de la zona tórrida (intratrópicos), desde 1000 a 2000 msnm Una vez introducida en regiones nuevas, es relativamente fácil adaptarla a los sistemas de cultivo y rotación (Estrada, 2000).

2.1.2. Clasificación taxonómica de *Solanum* spp

Las especies cultivadas de la papa están clasificadas dentro de la siguiente posición taxonómica según el Sistema de Engler (Engler, 1887–1915): Información tomada (Ochoa, 1999).

Reino: Vegetal
División: Fanerógamas
Subdivisión: Angiospermas
Clase: Dicotiledóneas
Subclase: Methachlamydeae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: Solanum
Especies: *Solanum tuberosum* L.
Sub Especies: *S. tuberosum* Sub Especie.
Tuberosum
S. tuberosum Sub Especie. Andigenum

2.1.3. Variedades de papa

Ccompis

Esta variedad es de origen cusqueño (sur del Perú), considerada una planta semi-robusta, con follaje verde oscuro, flores pequeñas blancas, normalmente alcanzan una altura de 0.70m. Su rendimiento puede alcanzar de 15 a 30 t/ha, sus tubérculos son de forma redonda, con cascara rosada, pulpa blanca y con ojos profundos. Sus brotes presentan una coloración de rosado intenso. Normalmente su ciclo de vida es de 140 a 150 días con una tuberización lenta, susceptible a enfermedades como la “rancha” (*Phytophthora infestans*), verruga (*Synchytrium endobioticum*), “roña” (*Spongospora subterranea*) y heladas (Cahuana y Arcos, 2002).



Figura 1: Variedad nativa del cultivo de papa “ccompis” en planta y tubérculos
Fuente: Elaboración propia.

Imilla negra

Esta variedad es originaria del sur del Perú, la planta presenta un tamaño semi robusto, con tallos delgados y de coloración verde claro, en su final de ciclo, presenta hojas arrugadas de color verde claro. Sus tubérculos son de color morado oscuro con tendencia a ser negro, de forma redonda con pulpa amarillenta o blanca, sus brotes son de color morado, siendo considerada una variedad de ciclo de 155 a 160 días. Es considerada también como susceptible a verruga, roña y a factores abióticos como heladas (Cahuana y Arcos, 2002).

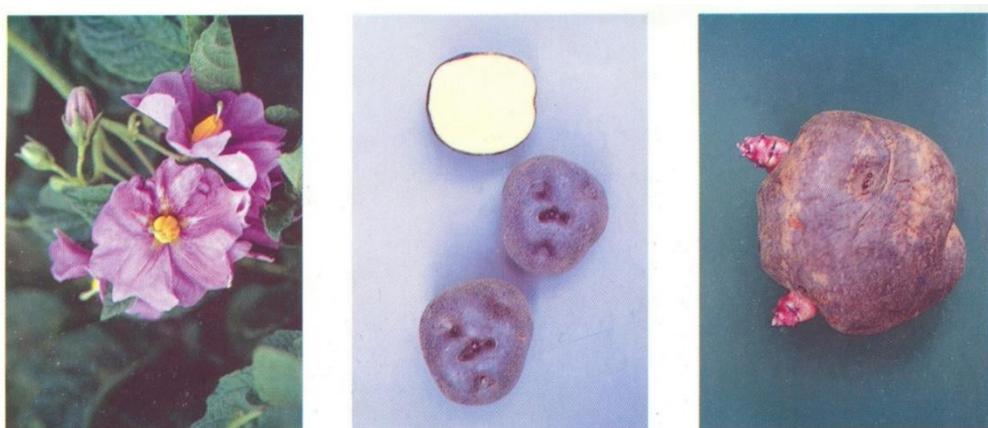


Figura 2: Variedad nativa del cultivo de papa “imilla negra” en planta y tubérculos

Fuente: Elaboración propia.

Imilla blanca

Esta variedad es considerada de origen puneño, de tamaño mediano, con tallo verde, con poco follaje, además de presentar hojas con escasa presencia de foliolos. Sus flores son de coloración blanquecina, con presencia de una estrella de color verde claro. En relación a su floración y fructificación es bastante escasa. Los tubérculos son de forma redonda, con presencia de ojos profundos, con una piel blanca y cremosa. Esta variedad es considerada semitardia con un periodo vegetativo de 140 a 150 días. En relación a su adaptación puede ser cultivada por encima de los 3700 msnm en regiones como Cusco,

Tacna, Moquegua; es altamente susceptible a la rancha y ataque de virus (Cahuana y Arcos, 2002).

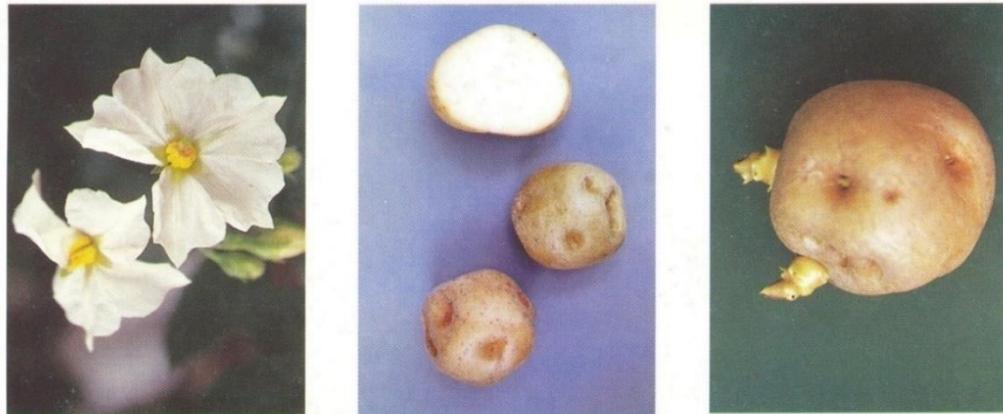


Figura 3: Variedad nativa del cultivo de papa “imilla blanca” en planta y tubérculos

Fuente: Elaboración propia.

Huayro

Esta variedad es originaria de la sierra central (Cerro de Pasco y Huánuco). Sus plantas son erectas con follaje bastante robusto, sus hojas de color oscuro, y sus flores de coloración morada, además presenta abundante presencia de flores y fructificaciones. Su rendimiento puede llegar a 30 t/ha. Sus tubérculos son de forma cilíndrica, con una cascara roja, pulpa amarilla clara e interiormente presentan un anillo vascular de coloración morado claro. Además, los tubérculos presentan ojos profundos, con brotes de color morado. Esta variedad es considerada semitardía a tardía con un periodo fenológico de 150 a 180 días, es inmune a la verruga y al ataque de virus, siendo tolerante a la rancha (Cahuana y Arcos, 2002).

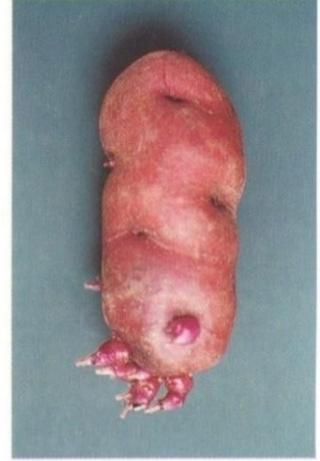
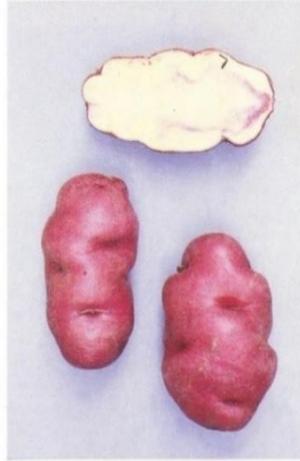


Figura 4: Variedad nativa del cultivo de papa “huayro” en planta y tubérculos
Fuente: Elaboración propia.

Peruanita

Esta variedad es originaria de la región de Apurímac, cultivándose sobre los 3000 msnm, actualmente es cultivada en regiones como Huánuco, Pasco, Junín, Huancavelica entre otros. El tamaño de la planta es mediano a grande, semierectas con tallos cuantiosos de coloración marrón verdoso, hojas verdes con intensidad oscura. Su floración es abundante con escasa fructificación sus flores son de color rojo intenso. Los tubérculos son de forma redondeada y de tamaño mediano, con ojos semiprofundos a profundos. Su piel presenta dos tonalidades como rojo con áreas amarillentas. Sus brotes son rojizos con áreas de color crema en los nudos. Su ciclo vegetativo es considerado semitardia con 160 días, susceptible a la verruga, roña y a nematodos, siendo tolerante a la ranca. (Cahuana y Arcos, 2002).



Figura 5: Variedad mejorada del cultivo de papa “peruanita” en planta y tubérculos

Fuente: Elaboración propia.

Ruki

En esta variedad las plantas son de porte mediano y semi erectos. Sus hojas son de coloración verde oscuro, con tubérculos cilíndricos alargados y de diferentes coloraciones. Su pulpa es normalmente blanca con un periodo vegetativo de 120 a 140 días, esta variedad se encuentra adaptada a altitudes sobre los 4000 msnm (Cahuana y Arcos, 2002; INIA, 2012).

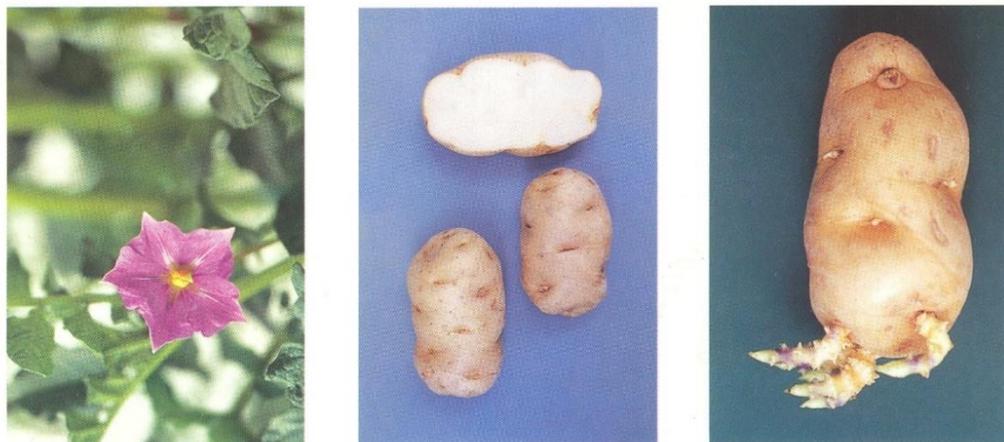


Figura 6: Variedad nativa del cultivo de papa “ruki” en planta y tubérculos

Fuente: Elaboración propia.

Altiplano

La variedad Andina fue desarrollada en la región altiplánica, por ello una buena adecuación a altitudes sobre los 3200 msnm. Las plantas con tallo de color verde y pigmentos morados. Sus hojas presentan una coloración verde oscura. Los tubérculos son redondos con pulpa blanquecina. Su ciclo vegetativo es de 140 a 160 días, siendo la formación del tubérculo lenta (Cahuana y Arcos, 2002).



Figura 7: Variedad mejorada del cultivo de papa “altiplano” en planta y tubérculos

Fuente: Elaboración propia.

Venturana

Esta variedad es de origen Ancashino (sierra norte). Presenta una coloración amarilla con jaspes de color rojo, sus ojos son superficiales y presentan poco número. Su ciclo vegetativo es de 180 días, rendimiento de 36-40 t/ha. Esta variedad en estado de



tubérculo puede almacenarse por largos periodos. Susceptible a la rancha (Cahuana y Arcos, 2002).

Figura 8: Variedad mejorada del cultivo de papa “venturana” en planta y tubérculos
Fuente: Elaboración propia.

Canchan

Proviene del cruzamiento (BI-1)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Black (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y la variedad Libertad (*Solanum tuberosum*) y el progenitor masculino Murillo III-80, que proviene del cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andígena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la rancha. Además, tiene características agronómicas buenas, como altura de planta de 90 cm, color del tallo verde claro, color de la flor lila; escasa floración, buen desarrollo con estolones y corto período vegetativo 120 días. (Cahuana y Arcos, 2002).



Figura 9: Variedad mejorada del cultivo de papa “canchan” en planta y tubérculos
Fuente: Elaboración propia.

Silver

Proviene de cruzamientos y selección realizada en la UNA-Puno FCA. Liberada en el año 1998. A estas investigaciones también aportaron investigadores del INIA-Puno. Son plantas erguidas y compactas, tallo verde oscuro, hojas anchas, verde claras. Flores lilas claros. Tuberculos con ojos superficiales, piel de color claro palido rosado con algunas manchas, brotes rosados. Periodo vegetativo de 110 a 120 días, tuberización temprana, estolones cortos. Rendimientos de has 30-40 t/ha. Ligeramente tolerante a ranca. (Cahuana y Arcos, 2002).



Figura 10: Variedad mejorada del cultivo de papa “silver” en planta y tubérculos
Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Características Generales de los Nematodos fitoparásitos

Los nematodos son organismos invertebrados evolutivamente exitosos, diversos y abundantes en sistemas acuáticos y edáficos, especialmente en aquellos que proveen fuentes de carbono orgánico y nitrógeno (Sánchez *et al.*, 2002). Generalmente son encontrados en todo el mundo (Coyne, Nicol y Claudius-Cole, 2007).

Evans *et al.*, (1998), indican que la palabra nematodo viene de nematoide (como hilo) y alguno de los nombres más comunes que tienen son: gusanos redondos, anguílulas, filiformes, etc. Los nematodos son un grupo altamente diferenciado de los invertebrados, que se clasifican como un phylum separado del reino animal. La categoría de Phylum se divide en dos clases Adenoforea y Secernentea; en ambas hay especies de nematodos parásitos de importancia económica para los vegetales.

Tihohod (2000), menciona que los nematodos son gusanos redondos, de simetría bilateral, no segmentados, incoloros (transparentes) y circulares. Tanto el macho como la hembra tienen una forma típica de aguja (fusiforme), pero algunas especies tienen dimorfismo sexual; la hembra adulta toma la forma de pera, limón o riñón, llegando a ser



sedentarios, en cambio el macho sigue con la forma de aguja. El largo varía de 0.5 a 5 mm. Los machos son generalmente más pequeños que las hembras. El cuerpo está cubierto con una cutícula y una capa muscular que permite el movimiento ondulatorio del nematodo. El sistema digestivo empieza con la abertura bucal, en los parásitos la cavidad bucal tiene un estilete en forma de aguja hipodérmica que le sirve para penetrar las células de las plantas y succionar su contenido, luego viene el esófago que contiene las glándulas salivales necesarias para la digestión de los alimentos. El esófago conecta con el intestino que da al recto y termina en el ano.

Los nematodos fitoparásitos son considerados un grupo diversificado, debido a que se encuentran tanto de hábitos parasíticos como de vida libre. Están distribuidos por todo el hemisferio tanto en climas fríos hasta climas calientes (Coyne, *et al.* 2007).

En campos agrícolas es imposible su visualización, manifestándose solamente sus daños a través de la sintomatología que es observada en plantas (Nazareno y Gomes, 2010).

2.1.5. Alimentación de los nematodos fitoparásitos

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

Los nematodos en el suelo se mueven, intercalando con periodos de dormancia hasta que su hospedero sea localizado para su alimentación, esto es realizado por un estímulo químico atrayente. Una vez localizado su hospedero, el nematodo a través de su estilete realiza perforaciones de prueba en el tejido de la raíz, hasta encontrar un punto de alimentación. Cuando el estilete penetra en la raíz, este esparce exudados hacia las células de donde posteriormente extrae el contenido celular (Freitas, Neves, Olivera, 2007).



2.1.6. Ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos

Magunecelaya (1995), sostiene que en todos los nematodos el ciclo de vida consta de seis estados: huevo, cuatro estados juveniles o larvarios y el adulto. Al pasar de un estado a otro hay una muda de la cutícula mediante la ecdisis; la primera muda se produce dentro del huevo.

Magunecelaya (1995) La mayoría de los nematodos que habitan en el suelo, como consecuencia de su alimentación, se pueden clasificar en tres grupos:

- Saprófagos: que obtienen su alimento directamente de la materia orgánica en descomposición o de microorganismos asociados a la putrefacción.
- Predadores: se alimentan de pequeños animales, incluyendo otros nematodos.
- Parásitos de plantas: que se alimentan de hongos, algas y vegetales.

Aunque todas las partes de la planta pueden ser afectadas por estos parásitos (raíces, tallos, brotes, hojas, flores y semillas), el tipo de daño varía de acuerdo a las especies de nematodos y a las plantas hospederas.

2.1.7. Formas de penetración de los nematodos fitoparásitos

Según Towwshend (1987), el nematodo puede penetrar cualquier parte de la raíz, pero prefiere las zonas donde hay mayor cantidad de pelos absorbentes.

La forma de penetración a los tejidos es de la siguiente manera: los nematodos sondean, pinchan y parcialmente digieren la pared de las células en la epidermis, luego se dirigen hacia el contenido de la célula. El mismo patrón de ataque es repetido cuando los nematodos migran de un lado a otro y se alimentan de la corteza de la raíz.

Las larvas en el segundo estadio larval infectivo generalmente entran en la raíz justamente sobre la caliptra (punta de la raíz). Se mueven principalmente entre las células



no diferenciadas de la raíz y finalmente, se colocan con sus cabezas en el cilindro central en desarrollo, cerca de la región de la elongación celular, y con sus cuerpos en la corteza. Con sus estiletes perforan las paredes de las células e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas. Estas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular y aumentan la proporción de la división celular en el periciclo. Esto da lugar a la formación de células gigantes formadas por un agrandamiento de las células (hipertrofia), debido a la posible disolución de paredes celulares, a un agrandamiento del núcleo y a cambios en la composición de los contenidos celulares. Al mismo tiempo hay una intensa multiplicación de células vegetales (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva. Usualmente estos cambios son acompañados por el engrosamiento de la raíz para formar agallas (Taylor y Sasser, 1983).

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

La etimología del género *Meloid* proviene del griego melón (manzana o calabaza) + oides, oid (semejante) + gyne (mujer o hembra) = hembra como manzana. La escritura correcta actualmente es de Goldi, *Meloidogyne* escrito en la literatura nematológica (Sasser, 1977; Tihohod, 2000).

2.1.9. Historia de *Meloidogyne spp*

En agosto de 1877, en la provincia de Rio de Janeiro, Brasil, Jobert (1878) al observar árboles de café enfermos encontró raíces fibrosas con numerosas agallas, algunas de ellas terminales, otras a lo largo de la raíz y, otras, más escasas, en las raíces laterales. Las agallas terminales eran piriformes, puntiagudas y frecuentemente encorvadas. Las más grandes eran del tamaño de una arveja pequeña y contenían quistes de paredes hialinas. También tenían huevos elípticos encerrados en membranas hialinas que contenían pequeños animales vermiformes. Notó que los gusanos emergían de los huevos, salían de las raíces y se encontraban en grandes cantidades en el suelo.



Aparentemente Jobert no tuvo tiempo de realizar estudios más amplios antes de redactar su informe (Sasser, 1977).

En 1887 Goldi investigó el mismo problema y publicó en un documento, él señaló al nematodo del nódulo de la raíz como *Meloidogyne exigua* como la causa de la enfermedad y como la especie característica de un nuevo género. Diez años después, Goldi en 1897 investigó el mismo problema y publicó un documento de 105 páginas acerca de la enfermedad de los cafetales. Señaló al nematodo del nódulo de la raíz como *Meloidogyne exigua* siendo la causa de la enfermedad y como la especie característica de un nuevo género. Posteriormente, la especie y el género fueron sinonimizados primero como *Heterodera radicola* G. y después como *Heterodera marioni* C., hasta que fueron restablecidos por Chitwood en 1949 quien también re-describió las cuatro especies más comunes y ampliamente distribuidas: *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla* (Sasser, 1977).

2.1.10. Importancia del género *Meloidogyne*

Meloidogyne es considerado uno de los géneros de nematodos más importantes, debido a las pérdidas que produce en los cultivos (Doucet, 1993), incluyendo monocotiledóneas, dicotiledóneas, anuales o perenes. Causando perjuicios en la producción de las plantas infectadas, tanto en términos cuantitativos como cualitativos (Einsenback, Triantaphylou, 1991). Además de plantas cultivadas, los nematodos poseen la capacidad de multiplicarse en plantas invasoras presentes en áreas de cultivo, ya que muchas son hospederas naturales de estos parásitos, multiplicando el inóculo e impidiendo la interrupción del ciclo del patógeno, dificultando el manejo del control (Lordello *et al*, 1988)

Son considerados los de mayor importancia agrícola, pues poseen varias especies hospedadoras y gran distribución mundial (Carneiro, *et al.*, 2000). Originando pérdidas a



nivel mundial que se estima superan los US\$ 100 billones (Bird y Kaloshian 2003), siendo más de la mitad de estas pérdidas atribuidas a *Meloidogyne* spp (Bent *et al.*, 2008). Según Nicol *et al.* (2011), las pérdidas en los cultivos anuales causadas por nematodos fitoparásitos equivalen aproximadamente 8,8 a 14,6 % del total producido equivalente a US\$ 100-157 billones en el mundo.

2.1.11. Ubicación taxonómica

El género *Meloidogyne* es considerado uno de los más importantes nematodos parásitos de plantas en todo el mundo (Trudgill y Blok, 2001), debido a su amplia distribución mundial y a la amplia gama de hospederos que atacan (Bridge y Star, 2007).

Según Perry y Moens, (2014), la ubicación taxonómica de este género es de la siguiente manera:

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: *Meloidogyne*, Göldi 1892.

2.1.12. Características generales del género *Meloidogyne*

El género *Meloidogyne* spp., es considerado uno de los grupos de nematodos formadores de nodulaciones en la raíz, y comprende más de 90



especies descritas. La palabra *Meloidogyne* es de origen griego y significa hembra con forma de manzana (Perry y Moens, 2013).

Agrupar especies, con características de endoparásitos sedentarios que se alojan principalmente en el sistema radicular de una amplia gama de plantas cultivadas (alrededor de 2000) (Hussey y Janssen, 2002).

El nematodo se incrusta en las raíces y provoca la aparición de células gigantes (hipertrofia) que forman agallas, esta estructura evita la absorción de los diferentes elementos y nutrientes del suelo. Los síntomas ocasionados por el “nematodo del nódulo de la raíz”, son semejantes a los producidos por deficiencia o por ataque de otros patógenos (Perry y Moens, 2013).

Actualmente ya fueron descritas más 100 especies (Carneiro *et al.*, 2000), donde destacan *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. javanica* y *M. incognita*, quienes son consideradas las responsables de las mayores pérdidas económicas para el agricultor (Sasser, 1989; Lima, 2018). Debido a su gran importancia en la agricultura muchas de las especies aún son consideradas como cuarentenarias

2.1.13. Ciclo biológico del género *Meloidogyne*

El ciclo de vida se completa en alrededor de 22 a 30 días, siendo directamente influenciado por la temperatura del suelo. Así, para las especies *M. javanica*, *M. incognita* y *M. arenaria*, las temperaturas óptimas están entre 25 y 30°C, por encima de 40°C o debajo de 5°C, cualquier especie reduce sus actividades vitales, pudiendo cesarlas (Ferraz, 2001).

El ciclo de vida inicia con el desarrollo del huevo, que comienza breves horas después de la ovoposición, donde ocurre el primer estadio (J1) observándose

el primer estado juvenil completamente formado, enrollado y con un estilete, el cual se mueve dentro del huevo, pero no es muy activo. (Figura 1)

Después de sufrir el primer cambio, se desarrolla el segundo estado juvenil o segundo estadio (J2), que emerge del huevecillo rompiendo la membrana flexible, por medio de pinchazos repetidos con el estilete. La eclosión de los huevos es influenciada por la temperatura y ocurre sin requerir ningún estímulo por parte de la raíz de la planta, sin embargo, los exudados radiculares algunas veces estimulan la eclosión (Taylor y Sasser, 1983; Karssen y Moens, 2006). El juvenil de segundo estado que ha emergido cae al suelo donde se desplaza hasta encontrar una raíz susceptible (Perry *et al.*, 2009) de la que pueda alimentarse (Moens *et al.*, 2009). El segundo estadio (J2) es de forma vermiforme y es la única etapa infectiva de este nematodo (Tihohod, 2000), la fase infectiva se establece mediante la inyección de las secreciones procedentes de las glándulas subesofágicas dorsales (Hussey y Mims, 1991), a través del estilete ocasionando hiperplasia e hipertrofia de las células (Agrios, 2005). Después de la penetración los J2 se tornan sedentarios y aumentan de grosor, tomando la forma de una salchicha (Tihohod, 2000).

Posteriormente el nematodo sufre una segunda muda y da lugar al tercer estado juvenil o tercer estadio (J3), el cual es similar al J2, cuya diferencia radica en que el estilete y el bulbo esofágico medio desaparecen (Taylor y Sasser, 1983).

El J3 sufre una tercera muda el cual da origen a un cuarto estado juvenil o cuarto estadio (J4), en el cual es posible distinguirlos ya como un individuo macho o hembra. (Perry *et al.* 2009).

El macho de la cuarta etapa es vermiforme y sufre una última muda y emerge de la raíz ya como adulto. No hay evidencia de alimentación por parte de

machos adultos y pueden ser encontrados en especies partenogénicas cuando las condiciones son desfavorables para el desarrollo de la hembra, por ejemplo, cuando las densidades son muy altas y hay una limitación del suministro de alimentos. Los machos probablemente viven sólo semanas (Taylor y Sasser, 1983; Moens *et al.*, 2009). Respecto a la hembra de la cuarta etapa continúa aumentando de grosor y un poco más de longitud, sufriendo la última muda y desarrollándose como hembra adulta de forma piriforme. Las hembras pueden producir huevos por dos a tres meses y viven algún tiempo más después de que cesa la producción de huevos. El ciclo termina cuando la hembra pone su primer huevo (Taylor y Sasser, 1983).

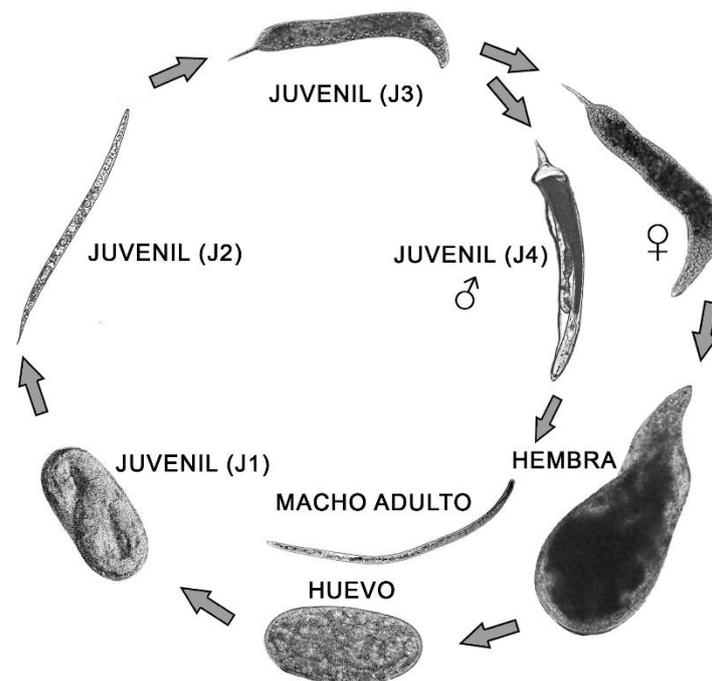


Figura 11: Ciclo de vida del “nematodo del nódulo de la raíz” (*Meloidogyne* spp.)
Fuente: Elaboración propia.

2.1.14. Condiciones favorables para el ciclo biológico de *Meloidogyne* spp



Las condiciones óptimas para el desarrollo de *Meloidogyne* spp. se dan a temperaturas que fluctúan entre 25 a 30°C, para las especies más importantes (Van Gundy, 1985). Así mismo, Lordello (1977) menciona que la temperatura es uno de los factores más importantes que afecta su supervivencia, distribución, embriogénesis, eclosión, migración, penetración, desarrollo y expresión de síntomas en la planta. En temperaturas entre 27,5°C a 30°C las hembras se desarrollan de la etapa juvenil a la etapa de deposición de huevos en 17 días; a 24,5°C en 21 a 30 días; a 20°C en 31 días; y a 15,4°C en 57 días. A temperaturas inferiores a 15,4°C o superiores a 33,5°C las hembras no llegan a alcanzar su madurez (Taylor y Sasser, 1983). Sin embargo, dentro del género *Meloidogyne*, hay dos grupos; termófilos y criófilos, según su capacidad de sobrevivir las transiciones de fase de lípidos que se producen a 10°C. *Meloidogyne chitwoodi*, *M. hapla* y *Meloidogyne naasi* son criófilos y pueden sobrevivir en el suelo a temperaturas de hasta por debajo de 10 °C, mientras que *M. javanica*, *M. arenaria* y probablemente *Meloidogyne exigua* son termófilos y no sobreviven en el suelo a temperaturas inferiores a 10 °C (Evans y Perry, 2009).

2.1.15. Formas de reproducción del género *Meloidogyne*

Chitwood y Perry (2009) señalan tres tipos de reproducción en el nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.), las cuales son:

a) **Anfimixis**

Donde el esperma de los machos fertiliza los ovocitos en las hembras y posteriormente se produce una meiosis.

b) **Partenogénesis meiótica facultativa**

Estando presente los machos se produce una anfimixis, pero en su ausencia, se lleva a cabo una meiosis en los ovocitos, con dos de sus propios



núcleos, con una reducción de complemento cromosómico, para posteriormente fusionarse (automixis).

c) **Partenogénesis mitótica obligada**

En esta forma de reproducción los machos no están involucrados y uno de los dos núcleos producidos durante la división mitótica inicial dentro del ovocito se deteriora y el otro se convierte en el precursor del embrión posterior (apomixis).

De las 37 especies de *Meloidogyne* descritas por Taylor y Sasser (1983) solo siete fueron anfimícticas. Al igual que varios nematodos fitoparásitos del suelo, la mayoría de las especies de *Meloidogyne* spp. son partenogénicas. Aunque las especies que son importantes en la distribución geográfica e impacto agronómico tienen un modo de reproducción apomíctico. Las poblaciones de una misma especie de *Meloidogyne* pueden ser diferentes en el modo de reproducción, ese es el caso de *M. hapla*, donde 29 de las 32 poblaciones estudiadas se reprodujeron por partenogénesis meiótica facultativa (Chitwood y Perry, 2009).

En su mayoría de especies anfimícticas y automícticas de *Meloidogyne* son diploides, con un número haploide de cromosomas (18). En cuanto que la mayoría de las especies apomícticas son poliploides o aneuploides y por lo general muestran una amplia variación en el número de cromosomas ($2n = 30-55$ cromosomas) (Chitwood y Perry, 2009).

Las diferencias entre especies de *Meloidogyne* spp. también se observa en su proporción de machos y hembras, las especies con fertilización cruzada normalmente tienen una proporción de 1:1, en cuanto que las especies que se



reproducen por partenogénesis facultativa u obligatoria como *M. hapla* y *M. incognita* tienen valores variables de dicha proporción (Moens *et. al*, 2009).

A nivel de géneros, cuando son comparados *Meloidogyne*, *Globodera* y *Heterodera*, estos presentan un cromosoma sexual ausente, además la presencia de machos y hembras pueda estar relacionado con los factores medio ambientales. En reproducciones por partenogénesis meiótica y mitótica y las temperaturas extremas, pueden dar a lugar la formación de machos por inversión sexual (Chitwood y Perry, 2009). La inversión sexual normalmente ocurre en condiciones desfavorables para el nematodo, donde la hembra se transforma en un macho. Estos machos normalmente presentan de 1 a 2 gónadas con un solo testículo, cuando son comparados con un macho normal (Eisenback y Hunt, 2009).

En el caso de la humedad los huevos del género *Meloidogyne* sobreviven en una amplia variación en el suelo (Tihohod, 2000). La sequía excesiva puede frenar o incluso matar al nematodo, igual ocurre con el encharcamiento prolongado, que por falta de oxígeno en el suelo, el nematodo es también afectado. Todos los juveniles de segundo estado requieren una película de agua de cierto grosor para su circulación en el suelo (Curtis *et al*. 2009).

2.1.16 Sintomatología por la presencia del género *Meloidogyne* spp

Los nematodos del género *Meloidogyne* se reproducen y alimentan de células vegetales vivas modificadas en la raíz, en las que induce la formación de nódulos, de allí es de donde proviene su nombre común. Los síntomas aéreos son similares a los producidos en plantas que tienen un sistema radicular afectado y en mal funcionamiento, el tamaño y la forma del nódulo dependen de la especie de nematodo, número de nematodos en el tejido de la raíz, grado de



susceptibilidad y edad de la planta hospedante. En los nódulos formados puede haber una o más hembras adultas, localizadas en el cilindro central. Con respecto a la especie de nematodo; *M. hapla* es especialmente conocida por la alta incidencia en las raíces adventicias que se desarrollan a partir de nódulos radiculares (Moens *et. al*, 2009).

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. (Luc *et al*, 1990; Moens *et al*, 2009; Lima, 2018).

Además de la formación de nódulos, las raíces de plantas fuertemente infectadas son mucho más cortas, con menos raíces laterales y menos pelos radiculares; lo que conlleva a la reducción del sistema radicular. La deformación en las raíces y su ineficiencia causan un desarrollo limitado; con una menor cantidad de hojas, las cuales son pequeñas y de color verde pálido o amarillento; se observa marchitez y otros síntomas propios de la deficiencia de agua y nutrientes, aun cuando éstos abunden en el suelo (Agrios, 2004).

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, como falta de vigor y marchitez bajo estrés hídrico. La infección secundaria por otros patógenos a menudo resulta por una alta descomposición de los tejidos infectados. Al alterar la fisiología de las plantas hospedantes, los nematodos no sólo pueden reducir el rendimiento de los cultivos, sino también la calidad del producto (Moens *et al*, 2009). *M. hapla*



produce pequeñas agallas similares a las causadas por *Nacobbus* (Bridge y Starr, 2007; Alarcon & Jatala, 1977).

2.1.17 Identificación del género *Meloidogyne* spp

La identificación precisa de las especies del género *Meloidogyne* es difícil, y a veces, basada en caracteres subjetivos; además, el diagnóstico es bastante dificultoso por el elevado número de especies descritas, presencia de especies crípticas y por la existencia de variabilidad intra-específica. Además, existe la problemática en relación al concepto de especie para organismos predominantes partenogénéticos (Trudgill, 1991; Roberts, 1995; Hunt y Handoo, 2009). Los principales métodos empleados en el diagnóstico de *Meloidogyne* spp., son caracteres morfológicos y sobre todo caracterización bioquímica y molecular (Eisenback y Hunt, 2009). Sin embargo, la identificación morfológica requiere de una gran habilidad y podría no ser confiable (Xu, *et al*, 2004). Las técnicas bioquímicas se basan en la comparación de aminoácidos por electroforesis y serología. La electroforesis en gel de poliacrilamida provee de una técnica de alta resolución para separar moléculas proteicas en base a su peso molecular y carga neta (Magunacelaya y Dagnino, 1999).

2.1.18 Respuesta de plantas a *Meloidogyne* spp

Para el manejo adecuado de los nematodos fitoparásitos debe considerarse la variedad de papa, la época de plantación y el nivel de infestación del suelo donde será plantado la papa (Charchar, 1995; Charchar y Moita, 2001). El uso de la resistencia genética es considerado una de las prácticas de control más deseadas por ser considerada la más económica y la más accesible a los productores, aparte de no representar riesgos para la salud humana y al medio ambiente.



Al respecto Cook (1974) y Canto-Sáenz (1985), manifiestan que, para una evaluación más completa de la respuesta de las plantas al ataque de nematodos, es necesario medir los parámetros de reproducción del nematodo y el daño causado a la planta por el fitoparásito. Señalan que la eficiencia del hospedero u hospedero eficiente está dada por el grado de reproducción del nematodo que resulta de dividir la población final (Pf) del nematodo entre la población inicial (Pi), dando como resultado las siguientes clases de hospederos: hospedero eficiente (susceptible) cuando la relación $Pf/Pi > 1$ y hospedero no eficiente (resistente) cuando la relación $Pf/Pi < 1$. Indican además que la eficiencia del hospedero es expresada por el número de veces que la población inicial (huevos/g. de suelo o por g de raíz) es incrementada o es reducida.

De esta manera en términos simples, la resistencia puede ser definida como el carácter o caracteres, de una planta que inhibe la reproducción de un nematodo; sin embargo, es necesario considerar que la respuesta de las plantas varía grandemente incluso dentro de la misma especie (Tihohod, 2000). Algunas plantas pueden mostrar agallamiento extremo del sistema radical y otras no, pero el incremento del nematodo puede ser similar, otras especies de plantas pueden mostrar agallamiento de la raíz, pero la reproducción del nematodo puede ser reducida (Revelo *et al.*, 2006).

Silva y Santos (2007), mencionaron que las diferencias de la susceptibilidad en cultivos como el rabanito a *Meloidogyne* varían en función de las razas de *M. incognita*.

Aguirre *et al.* (2002), reportó el efecto detrimental que puede causar *M. incognita* en el cultivo de beterraga, al observarse un límite de tolerancia muy bajo; de 0,12 huevos + J2 cm⁻³ de suelo, y elevadas pérdidas máximas de 75%.



Charchar y Moita (1996), encontraron en un estudio en lechuga en el que evaluaron las variedades “Chile 1185-3” y “Black Seeded Simpson”, a los 25 y 30 días después de la inoculación en tres niveles de inóculo del nematodo (0,5 J2 g-1 suelo; 1,5 J2 g-1 suelo y 2,5 J2 g-1 suelo). Se manifestó la susceptibilidad de las variedades observándose los síntomas y daños en el sistema radical y la producción de ootecas y huevos a los 30 días. Se demostró que la extracción de las raíces de lechuga, utilizada como planta trampa de *Meloidogyne incognita*, de ser extendido este período, se perdería el objetivo de esta práctica cultural, con la consiguiente reinfestación del suelo, una vez que las larvas contenidas en los huevos lleguen a eclosionar (Hernández *et al.* 2008). En otro estudio publicó que el uso de cultivares de lechuga tipo crespo, con mayor grado de resistencia puede reducir considerablemente, el potencial de inóculo de nematodos de campo; sin embargo, los cultivares de tipo liso, son los más susceptibles a los nematodos Vivanco-Gómez (2014), encontró que cuatro variedades de pepino, presentaron mayor susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*, seguido por variedades de tomate Caribe y Floradade y la variedad de lechuga Greak Lakes. Se explica, que la mayor preferencia del nematodo nodulador hacia raíces suculentas, debido a ser ricas en aminoácidos, agua y nutrientes.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agalla: Estructuras de tipo tumoral inducidas por insectos y otros artrópodos, nematodos, hongos o bacterias.

Anfimixis: Proceso por el cual culmina y finaliza la fecundación.

Caracterizar: Determinar las cualidades o rasgos característicos de una persona o un objeto.



Dimorfismo sexual: Diferenciación de la morfología de hembras en relación a los machos.

Densidad población: Determinación de un número de individuos en una localidad o muestra.

Diseño perineal: Patrón de marcas cuticulares alrededor de la vulva.

Endoparásito: Organismo que vive dentro de un hospedero

Ectoparásito: Organismo que vive en la parte exterior de otro organismo

Electroforesis de isoenzimas: Metodología que es utilizada para la separación de proteínas a través de la migración para su posterior identificación

Estilete: Aparato bucal delgado, largo y en forma de punta, donde inyecta al tejido de la raíz una secreción.

Fitófago: insecto y/otro organismo que se alimenta de materias vegetales

Hermafroditismo: o también denominado intersexualidad se refiere a todo ser vivo con características de ambos sexos.

Hospedero: Organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de parásito.

Identificar: Reconocer mediante características específicas propias de una especie.

Infestación: Invasión de un organismo vivo por agentes parásitos externos o internos.

Nematodo Fitoparásito: Nematodos de forma vermiforme, que presenta un estilete, con habilidad de introducirse y succionar secreciones de las células vegetales para su alimentación.

Sedentario: Que permanece siempre en el mismo lugar. Adjetivo que apunta a todos aquellos seres vivos de pocos movimientos.



Ovocito: Gametocito hembra que participa en la reproducción de nematodos.

Parasitismo: Se produce cuando un individuo vive a expensas de otro con la finalidad de perjudicarlo.

Piriforme: Forma de pera.

Resistencia: Capacidad de un huésped para suprimir el desarrollo de nematodos y la reproducción.

Saprófago: organismo que se alimenta de materiales orgánicos en putrefacción

Sedentario: Una vez encontrado el local de alimentación permanece siempre en el mismo lugar.

Susceptibilidad: capacidad del hospedero para permitir que el parasito se multiplique en grandes cantidades

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 Hipótesis general

Existe resistencia y susceptibilidad de variedades de papa nativa y mejorada a *Meloidogyne incognita*

2.3.2 Hipótesis específica

- Existen variedades de papa nativas y mejoradas, resistentes y susceptibles a *M. incognita*.
- Se verifica daños ocasionados en tubérculos por *M. incognita*



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento:

Ubicación Política:

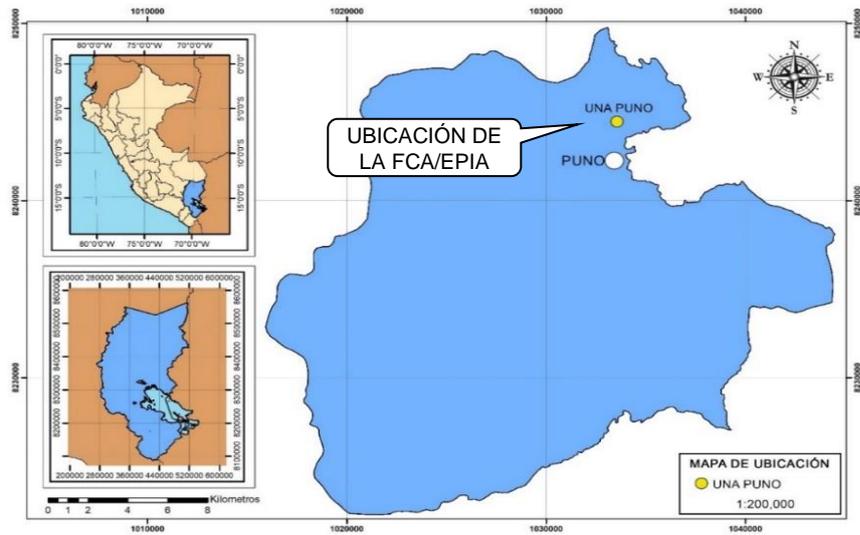
Región: Puno
Provincia : Puno
Distrito : Puno
Ciudad Universitaria: UNA PUNO/FCA/EPIA

Ubicación Geográfica:

Longitud : 70° 01'09"
Latitud : 15° 49'20"
Altitud : 3918 msnm

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de octubre 2018 y marzo del 2019.

La resistencia y/o susceptibilidad de papas nativas y mejoradas a *M. incognita*, fueron instaladas en el invernadero a $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dependiente del laboratorio de Entomología-área de Nematología de la Facultad de Ciencias Agrarias (Figura 2, 3 y 4), por un periodo de 90 días



. Figura 12: Mapa de ubicación UNA PUNO FCA EPIA, 2019



Figura 13: Mapa de ubicación UNA PUNO FCA EPIA, 2019



Figura 14: Ubicación de invernadero de nematología en la FCA en la EPIA, 2019.

3.2. Multiplicación del inóculo *Meloidogyne incognita*

El inóculo utilizado fue una población purificada de *M. incognita*, multiplicada en plantas de papa (susceptible) en condiciones de invernadero (Figura 5), especie de nemátodo que fue analizado periódicamente a través de electroforesis e isoenzimas (Carneiro y Almeida, 2001).

La población de *Meloidogyne* recolectada fue procedente de áreas de producción de papa del distrito de Copani provincia de Yunguyo -Puno muestra que fue corroborado con la técnica de isoenzimas (Carneiro, *et al*, Almeida, 2001).



Figura
15:

Raíces infestadas con poblaciones purificadas de *M. incognita*
Fuente: fotografía propia

3.3. Obtención de huevos y juveniles de *Meloidogyne incognita* a través de la Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972)

- 1) Las raíces infestadas, colectadas del campo y multiplicados en invernadero fueron lavadas cuidadosamente y cortadas en pedazos de aproximadamente 1cm, posteriormente fueron transferidos a la licuadora, adicionándose una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl = agua destilada en concentración de 0.5 %).
- 2) Luego se trituraron las raíces en la licuadora por 1 minuto en máxima velocidad
- 3) Culminado el periodo de tiempo, los restos de raíz fueron pasados por los tamices de 60, 100 y 400 Mesh, con la ayuda de chorros fuertes de agua con una piseta, se recolectó 50 ml de la suspensión de nematodos a un Becker.
- 4) Posteriormente la suspensión fue colocada en los tubos de centrifugación y se realizó el mismo procedimiento realizado anteriormente.

3.4. Caracterización isoenzimática de *Meloidogyne incognita*

El procedimiento se realizó de acuerdo a Carneiro y Almeida, 2001, el cual se detalla a continuación: (Figura 16)

- 1) Veinte hembras adultas de *M. incognita* de coloración blanca lechosa, fueron retiradas de las raíces de papa con la ayuda de una aguja de punta fina en el estereoscopio. (Fig 16A).
- 2) Cada hembra retirada del interior de la raíz fue colocada en un tubo capilar que se encontraba con una solución de 2-3 uL del tampón de extracción. (Fig 16B.)
- 3) Una vez extraídas las hembras, fue preparado el gel de poliacrilamida al 6%. (Fig 16C.)

- 4) Luego 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 electroforética a una fuente de energía a 80 voltios. (Fig 16F.)
- 6) Después de la migración de 5 cm del azul de bromofenol en el gel (2 a 3 horas) posteriormente el gel, fue sometido a la enzima esterase, utilizando una solución de 50 ml de tampón fosfato al 1%. (Figura 17)
- 7) Posteriormente, el gel fue llevado a una incubadora a 37°C durante unos 20 a 30 minutos hasta que las bandas esterásticas (oscuros) aparezcan sobre fondo claro.
- 8) La identificación de especies se realizó mediante el cálculo de la movilidad relativa (Rm) de cada banda polimórfica en relación a la primera banda de *M. javanica*. (Esbenshade y Triantaphyllou, 1985). (Figura 17)

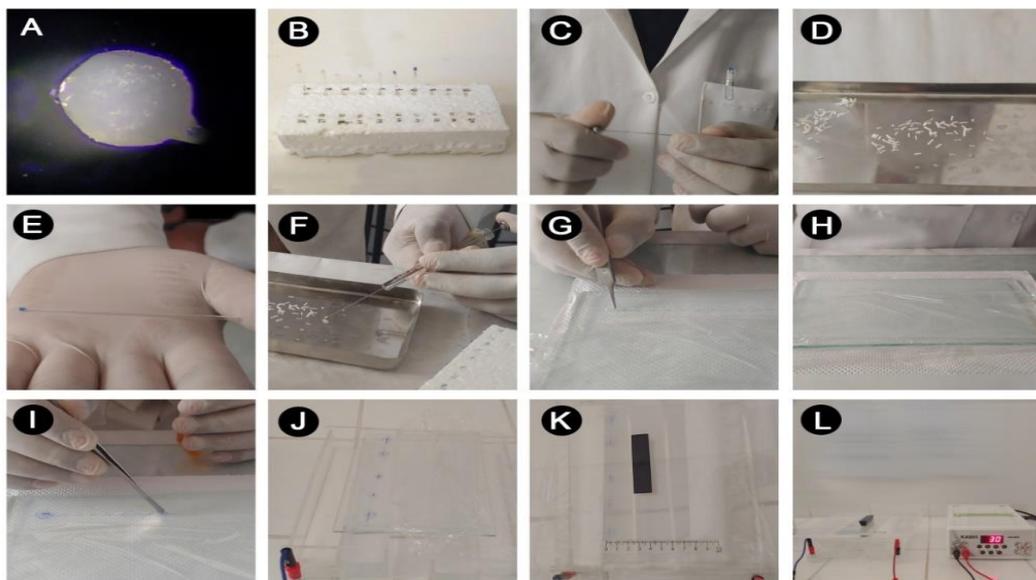


Figura 16:(a) Identificación de nematodos hembras, (b) Hembras almacenadas en tubos capilares con solución tritón (c, d, e,) Extracción de hembras de los tubos capilares con micro jeringa (f, g, h, i) Corrida de gel en cubas a 80 voltios por aproximadamente 4 horas Fuente: fotografía propia

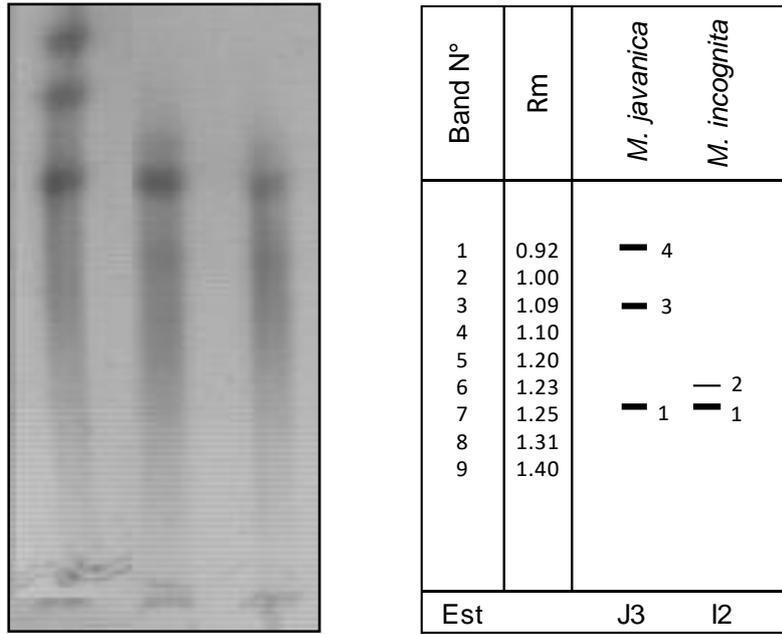


Figura 17: Población de *Meloidogyne incognita* a través del análisis de isoenzimas (Carneiro y Almeida, 2001).



Figura 18: Trabajo en laboratorio para confirmación de la población de *Meloidogyne incognita*.

Fuente: fotografía propia

3.5. Evaluación de la resistencia de variedades de papa a *Meloidogyne incognita*

- La Evaluación de la resistencia se realizó en el invernadero del laboratorio de entomología área de Nematología de la Facultad de Ciencias Agrarias en un ambiente controlado a $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 - El suelo utilizado en macetas fue esterilizado en autoclave a $120^{\circ}\text{C}/2$ horas con la finalidad de eliminar patógenos y germinación de semillas de plantas espontáneas; y posteriormente se adiciono sustrato en una proporción de 2:1 de tierra con arena.
 - Cinco variedades de papa nativa (huayro, imilla blanca, ruki, imilla negra y ccompis) y cinco variedades de papa mejorada (venturana, canchan, silver, altiplano, peruanita) de la región Puno fueron evaluados en cuanto a la respuesta a la especie de *M. incognita*.
- 1) Plantas con 2 a 3 cm de altura fueron inoculadas con 5000 huevos + juvenil (J2)/planta con *M. incognita* (Figura 19); como testigo fue utilizada la misma variedad de papa en cada tratamiento como repetición.



Figura 19: Macetas inoculadas con huevos y J2 para la evaluación de la resistencia a *M. incógnita* en invernadero distribuidas en BCA

Fuente: fotografía propia

- 2) Antes que las plantas de papa entren en senescencia, fueron evaluadas, en los parámetros de: Altura de la planta (AP) (Figura 20), peso fresco de la parte aérea de la planta (PFPAP), peso de la raíz (PR) (Figura 20), número de tubérculos (NT) (Figura 20), número de protuberancia en tubérculo (NPT), número de nódulos (NN), número de huevos y juveniles (NHJ) y el factor de reproducción (FR).



Figura 20: Altura de las plantas y Peso de raíces de variedades

nativas y mejoradas.

Fuente: fotografía propia



Figura 21: Peso de tubérculos de variedades mejoradas y nativas A) canchan B) Ccompis C) Peruanita, D) imilla negra E) imilla blanca F) Altiplano G) Venturana H) Huayro I) Silver J) Ruki. N° tubérculos

Fuente: fotografía propia



- 3) El factor de reproducción (FR) de *M. incognita* fue evaluada mediante la fórmula (FR=población final/población inicial), donde FR=0 será inmune; FR<1,00 será resistente y FR>1,00 será susceptible (Oostenbrink, 1966).

Los valores de número de nódulos y el factor de reproducción que incrementa fueron procesados en ANDEVA, siendo las medias del tratamiento comparados entre sí por la prueba de agrupamiento Scott y Knott (1974), utilizando el software estadístico SASM-Agri (Canteri *et al.* 2001).

En invernadero las condiciones ambientales fueron adecuadas para el desarrollo de las variedades de papa y del nematodo fitoparásito, durante el periodo que duro la investigación, pues el ambiente controlado mantuvo T°s más elevadas comparados con la del ambiente externo. En la figura 22 se muestra las T°s máximas y T°s mínimas de la ciudad de puno, en la figura 23 se muestra las precipitaciones pluviales para la ciudad donde se desarrolló el trabajo de investigación.

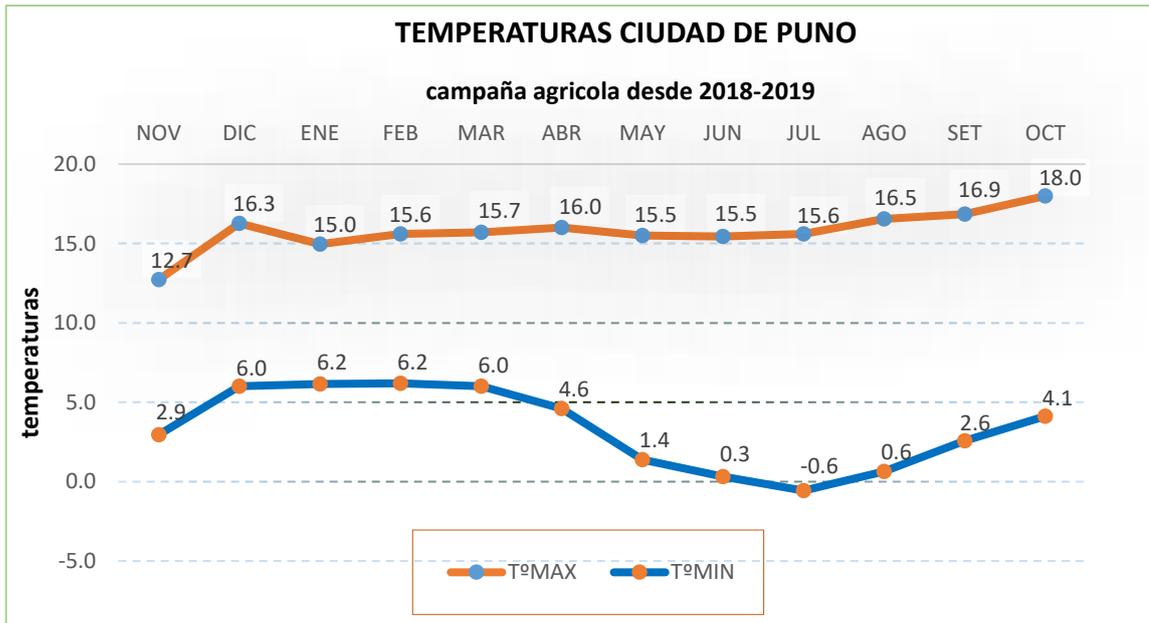


Figura 22: Comportamiento de Temperaturas máx. y min de la campaña agrícola 2018-2019

Fuente: SENAMHI 2019.

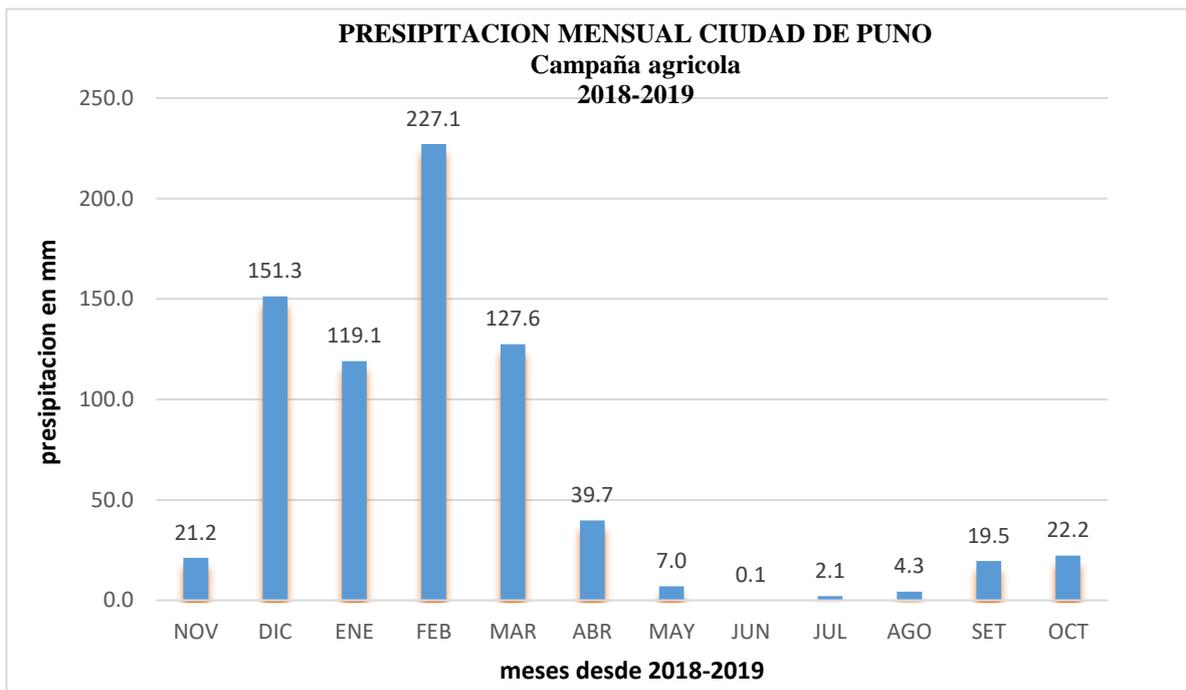


Figura 23: Precipitaciones pluviales de la campaña agrícola 2018-2019

Fuente: SENAMHI 2019.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Respuesta de variedades nativas y mejoradas de papa de la región Puno al nematodo del nódulo de la raíz *Meloidogyne incognita*

Para la respuesta de la resistencia o susceptibilidad de las variedades nativas y mejoradas de papa se observó que los diferentes parámetros evaluados no fueron afectados en su normal desarrollo. Sin embargo, fue observada en pequeñas cantidades nodulaciones y presencia de huevos y juveniles de *M. incognita*.

En cuanto al parámetro de la altura de planta evaluado en las diferentes variedades nativas y mejoradas, la variedad Huayro es la que presento un mayor tamaño en relación a las demás variedades de papa, entretanto las variedades Ruki y Venturana tuvieron un tamaño intermedio homogéneo (tabla 1 y 2). En tanto en las variedades Canchan, Imilla blanca, Silver, Altiplano, Peruanita, Ccompis e Imilla negra tuvieron un crecimiento menor. Dichas características están íntimamente relacionadas al fenotipo y genotipo de cada variedad de papa nativa, considerándose que en algunos casos presentan un periodo vegetativo mediano a intermedio (80 a 150 días) (Cahuana *et al.* 2012).

Tabla 1: Altura de la planta de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

Variedades de papa	Altura de la planta (AP)*	
	Media m.	Scott- Knott
Huayro	112,8	a
Ruki	102,6	b
Venturana	100,4	b
Canchan	91,0	c
Imilla blanca	89,7	c
Silver	89,4	c
Altiplano	83,6	d
Peruanita	82,4	d
Ccompis	82,04	d
Imilla negra	71,52	e
CV	5.32%	

*(AP) = Altura de planta CV = Coeficiente de variabilidad

Tabla 2: Desviación Estándar de Altura de la planta de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

ALTURA DE PLANTA					
Nº	VARIEDADES	xi	xi-X	(xi-X)2	
1	Huayro	112,80	22,25	495,24	
2	Ruki	102,60	12,05	145,30	
3	Venturana	100,40	9,85	97,10	
4	Canchan	91,00	0,45	0,21	
5	Imilla blanca	89,70	-0,85	0,72	
6	Silver	89,40	-1,15	1,31	
7	Altiplano	83,60	-6,95	48,25	
8	Peruanita	82,40	-8,15	66,36	
9	Ccompis	82,04	-8,51	72,35	
10	Imilla negra	71,52	-19,03	361,99	
	nº de datos	10		suma	1288,82
	valor medio	90,546		DS	11,97

*(DS) = Desviación Estándar

Independientemente de la presencia de *M. incognita* en las diferentes variedades de papa nativa y mejorada el efecto que pueda ocasionar este nematodo no fue observado debido a que no mostraron síntomas relevantes en las plantas al nematodo del nódulo de la raíz. Según Lima *et al* (2016), las plantas cuando se encuentran infectadas muestran



síntomas como el enanismo y el poco desarrollo en su crecimiento, lo que se manifestaría en la poca producción y desarrollo de las hojas producidas por las plantas, lo cual no se observa en las variedades con las que se han trabajado ya que el desarrollo de la planta se encuentra entre 71.5 a 112.8 cm, que muestra que de acuerdo a las características de las variedades se ha manifestado su desarrollo, sin embargo se observó amarillamiento debido a que la mayoría de las variedades de papa estaban entrando en senescencia o por problemas de otras plagas, lo que se confundiría con el ataque del nematodo (Chaves, 2005), en el presente estudio se confirma dichas aseveraciones por dichos investigadores.

Al igual como el anterior parámetro del peso de la parte aérea de la planta (PPAP) se observa que las variedades Ccompis e Imilla Negra mostraron un peso mayor, entretanto las variedades Huayro, Imilla blanca y Peruanita, presentaron PPAP intermedio, en cambio las variedades Silver, Canchan, Venturana, Ruki y Altiplano muestran un peso menor en relación al PPAP (Tabla 3 y 4), lo que nos indicaría que al igual como el otro parámetro evaluado (altura de planta) no es un indicativo que *M. incognita* puedan ocasionar daños en la reducción del PPAP. Según Pérez y Corro (2003) mencionan que la apariencia de las plantas atacadas es la misma que la de plantas sanas, debido a las diferentes características propias de las variedades de papa nativa o mejorada, así mismo el ataque del nematodo en altas poblaciones se da en el cultivo a través de la disminución del tamaño de la planta y por tanto disminuye el PPAP (Pinheiro *et al*, 2018).

Según Tihohod (2000) asevera que poblaciones altas del nematodo del nódulo de la raíz en raíces de cultivos agrícolas, pueden llegar afectar económicamente en su producción, lo que en el presente trabajo no se observó dicha aseveración.

Tabla 3: Peso de la parte aérea de la planta de diez variedades de papa inoculadas con *M. incógnita*

Variedades de papa	Peso parte aérea de la planta (PPAP)*	
	Media grs	Scott- Knott
Ccompis	69,4	a
Imilla negra	62,0	a
Huayro	53,4	b
Imilla blanca	53,0	b
Peruanita	52,8	b
Silver	46,4	c
Canchan	45,4	c
Venturana	43,0	c
Ruki	41,8	c
Altiplano	34,4	c
CV	15.76%	

*(PPAP) = Peso de la parte aérea de la planta CV = Coeficiente de variabilidad

Tabla 4: Desviación Estándar de Peso de la parte aérea de la planta de diez variedades de papa inoculadas con *M. incógnita*

PESO PARTE AEREA DE LA PLANTA					
Nº	VARIETADES	xi	xi-X	(xi-X)2	
1	Ccompis	69,4	22,89	523,99	
2	Imilla negra	62	15,49	239,97	
3	Huayro	53,4	6,89	47,48	
4	Imilla blanca	53	6,49	42,13	
5	Peruanita	52,8	6,29	39,58	
6	Silver	46,4	-0,11	0,01	
7	Canchan	45,4	-1,11	1,23	
8	Venturana	43	-3,51	12,31	
9	Ruki	41,8	-4,71	22,18	
10	Altiplano	34,4	-12,11	146,63	
	nº de datos	10	-36,51	suma	1075,52
	valor medio	46,5091		DS	10,93

*(DS) = Desviación Estándar

En el parámetro Peso de raíz se observó que la variedad Canchan y Ccompis presentaron mayor peso de raíz, entretanto las variedades Peruanita, Imilla Negra, Imilla blanca y Altiplano presentaron un peso intermedio, mientras las variedades Venturana, Huayro, Silver y Ruki, presentaron un peso menor (Tabla 5 y 6). Evaluando el peso de la raíz (PR), observándose que dichas características son propias de las variedades de papa

nativa y mejorada. Di Vito *et al*, (2003) menciona que a medida que se va desarrollando la raíz la presencia de nodulaciones, puede ocasionar daños irreversibles en la formación de nuevas raíces para el sustento de la planta. Así mismo Chaves y Torres (2001) indican que diferentes factores como la especie del nematodo en grado de ataque, factores abióticos, (temperatura, humedad y precipitación pluvial) y el hospedero son fundamentales para el desarrollo de las nodulaciones. Por tanto, en la siguiente investigación no se observan diferencias entre las variedades.

Tabla 5: Peso de la raíz de diez variedades de papa inoculadas con *M. incoginita*

Variedades de papa	Peso raíz (PR)*	
	Media gr.	Scott- Knott
Canchan	28,2	a
Ccompis	26,6	a
Peruanita	22,2	b
Imilla negra	22,2	B
Imilla blanca	21,2	B
Altiplano	17,8	B
Venturana	15,6	C
Huayro	10,2	D
Silver	8,8	D
Ruki	7,0	D
CV	22.69%	

*(PR) = Peso de la parte aérea de la planta CV = Coeficiente de variabilidad

Tabla 6: Desviación Estándar de Peso de la raíz de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

PESO DE LA RAIZ					
Nº	VARIETADES	xi	xi-X	(xi-X) ²	
1	Canchan	28,2	10,22	104,45	
2	Ccompis	26,6	8,62	74,30	
3	Peruanita	22,2	4,22	17,81	
4	Imilla negra	22,2	4,22	17,81	
5	Imilla blanca	21,2	3,22	10,37	
6	Altiplano	17,8	-0,18	0,03	
7	Venturana	15,6	-2,38	5,66	
8	Huayro	10,2	-7,78	60,53	
9	Silver	8,8	-9,18	84,27	
10	Ruki	7	-10,98	120,56	
	nº de datos	10		suma	495,80
	valor medio	17,98		DS	7,42

*(DS) = Desviación Estándar

En relación al número de tubérculos, (tabla 7 y 8), se observó un mayor número en la imilla negra, no en tanto las variedades Canchan, Ccompis, Imilla blanca, Ruki, Venturana, Altiplano, Huayro, Silver y Peruanita presentaron un menor número en relación al NT, esto debido probablemente al ciclo vegetativo largo que algunas variedades presentan. De esta manera se verifica que el número de tubérculos no es una determinante en relación a la disminución de la producción que pudiera ocasionar *M. incógnita*. Sin embargo, investigadores como Pinheiro *et al*, (2018); y Charchar y Moita (2005) mencionan que los factores como temperatura son determinantes en los daños que puedan ocasionar a los tubérculos *M. incognita* a través de la formación de protuberancias, lo que inviabilizaría su comercialización (Lima *et al*, 2016).

Tabla 7: N° de tubérculos de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

Variedades de papa	Número de tubérculos (NT)*	
	Media N° tubérculos	Scott- Knott
Imilla negra	22,8	A
Canchan	12,0	B
Ccompis	11,0	B
Imilla blanca	8,6	B
Ruki	8,0	B
Venturana	7,8	B
Altiplano	7,0	B
Huayro	5,4	B
Silver	5,2	B
Peruanita	4,0	B
CV	45.33%	

*(NT) = Número de tubérculos CV = Coeficiente de variabilidad

Tabla 8: Desviación Estándar de Número de tubérculos de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

NUMERO DE TUBERCULOS					
N°	VARIETADES	xi	xi-X	(xi-X) ²	
1	Imilla negra	22,8	13,62	185,50	
2	Canchan	12	2,82	7,95	
3	Ccompis	11	1,82	3,31	
4	Imilla blanca	8,6	-0,58	0,34	
5	Ruki	8	-1,18	1,39	
6	Venturana	7,8	-1,38	1,90	
7	Altiplano	7	-2,18	4,75	
8	Huayro	5,4	-3,78	14,29	
9	Silver	5,2	-3,98	15,84	
10	Peruanita	4	-5,18	26,83	
	n° de datos	10		suma	262,12
	valor medio	9,18		DS	5,40

*(DS) = Desviación Estándar

De acuerdo a la (tabla 9 y 10) las variedades nativas Huayro, Ccompis, e Imilla negra presentaron un mayor número de nódulos en las raíces. Al observar la formación de nódulos sobre los tubérculos se constata que no presentan protuberancias, y las variedades Imilla blanca, Venturana, Silver, Altiplano y Canchan presentaron un menor número de nódulos. Debe considerarse que las primeras variedades mencionadas

anteriormente son consideradas nativas y las tres últimas como mejoradas observándose que existe una mayor nodulación en las nativas. Mientras las variedades Peruanita y Ruki no presentaron ningún nódulo en las raíces. La formación de nódulos cuando observados y verificados a los tubérculos estos no presentaron protuberancias, probablemente por el desarrollo lento del nematodo. En investigaciones realizadas por Chavez y Torres (2001), Lima *et al*, (2016, 2017) y mencionan que una vez observadas nodulaciones en las raíces debe haber formación de protuberancias en los tubérculos, lo que disminuye en la calidad del tubérculo, y por tanto afecta su valor comercial y favorece en la diseminación del nematodo cuando se utiliza como semilla (Vovlas *et al*, 2005). Debe considerarse que en la presente investigación no se observó correlación entre el peso de la raíz y el número de nódulos.

Tabla 9: N° de nódulos en raíces de papa inoculadas con *M. incógnita*

Variedades de papa	Número de nódulos (NN)*	
	Media N° nódulos	Scott- Knott
Huayro	351,4	a
Ccompis	104,0	b
Imilla negra	71,4	c
Imilla blanca	28,0	d
Venturana	14,8	d
Silver	14,8	d
Altiplano	12,4	d
Canchan	8,8	d
Peruanita	0	d
Ruki	0	d
CV	38.57	

Tabla 10: Desviación Estándar de Número de nódulos en raíces de variedades de papa inoculadas con *M. incógnita*

NUMERO DE NODULOS					
Nº	VARIEDADES	xi	xi-X	(xi-X) ²	
1	Huayro	351,4	295,44	87282,64	
2	Ccompis	104	48,04	2307,49	
3	Imilla negra	71,4	15,44	238,28	
4	Imilla blanca	28	-27,96	781,96	
5	Venturana	14,8	-41,16	1694,44	
6	Silver	14,8	-41,16	1694,44	
7	Altiplano	12,4	-43,56	1897,79	
8	Canchan	8,8	-47,16	2224,41	
9	Peruanita	0	-55,96	3131,93	
10	Ruki	0	-55,96	3131,93	
	nº de datos	10		suma	104385,33
	valor medio	55,9636		DS	107,70

*(DS) = Desviación Estándar

En el parámetro Factor de reproducción (FR) se verificó un comportamiento diferenciado de las variedades nativas y mejoradas de papa a *M. incognita* encontrándose como resistentes a las variedades Huayro, Imilla negra, Ccompis, Imilla blanca, Venturana, Silver y Canchan. Entretanto las variedades Altiplano, Peruanita y Ruki fueron inmunes, resultados que se muestran en la (Tabla 11 y 12). En investigaciones realizadas para *M. incógnita* en el mundo se comprobó que esta especie es bastante patogénica a diferentes variedades y genotipos de papa, ocasionando así grandes estragos en la producción de papa, cuando su factor de reproducción superaba la susceptibilidad (Scurrah *et al.* 2005; Brown y Mojtajedi, 2004; Taylor y Sasser, 1983; Jensen *et al.* 1979; Jatala, 1975), y que además de afectar la producción, afecta la calidad del tubérculo debido a la presencia de nódulos y protuberancias en los tubérculos, lo que inviabilizaría su comercialización. En el presente estudio se verificó que de las 10 variedades de papa nativa y mejorada siete fueron parasitadas por el nematodo y tres fueron inmunes. Comprobándose la importancia de este nematodo para el cultivo de papa.

Tabla 11: Factor de reproducción de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

Factor de reproducción (FR)*			
Variedades de papa	Media	Scott- Knott	Respuesta
Huayro	0,19	A	R
Imilla negra	0,14	B	R
Ccompis	0,12	C	R
Imilla blanca	0,03	C	R
Venturana	0,02	C	R
Silver	0,02	D	R
Canchan	0,01	E	R
Altiplano	0,0	E	I
Peruanita	0,0	E	I
Ruki	0,0	E	I
CV		46.53%	

Medias: Datos transformados $\text{arsen} = \sqrt{x + 1}$

CV = Coeficiente de variabilidad

FR: Factor de reproducción

Leyenda:

R=RESISTENCIA

I= INMUNE

Tabla 12: Desviación Estándar de Factor de reproducción de diez variedades de papa inoculadas con *M. incognita*

FACTOR DE REPRODUCCION					
Nº	VARIETADES	xi	xi-X	(xi-X)2	
1	Huayro	0,19	0,14	0,02	
2	Imilla negra	0,14	0,09	0,01	
3	Ccompis	0,12	0,07	0,00	
4	Imilla blanca	0,03	-0,02	0,00	
5	Venturana	0,02	-0,03	0,00	
6	Silver	0,02	-0,03	0,00	
7	Canchan	0,01	-0,04	0,00	
8	Altiplano	0	-0,05	0,00	
9	Peruanita	0	-0,05	0,00	
10	Ruki	0	-0,05	0,00	
	nº de datos	10		suma	0,04
	valor medio	0,053		DS	0,07

*(DS) = Desviación Estándar



4.2. Respuesta de los daños ocasionados en tubérculos por *Meloidogyne incognita*

En respuesta al segundo objetivo específico no se han encontrado protuberancias en los tubérculos en ninguna de las variedades en estudio, lo cual nos permite aseverar que independientemente de la presencia de *M. incógnita* los daños no fueron observados a través de su sintomatología.



V. CONCLUSIONES

Con los resultados en la presente investigación se concluye lo siguiente:

- En base al Factor de reproducción (FR) de *Meloidogyne incognita*, se determinó que las variedades Huayro, Imilla negra, Ccompis, Imilla blanca, venturana, Silver y Canchan son resistentes al ataque del nematodo; en cambio las variedades Altiplano, Peruanita y Ruki son inmunes.
- El tamaño de planta, peso de follaje, de raíz y de tubérculos no son parámetros contundentes para determinar los niveles de resistencia o susceptibilidad a *M. incognita*.
- En tubérculos analizados de las diferentes variedades nativas y mejoradas no se ha encontrado protuberancias que caractericen el daño de *M. incognita*



VI. RECOMENDACIONES

- Debe realizarse más estudios de la respuesta de resistencia, susceptibilidad e inmunidad en otras variedades nativas y mejoradas de papa con fines de mejoramiento y su posterior uso por el agricultor.
- Se recomienda realizar estudios del efecto de la calidad de los tubérculos cuando este la presencia de las diferentes especies de *Meloidogyne*.
- Habría que confirmar que las variedades nativas manifiestan mayores niveles de resistencia e inmunidad.
- En base al FR se determinó que las variedades son resistentes e inmunes.
- Se recomienda realizar estudios histopatológicos



VII. REFERENCIAS

- Agrios, G. (2004). *Plant Pathology*. University of Florida. Florida, USA: Fifth edition. Department of Plant Pathology, 945.
- Alarcón, C., & Jatala, P. (1977). *Efecto de la temperatura en la resistencia de Solanum andigena a Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 7(2), 2 – 3.
- Andre, C. M., Ghislain, P. M., Bertin, M., Oufir, M.R., Herrera, L., Hoffmann, J. F., Hausman, Y., Larondelle y Evers, D. (2007). *Andean potato cultivars (Solanum tuberosum L.) as a source of antioxidant y mineral micronutrients*. *Agric. Food Chem.* 55, 366 – 378.
- Aguirre, y, Crozzoli, R. y Greco, N. 2002. Efecto del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* sobre el crecimiento de remolacha (*Beta vulgaris*). *Fitopatología Venezolana* 15:13-16.
- Anaya, G.B.; Jimenez, N.P.; Rodriguez, D.; Crozzoli, R.; Greco, N. (2005). Respuesta de clones avanzados de papa al nematodo quiste *Globodera rostochiensis*, y comportamiento en microparcels de un clon resistente al nematodo. *Nematropica*, 35: 145-154.
- Barker, K. R. (1998). Introduction and synopsis of advancements in nematology. In: Barker, K. R.; Pederson, G. A.; Windham, G. L. (Ed.). *Plant and nematode interactions*. Madison: American Society of Agronomy, 120.
- Bent, E.; Loffredo, A.; McKenry, M.V.; Becker, J.O.; Borneman, J. (2008). Detection and investigation of soil biological activity against *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, 40:109-118.



- Bird, D.M.K.; Kaloshian, I. (2003) Are roots special? Nematodes have their say. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62: 115-123.
- Bridge, J. y Starr, J. (2007). *Plant Nematodes of Agricultural Importance*. Academic Press. Boston, EE.UU. 146p.
- Brodie, B., Evans, K., y Franco, J. (1993). *Nematode parasites of potatoes*. In: Evans K, Trudgill DL, Webster JM, eds. *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. Wallingford, UK: CAB International, 87 – 132.
- Brown, P.D.; Morra, M.J.; McCaffrey, J.P.; Auld, D.L.; Williams, L. (1991). III Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil of nematode. *Journal of Chemical Ecology*.;17:2021–2034.
- Cabanillas, E. (1985). *Summary report on the current status, progress and needs for Meloidogyne research in South América*. Lambayeque Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Cahuana, R.; Arcos, J. (2002) *Variedades nativas y mejoradas de papa en Puno*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Ministerio de Agricultura. Estación Experimental Illpa. Puno – Peru.
- Cahuana, R. y Arcos J. (1993). *Variedades de papa más importantes en Puno Proyecto Piwa*. Puno - Perú CIP 2000p.
- Cahuana, R., Arcos, J., Barreda, W., Canihua, J., Quenallata, J. y Holguin, V. (2012). *Producción de semilla de buena calidad de papa*. Programa nacional de innovación agraria en razas y tuberosas Instituto nacional de innovación agraria (INIA). Serie manual N° 01- 2012, 31.



- Cansaya, J. (2012). *Aceites esenciales de plantas con propiedades nematocidas en el control de neamtodo Quiste de la papa (Globodera spp.) in vitro*. Tesis de pregrado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo, 75.
- Canteri, M., Althaus, R., Virgens, J., Giglioti, E. y Godoy, C. (2001). *SASM-AGRI (Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan)*. Revista Brasileira de Agrocomputação, v.1, n.2, 18-24.
- Canto-Saenz, M., 1985. The Nature of resistant to *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949. In An advise Treatise on *Meloidogyne*, Volume I, Biology and Control. Edited by J.N. Sasser and C.C. Carter. North Carolina State University Graphics.
- Carneiro, R.M.D.G., Gomez, G.M., Almeida, M.F.S., Monteiro, J.M.S. (2018). Nematodo de las agallas, In: Nematodos Parasitos de Plantas, 63-136.
- Carneiro, R.M.D.G.; Almeida, M.R.A.; Queneherve, P. (2000). Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. Populations. Nematology, 2(6): 645-654.
- Carneiro, R. y Almeida, M. (2001). *Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides das galhas para identificação de espécies*. Nematologia Brasileira 25, 35 – 44.
- Charchar, J. M. (1995). *Meloidogyne em hortaliças. In: congresso internacional de nematologia tropical*. 27. congresso da sociedade brasileira de nematologia, 19. encontro anual da organização dos nematologistas da america tropical, 27. Programa e Anais. Rio Quente: SBN/ONTA, 149 – 153.



- Charchar, J. M. (1997). *Nematoides asociados a cultura da batata (Solanum tuberosum L.) nas principais áreas in Brazil*. Nematología Brasileira 21, 49 – 60.
- Charchar, J. M. y Moita, A. W. (2001). *Resistência de genótipos de batata a Meloidogyne javanica*. Pesquisa Agropecuária Brasileira V. 36, n 3, 535 – 540.
- Charchar, J.M.; Moita, A.W. (1996). Reação de cultivares de alface à infecção por misturas populacionais de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne javanica* em condições de campo. Horticultura Brasileira 14:185-189.
- Charchar, J.M.; Moita, A.W. (2005). Metodologia de seleção de hortaliças com resistência a nematoides: alface/*Meloidogyne* spp. Comunicado Técnico, 27. EMBRAPA. 8p.
- Chaves, E. J. (2005). *Los nematodos y la producción de papa*. Recuperado de: <http://www.elsitioagricola.com/gacetillas/balcarce/bl2005gacetillas/20051018nematodos.asp>.
- Chaves, E. y Torres, M. S. (2001). *Nematodos parásitos de la papa en regiones productoras de papa semilla en Argentina*. Revista de la Facultad de Agronomía 21, 245 – 259.
- Chitwood, B. G. (1949). *Root-knot nematodes – part 1. A revision of the genus Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proceedings of the helminthological society of Washington 16, 166 – 170.
- Chitwood, D. y Perry, R. (2009). *Reproduction, Physiology and Biochemistry* in Perry, R.; Moens, M., Starr, J. Eds Root-knot nematodes, 182 – 194.



- Coolen, W. y D'herde (1972). *A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue*. State Agricultural Research Centre, 77.
- Coyne, D., Nicol, J. y Claudius-Cole, B. (2007). *Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio*. Instituto Internacional de Agricultura y el Centro Internacional de Mejora del Maíz y trigo. Cotonou, Benin, 82.
- Cook, R. (1974). Nature and inheritance of nematode resistance in cereals. *Journal of Nematology*. 6(4): 165-174.
- Curtis, R.H., M. Birkett, B. Pye, J. Pickett and B. Kerry, (2009). Aspects of the plant-nematode interactions: host recognition and plant signalling molecules. In: *Proceedings Second International Congress of Tropical Nematology 40th ONTA and 28th SBN Meetings, 4-9 October 2009, Maceió, Brasil*. <http://abis.upc.es/onta/sites/default/files/S32-1>.
- Di Vito, M., Greco, N., Carputo, D. y Frusciante, L. (2003). *Respuesta de clones de papa silvestres y cultivadas a poblaciones Italianas del nematodo agallador Meloidogyne spp.* *Nematropica* v 33 n 1, 65 – 72.
- 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.
- Doucet, M.E. (1993). Consideraciones acerca del género *Meloidogyne Goeldi*, 1887 (Nemata: Tylenchida) y su situación en Argentina. Asociaciones y distribución. *Agriscientia* 9:63-80.



- Eisenback, J. D. y Triantaphyllou, H. H. (1991). *Root-knot nematode: Meloidogyne spp. and races*. In: Nickle, W.R. (ed.) Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker New York. 191 - 174
- Eisenback, JD; Hunt DJ. (2009). General Morphology. In Perry, R; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knotnematodes, UK. CAB International, p. 18-50.
- Estrada, N. (2000). La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. PROINPA/CID/CIP. Centro de información para el desarrollo, La paz, Bolivia 372p.
- Evans, K., Trudgill, D.L., Webster, J.M. (1998). Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture
- Evans, A., y Perry, R. (2009). Survival mechanisms. In Perry, RN; Moens, M; Starr, JL. Eds. Root-knot nematodes, London, UK. 201-219 p.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2003). *Agronomía de los cultivos Andinos*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s04.pdf>
- Fassuliotis G. (1985). The role of the nematologist in the development of resistant cultivars. Pp. 233-240. In: An Advanced Treatise on *Meloidogyne*, vol. 1. Biology and Control (Sasser J.N. and Carter C.C., eds). North Carolina State University Graphics, Raleigh, USA.
- Ferraz, L.C.C.B. (2001) As Meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: Silva JFV (org) Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia. 15-38.



- Flores-Choque, y.; Bravo, R. P.; Lima-Medina, I.; Machaca, C.C. (2017). Prospección de nematodos fitoparasitos em cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la Region Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19: 11-20.
- Flores-Choque, Y. F. (2017). Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la región Puno, Universidad Nacional del Altiplano, 142p.
- Freitas, L. G., Neves, W. S., Olivera, R. D. de L. (2007). *Métodos en nematología vegetal*. In: Alfenas, A. C., Mafía, R. G. *metodos en fitopatología*. Editora de la Universidad federal de Vicoso. Vicoso. Minas gerais, 253 – 292.
- Gonzales, A. y Franco, J. (1997). *Los Nematodos en la producción de semilla de papa*. Manual de capacitación. Fasc. 3.9-97 CIP. 13.
- Grun, P. (1990). The evolution of cultivated potatoes. *Econ. Bot.* 44, Supl. 3:39-55.
- Hussey, R.S.; Janssen, G. J.W. (2002). Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species. In: Starr JL, Cook R, Bridge J, editors. *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. Wallingford, UK: CABI Publishing; pp. 43–70.
- Hunt, D., y Handoo, Z. (2009). *Taxonomy, identification and principal species*. In Perry, R.; Moens, M; Starr, J. eds. *Root-knot nematodes*. London, UK. CAB International, 55 – 88.
- Hernandez, M.A., Gómez, L., Rodriguez, M.G., Miranda, E.I. (2008) Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) para su uso como plantas trampas de *Meloidogyne incognita* Kofoid y White (Chitwood). *Rev. Protección Veg.* 23(2): 99-103.



- Huamán, Z.; Spooner, D.M. (2002). Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). *Amer. J. Bot.* 89, 947-965.
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Nota de prensa*. Producción de papa superó las 869 mil toneladas en primer trimestre del presente año. Recuperado de: <http://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-supero-las-869-mil-toneladas-en-primer-trimestre-del-presente-ano-9078/>
- INIA, Instituto Nacional de Innovación Agraria (2012). *Producción de tubérculos semillas de buena calidad de papa*. Programa nacional de innovación agraria en raíces y tuberosas. Serie: manual N° 01-2012 Puno - Perú.
- Jatala, P. (1975). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) and their effect on potato quality. 6th triennial conference of the EAPR. 15-19 september 1975, Wageningen, the Netherlands.
- Jensen, H., Armstrong, J. y Jatala, P. (1979). *Annotated bibliography of nematode pest of potato*. International potato Center, Lima Perú and Oregon State University Agricultural Experiment Station Corvallis, Oregon, 14-15.
- Jobert C. 1878. Sur une maladie du caféier observée au Brésil. *Comptes-Rendus de la Société de Biologie, Paris* 87: 941– 943.
- Karssen, G. y Moens, M. (2006). *Taxonomy and Principal General Root-Knot Nematodes*. En: *Plant Nematology* (Perry, R. y Moens, M. Eds). CAB International, Wallingford, UK. Part I, Chapter 3, 60-90.
- Lax, P., Doucet, M. E., Gallardo, C., Muruaga de L'Argentier, S. y Vilte, H. (2006). *Plant-parasitic nematodes detected in Andean tubers from Argentina and Bolivia*. *Nematología Brasileira* 30(2), 195 – 201.



- León, B. y Romero, V. (2005). *Niveles de infestación del nematodo quiste de la papa Globodera spp. en campo de cultivo de papa en la región Puno*. Tesis de Pregrado, 115.
- Lima, M. I. (2013). *Diversidade de populações de Meloidogyne spp. e Pratylenchus spp. de diferentes regiões do sul do Brasil produtoras de batata e estudo da patogenicidade em Solanum spp.* Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade. Pelotas.
- Lima-Medina, I. 2018. Nematodos Parasitos de Plantas. Editora G y S, Puno, Peru. 576p.
- Lima, M.I., Bellé, C., Casa, C.V.H., Da Silva, P.A. y Bauer, G.C. (2016). Reação de cultivares de batata aos nematoides-das-galhas. Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - Brasil.
- Lima, M. I., Coila, C. V. H., Gomes, C. B., Pereira, A. S, Nazareno, N. R. X. (2014). *Ocorrência de M. ethiopica em batata no estado do Paraná, além de avaliar a reação de diferentes genótipos comerciais a esta espécie de nematoide das galhas*. Horticultura. Brasileira. v. 32 n. 4.
- Lima, M. I. y Casa, C. V. H. (2016). *Nematología agrícola*. Especialización en nematología agrícola y prácticas de rutina para el diagnóstico.
- Lordello, R.R.A., A.I.L. Lordello, E., Paulo, M. (1988). Multiplicação de *Meloidogyne javanica* em plantas daninhas. Nematologia Brasileira 12:84-92.
- Lordello, L.G.E. (1977) Nematoides das plantas cultivadas. São Paulo: Nobel. 1978, 314p.



- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. (2005). Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition, 871.
- Magunacelaya, J. 1995. Nemátodos fitoparásitos, hábitat, relaciones planta-parásito, concepto de muestreo, p. 8 – 17, In: Aballay, E. y J. Magunacelaya. 1995. Nematología agrícola básica. 76p.
- Magunacelaya, R.C.; & Dagnino, E. 1999. Nematología Agrícola. Serie Ciencias Agronómicas N°2. Primera edición. Ediciones de la Universidad Nacional de Chile. Santiago de Chile. 282 p.
- MINAGRI, Ministerio de Agricultura (2017). América Economía 1986-2015. *Perú impulsará registro de papas nativas para mejorar ingresos de agricultores*. Recuperado de: <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-impulsara-registrode-papas-nativas-para-mejorar-ingresos-de-agricultores>
- Moens, M., Perry, R., y Star, J. L. (2009). *Meloidogyne speciesa diverse groupu of novel and important plant parasites. in perry, RN; Moens, M; Starr; JL*. London, UK: CAB International, 1 – 13.
- Montero, Z., García, C., Salazar, L., Valverde, R. y Gómez, L. (2007). *Detección de Meloidogyne incognita en tubérculos de papa en Costa Rica*. Prospección nematológica en las zonas productoras de semilla de papa, 77.
- Nazareno, N. X. R. y Gomes, C. B. (2010). *Doenças. In: Pereira, A. S. (org) Produção de batata no Rio Grande do Sul - Sistema de Produção, 19*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 55 – 68.



- Nicol, J. M. (2002). *Important nematodes pests*. En: *Bread wheat: Improvement and production* (Curtis, B. C., Rajaram, S. & Gómez-Macpherson, H. Eds). *FAO, Plant Production and Protection Series* 30, 345 – 366.
- Nicol, J.M.; Turner, S.J.; Coyne, D.L.; Den Nijs L.; Hockland, S.; Tanha-Maafi, Z. 2011. Current nematode threats to world agriculture. In: Jones, J.T.; Gheysen, G. and Fenoll, C. (eds) *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Springer, Heidelberg, Germany, 21-44.
- Ochoa, C. M. (1999). *Las papas de Sudamérica*: Pert. CIP, Lima, Perú.
- Oostenbrink, M. (1966). *Major characteristics of the relation between nematodes and plants*. Wageningen: Landbouwhogehogeschool 6, 1 – 46.
- Ortiz, O. (1999). *Percepción de los agricultores sobre el problema Tizón de la papa y su manejo*. *Revista Latinoamérica de papa*, 97.
- Ortuño, N., Rojas, B., Oros, R. y Díaz, O. (2013). *Meloidogyne sp. atacando el cultivo de papa en zonas altas y frías de Bolivia*, 70.
- Perry, R. y Moens, M. (2013). *Plant Nematology 2nd edition*. Printed and bound by Gutenberg Press Ltd, Tarxien, Malta, 542.
- Perez, F. J.; y Corro, M. A. (2003) Soja: nematode de la agalla en la Pampa. <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol77/cap17.pdf>.
- Perry, R. y Moens, M. (2014). *Plant Nematology*. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn, 463.
- Perry, R, Moens, M. & Starr, J. (2009). *Root-knot Nematodes*. UK by the MPG Books Group. 530, 31.



- Pinheiro, J. B. y Lopes, C. A. (2011). *Manejo integrado de nematoides em cultivos de batata* In: Zambolim, L. *Produção integrada da batata*. Volume 2. Viçosa: Universo Agrícola, 69 – 94.
- Pinheiro, D.H.; Velez, A.M.; Fishilevich, E.; Wang, H.; Carneiro, A.; Valencia-Jimenez, F.H.; Valicente, K.E.; Narva, B.D. (2018) Clathrin-dependet endocytosis is associated with response in the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virigifera* Le Conte. *Plops One*, 13.
- Revelo, J.; Cazco, C.; Sandoval, A.; Sánchez, G.; Lomas, L; Corrales, A. 2006. Avances del proyecto “Estudio epidemiológico del “nematodo del rosario” o “falso nematodo del nudo” (*Nacobbus* sp.) en el cultivo de tomate de mesa en el valle del Chota para optimizar su control”. INIAP-UTN-SENACYT. Quito. 28p.
- Roberts PA. 1995. Conceptual and practical aspects of variability in root-knot nematodes related host-plant resistance. *Annual Review of Phytopathology* 33: 199– 221.
- Sánchez, M. M. (2002). Soil quality In Mediterranean mountain environments: effects ofland use change. *Soil Science Society of AmericaJournal*, 66:948
- Scurrah, M. (2008). *Manual de manejo de nematodos en campos de papa en el Perú*. Proyecto INCODEV “Evaluating new traits for potato in the Central Andes with an appropriate poverty focus”. Lima, 73.
- Sasser, J. (1977). *Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes (Meloidogyne spp.)*. *Journal Nematology* 9, 26 – 29.
- SENAMHI, Servicio nacional de meteorología e hidrología (2015). *Boletín hidrometeorológico regional Puno*. Recuperado de: [www.senamhi.gob.pe/load/file/04701 SENA-36.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04701%20SENA-36.pdf)



- Scott, A. y Knott, M. (1974). *A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance*. *Biometrics* 30, 507 – 512.
- Silva, A. R. y Santos, J. M. (2007). *Nematoides na cultura da batata no Brasil*. 1ra. Edição, São Paulo, Associação Brasileira da Batata – ABBA, 55.
- Spooner, D. M. y Salas, A. (2006). *Structure, biosystematics, and genetic resources*. pp. 1-39. En: Gopal, J. y S.M.P. Khurana (eds.). *Handbook of potato production, improvement, and postharvest management*. Haworth's Press, Inc., Binghamton, NY.
- Spooner, D.M., Fajardo, D. & Bryan, G.J. (2007). *Species limits of Solanum berthaultii Hawkes and S. tarijense Hawkes and the implications for species boundaries in Solanum sect. Petota*. *Taxon* 56(4), 987 – 999.
- Towwshend, J.L. (1987). *Anhydriobiosis in Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology*, 16:282-289.
- Taylor, A. L. y Sasser, J. N. (1983). *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne)*. Proyecto internacional de *Meloidogyne*, 111.
- Tihohod, D. (1993). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FUNEP.
- Tihohod, D. (2000). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472p.
- Trudgill, D. L. y Blok, V. C. (2001). *Apomictic polyphagous root-knot nematodes: exepcionally successful and damaging biotrophic root pathogens*. *Ann. Rev. Phytopathol* 39, 53 - 77. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos75/nematodos-fitoparasitos-manejo-formadores-agallas/nematodos-fitoparasitos-manejo-formadores-agallas2.shtml#ixzz4LUdQWCoy>



- Van Der Beek, J. G., Poleij, L. M., Zijlstra, C., Janssen, R., Janssen, G. J. W. (1998). *Variation in virulence within Meloidogyne chitwoodi, M. fallax and M. hapla on Solanum spp.* Nematology, v.88, n.7, p.658-665,1998.
- Van der Putten, W. H. y van der Stoel, C. D. (1998). *Effects of plant parasitic nematodes on spatio-temporal variation in natural vegetation.* Applied Soil Ecology 10, 253 – 262.
- Van Gundy, S.D., 1985. Ecology of *Meloidogyne* spp. – emphasis on environmental factors affecting survival and pathogenicity. In: Sasser, J.N. and Carter, C.c. (eds.). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. I. Biology and control. N. C. State Univ. Graphics, Raleigh, North Carolina, pp. 177-182.
- Vera, N. (2014). *Técnica Molecular de PCR para identificar las principales especies de Meloidogyne spp. en poblaciones provenientes de Perú.* Tesis para el grado de magister Scientiae en Fitopatología, 109.
- Vivanco-Gómez, E.M. (2014). Control biológico del nematodo agallador de raíces *Meloidogyne incognita* (Kofoit and White, 1919) Chitwood, 1949 utilizando plantas atrapadoras de nematodos. Tesis Ing. en Producción, Educación y Extensión Agropecuaria. Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja. 66 p.
- Vovlas, N., Mifsud, D., Landa, B. & Castillo, P. (2005). *Pathogenicity of the root-knot nematode Meloidogyne javanica on potato.* Plant pathology 54, 657 – 664.
- Xu J, Liu P., Meng Q, Long, H. (2004). Characterisation of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism. European Journal of Plant Pathology 110: 309-315.

ANEXOS

Treatmento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Treat. 01 "CCOMPIS"	85.40	82.40	88.40	72.50	81.50	82.04	
Treat. 02 "HUAYRO"	112.00	113.00	116.00	113.00	110.00	112.8	
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	67.40	75.40	72.90	71.40	70.50	71.52	
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	88.50	90.00	92.00	91.00	87.00	89.7	
Treat. 05 "RUKI"	105.00	103.00	103.00	100.00	102.00	102.6	
Treat. 06 "SILVER"	94.00	90.00	85.00	91.00	87.00	89.4	
Treat. 07 "PERUANITA"	85.00	86.00	82.00	79.00	80.00	82.4	
Treat. 08 "CANCHAN"	100.00	78.00	90.00	85.00	102.00	91	
Treat. 09 "VENTURANA"	100.00	101.00	100.00	100.00	101.00	100.4	
Treat. 10 "ALTIPLANO"	85.00	82.00	76.00	80.00	95.00	83.6	
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamentos	9	6444.1042	716.011577777778	30.9038619611454	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	926.76	23.169				
Total	49	7370.8642					
C.V.	5.32%						

Altura de planta AP. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

Treatmento	Média	Repetições	Scott-Knott
Treat. 02 "HUAYRO"	112.8	5	a
Treat. 05 "RUKI"	102.6	5	b
Treat. 09 "VENTURANA"	100.4	5	b
Treat. 08 "CANCHAN"	91	5	c
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	89.7	5	c
Treat. 06 "SILVER"	89.4	5	c
Treat. 10 "ALTIPLANO"	83.6	5	d
Treat. 07 "PERUANITA"	82.4	5	d
Treat. 01 "CCOMPIS"	82.04	5	d
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	71.52	5	e

Altura de planta AP. Pruebas estadísticas Scoth-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Arquivo Editar Ajuda

Análise de Variância Resultado da Análise Testes de Separação

Treatmento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Treat. 01 "CCOMPIS"	70.00	65.00	60.00	62.00	90.00	69.4	
Treat. 02 "HUAYRO"	60.00	60.00	52.00	50.00	45.00	53.4	
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	50.00	60.00	65.00	70.00	65.00	62	
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	50.00	50.00	55.00	50.00	60.00	53	
Treat. 05 "RUKI"	42.00	40.00	45.00	40.00	42.00	41.8	
Treat. 06 "SILVER"	45.00	50.00	47.00	45.00	45.00	46.4	
Treat. 07 "PERUANITA"	50.00	69.00	47.00	50.00	48.00	52.8	
Treat. 08 "CANCHAN"	50.00	65.00	30.00	30.00	52.00	45.4	
Treat. 09 "VENTURANA"	40.00	50.00	40.00	40.00	45.00	43	
Treat. 10 "ALTIPLANO"	40.00	35.00	32.00	35.00	30.00	34.4	
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamentos	9	4711.12	523.457777777778	8.37666471079817	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	2499.6	62.49				
Total	49	7210.72					
C.V.	15.76%						

Peso parte aérea de la planta PPA. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Arquivo Editar Ajuda

Análise de Variância Resultado da Análise Testes de Separação Resultados dos Testes

Treatmento	Média	Repetições	Scott-Knott
Treat. 01 "CCOMPIS"	69.4	5	a
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	62	5	a
Treat. 02 "HUAYRO"	53.4	5	b
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	53	5	b
Treat. 07 "PERUANITA"	52.8	5	b
Treat. 06 "SILVER"	46.4	5	c
Treat. 08 "CANCHAN"	45.4	5	c
Treat. 09 "VENTURANA"	43	5	c
Treat. 05 "RUKI"	41.8	5	c
Treat. 10 "ALTIPLANO"	34.4	5	c

Peso parte aérea de la planta PPA. Pruebas estadísticas Scoth-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação

Tratamento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Trat. 01 "CCOMPIS"	22.00	22.00	30.00	28.00	32.00	26.8	
Trat. 02 "HUAYRO"	15.00	18.00	27.00	20.00	20.00	20	
Trat. 03 "MILLA NEGRA"	32.00	37.00	27.00	30.00	28.00	30.8	
Trat. 04 "MILLA BLANCA"	16.00	23.00	28.00	12.00	12.00	18.2	
Trat. 05 "RUKI"	8.00	9.00	6.00	10.00	10.00	8.6	
Trat. 06 "SILVER"	20.00	14.00	15.00	20.00	19.00	17.6	
Trat. 07 "PERUANITA"	19.00	18.00	21.00	17.00	27.00	20.4	
Trat. 08 "CANCHAN"	27.00	31.00	34.00	26.00	28.00	29.2	
Trat. 09 "VENTURANA"	18.00	18.00	20.00	18.00	23.00	19.4	
Trat. 10 "ALTIPLANO"	17.00	14.00	22.00	14.00	14.00	16.2	
Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamentos	9	1981.28	220.142222222222	13.6564653984009	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	644.8	16.12				
Total	49	2626.08					
C.V.	19.38%						

Longitud de raíz LR. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação | Resultados dos Testes

Tratamento	Média	Repetições	Scott-Knott
Trat. 03 "MILLA NEGRA"	30.8	5	a
Trat. 08 "CANCHAN"	29.2	5	a
Trat. 01 "CCOMPIS"	26.8	5	a
Trat. 07 "PERUANITA"	20.4	5	b
Trat. 02 "HUAYRO"	20	5	b
Trat. 09 "VENTURANA"	19.4	5	b
Trat. 04 "MILLA BLANCA"	18.2	5	b
Trat. 06 "SILVER"	17.6	5	b
Trat. 10 "ALTIPLANO"	16.2	5	b
Trat. 05 "RUKI"	8.6	5	c

Longitud de raíz LR. Pruebas estadísticas Scott-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Arquivo Editar Ajuda

Análise de Variância Resultado da Análise | Testes de Separação |

Tretamento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Tret. 01 "CCOMPIS"	27.00	25.00	26.00	25.00	30.00	26.6	
Tret. 02 "HUAYRO"	10.00	13.00	9.00	9.00	10.00	10.2	
Tret. 03 "MILLA NEGRA"	25.00	22.00	21.00	21.00	22.00	22.2	
Tret. 04 "MILLA BLANCA"	22.00	29.00	21.00	13.00	21.00	21.2	
Tret. 05 "RUKI"	5.00	5.00	8.00	6.00	11.00	7	
Tret. 06 "SILVER"	9.00	10.00	8.00	10.00	7.00	8.8	
Tret. 07 "PERUANITA"	29.00	21.00	20.00	15.00	26.00	22.2	
Tret. 08 "CANCHAN"	36.00	35.00	28.00	21.00	21.00	28.2	
Tret. 09 "VENTURANA"	15.00	12.00	18.00	10.00	23.00	15.6	
Tret. 10 "ALTIPLANO"	16.00	19.00	17.00	22.00	15.00	17.8	
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tretamentos	9	2478.98	275.442222222222	16.5430764097431	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	666	16.65				
Total	49	3144.98					
C.V.	22.69%						

Peso de la raíz PR. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Arquivo Editar Ajuda

Análise de Variância Resultado da Análise | Testes de Separação | Resultados dos Testes |

Tretamento	Média	Repetições	Scot-Knott
Tret. 08 "CANCHAN"	28.2	5	a
Tret. 01 "CCOMPIS"	26.6	5	a
Tret. 07 "PERUANITA"	22.2	5	b
Tret. 03 "MILLA NEGRA"	22.2	5	b
Tret. 04 "MILLA BLANCA"	21.2	5	b
Tret. 10 "ALTIPLANO"	17.8	5	b
Tret. 09 "VENTURANA"	15.6	5	c
Tret. 02 "HUAYRO"	10.2	5	d
Tret. 06 "SILVER"	8.8	5	d
Tret. 05 "RUKI"	7	5	d

Peso de la raíz PR. Pruebas estadísticas Scot-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação

Tratamento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Trat. 01 "CCOMPIS"	7	10	9	15	14	11	
Trat. 02 "HUAYRO"	2	7	1	5	12	5.4	
Trat. 03 "MILLA NEGRA"	28	16	24	20	26	22.8	
Trat. 04 "MILLA BLANCA"	9	8	11	8	7	8.6	
Trat. 05 "RUKI"	5	9	12	8	6	8	
Trat. 06 "SILVER"	9	5	3	7	2	5.2	
Trat. 07 "PERUANITA"	4	3	5	4	4	4	
Trat. 08 "CANCHAN"	14	11	25	6	4	12	
Trat. 09 "VENTURANA"	10	5	6	9	9	7.8	
Trat. 10 "ALTIPLANO"	9	2	3	15	6	7	
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamentos	9	1310.58	145.62	8.40762124711316	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	692.8	17.32				
Total	49	2003.38					
C.V.	45.33%						

Número de tubérculos NT. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação | Resultados dos Testes

Tratamento	Média	Repetições	Scott-Knott
Trat. 03 "MILLA NEGRA"	22.8	5	a
Trat. 08 "CANCHAN"	12	5	b
Trat. 01 "CCOMPIS"	11	5	b
Trat. 04 "MILLA BLANCA"	8.6	5	b
Trat. 05 "RUKI"	8	5	b
Trat. 09 "VENTURANA"	7.8	5	b
Trat. 10 "ALTIPLANO"	7	5	b
Trat. 02 "HUAYRO"	5.4	5	b
Trat. 06 "SILVER"	5.2	5	b
Trat. 07 "PERUANITA"	4	5	b

Número de tubérculos NT. Pruebas estadísticas Scoth-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação

Tratamento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Treat. 01 "CCOMPIS"	121	87	98	102	112	104	
Treat. 02 "HUAYRO"	245	325	367	431	389	351.4	
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	98	65	67	59	68	71.4	
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	32	23	31	28	26	28	
Treat. 05 "RUKI"	0	0	0	0	0	0	
Treat. 06 "SILVER"	10	21	14	13	16	14.8	
Treat. 07 "PERUANITA"	0	0	0	0	0	0	
Treat. 08 "CANCHAN"	10	7	6	9	12	8.8	
Treat. 09 "VENTURANA"	12	14	17	15	16	14.8	
Treat. 10 "ALTIPLANO"	15	7	12	15	13	12.4	
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Tratamentos	9	520870.32	57874.48	106.05548836357	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	21828	545.7				
Total	49	542698.32					
C.V.	38.57%						

Número de nódulos. NN. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A.,
GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação | Resultados dos Testes

Tratamento	Média	Repetições	Scott-Knott
Treat. 02 "HUAYRO"	351.4	5	a
Treat. 01 "CCOMPIS"	104	5	b
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	71.4	5	c
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	28	5	d
Treat. 09 "VENTURANA"	14.8	5	d
Treat. 06 "SILVER"	14.8	5	d
Treat. 10 "ALTIPLANO"	12.4	5	d
Treat. 08 "CANCHAN"	8.8	5	d
Treat. 07 "PERUANITA"	0	5	d
Treat. 05 "RUKI"	0	5	d

Número de nódulos. NN. Pruebas estadísticas Scott-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A.,
GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação

Treatmento	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4	Repetição 5	Média	
Treat. 01 "CCOMPIS"	0.11	0.09	0.11	0.14	0.13	0.116	
Treat. 02 "HUAYRO"	0.21	0.18	0.15	0.20	0.20	0.188	
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	0.13	0.11	0.13	0.17	0.15	0.138	
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.028	
Treat. 05 "RUKI"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	
Treat. 06 "SILVER"	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.016	
Treat. 07 "PERUANITA"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	
Treat. 08 "CANCHAN"	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Treat. 09 "VENTURANA"	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
Treat. 10 "ALTIPLANO"	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.008	
Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	F (1%)	
Treatamentos	9	0.209952	0.023328	151.480519480519	2.12402941376308	2.88756040743508	significativo (1%)
Resíduo	40	0.00616	0.000154				
Total	49	0.216112					
C.V.	23.68%						

Número de huevos NH. ANVA y CV.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

SASM-Agri

Análise de Variância | Resultado da Análise | Testes de Separação | Resultados dos Testes

Treatmento	Média	Repetições	Scott-Knott
Treat. 02 "HUAYRO"	0.188	5	a
Treat. 03 "MILLA NEGRA"	0.138	5	b
Treat. 01 "CCOMPIS"	0.116	5	c
Treat. 04 "MILLA BLANCA"	0.028	5	d
Treat. 09 "VENTURANA"	0.02	5	d
Treat. 06 "SILVER"	0.016	5	d
Treat. 08 "CANCHAN"	0.01	5	e
Treat. 10 "ALTIPLANO"	0.008	5	e
Treat. 07 "PERUANITA"	0	5	e
Treat. 05 "RUKI"	0	5	e

Número de huevos NH. Pruebas estadísticas Scoth-Knott.

Fuente: (CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri *et al.*, 2001)

Tabla 13: Datos de evaluación en invernadero y laboratorio para tesis.

LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE INVERNADERO Y LABORATORIO									
DESCRIPCION DE REGISTROS		PARAMETROS EVALUADOS EN INVERNADERO					PARAMETROS EVALUADOS EN LABORATORIO		
N° REPETICIONES	CODIGO DE VARIETADES EN INVERNADERO	ALTURA DE PLANTA/m	PESO AEREO DE PLANTA/grs	LONGITUD DE RAIZ/cm	PESO DE RAIZ/grs	N° TUBERCULOS	NUMERO DE NODULOS	POBLACION FINAL	FR
1	com	85,40	70,00	22,00	27,00	7	121	563	0,11
2	com	82,40	65,00	22,00	25,00	10	87	457	0,09
3	com	88,40	60,00	30,00	26,00	9	98	564	0,11
4	com	72,50	62,00	28,00	25,00	15	102	678	0,14
5	com	81,50	90,00	32,00	30,00	14	112	650	0,13
1	hua.	112,00	60,00	15,00	10,00	2	245	1045	0,21
2	hua.	113,00	60,00	18,00	13,00	7	325	875	0,18
3	hua.	116,00	52,00	27,00	9,00	1	367	769	0,15
4	hua.	113,00	50,00	20,00	9,00	5	431	985	0,20
5	hua.	110,00	45,00	20,00	10,00	12	389	1021	0,20
1	tes	67,40	50,00	32,00	25,00	28	98	653	0,13
2	tes	75,40	60,00	37,00	22,00	16	65	569	0,11
3	tes	72,90	65,00	27,00	21,00	24	67	654	0,13
4	tes	71,40	70,00	30,00	21,00	20	59	854	0,17
5	tes	70,50	65,00	28,00	22,00	26	68	753	0,15
1	imb	88,50	50,00	16,00	22,00	9	32	143	0,03
2	imb	90,00	50,00	23,00	29,00	8	23	126	0,03
3	imb	92,00	55,00	28,00	21,00	11	31	157	0,03
4	imb	91,00	50,00	12,00	13,00	8	28	150	0,03
5	imb	87,00	60,00	12,00	21,00	7	26	117	0,02
1	ruk	105,00	42,00	8,00	5,00	5	0	0	0,00
2	ruk	103,00	40,00	9,00	5,00	9	0	0	0,00
3	ruk	103,00	45,00	6,00	8,00	12	0	0	0,00
4	ruk	100,00	40,00	10,00	6,00	8	0	0	0,00
5	ruk	102,00	42,00	10,00	11,00	6	0	0	0,00
1	per.	94,00	45,00	20,00	9,00	9	10	56	0,01
2	per.	90,00	50,00	14,00	10,00	5	21	112	0,02
3	per.	85,00	47,00	15,00	8,00	3	14	110	0,02
4	per.	91,00	45,00	20,00	10,00	7	13	87	0,02
5	per.	87,00	45,00	19,00	7,00	2	16	65	0,01
1	sil.	85,00	50,00	19,00	29,00	4	0	0	0,00
2	sil.	86,00	69,00	18,00	21,00	3	0	0	0,00
3	sil.	82,00	47,00	21,00	20,00	5	0	0	0,00
4	sil.	79,00	50,00	17,00	15,00	4	0	0	0,00
5	sil.	80,00	48,00	27,00	26,00	4	0	0	0,00
1	can.	100,00	50,00	27,00	36,00	14	10	54	0,01
2	can.	78,00	65,00	31,00	35,00	11	7	53	0,01
3	can.	90,00	30,00	34,00	28,00	25	6	67	0,01
4	can.	85,00	30,00	26,00	21,00	6	9	62	0,01
5	can.	102,00	52,00	28,00	21,00	4	12	58	0,01
1	ven.	100,00	40,00	18,00	15,00	10	12	110	0,02
2	ven.	101,00	50,00	18,00	12,00	5	14	121	0,02
3	ven.	100,00	40,00	20,00	18,00	6	17	105	0,02
4	ven.	100,00	40,00	18,00	10,00	9	15	106	0,02
5	ven.	101,00	45,00	23,00	23,00	9	16	110	0,02
1	alt.	85,00	40,00	17,00	16,00	9	15	30	0,01
2	alt.	82,00	35,00	14,00	19,00	2	7	43	0,01
3	alt.	76,00	32,00	22,00	17,00	3	12	54	0,01
4	alt.	80,00	35,00	14,00	22,00	15	15	24	0,00
5	alt.	95,00	30,00	14,00	15,00	6	13	32	0,01

Nota: com=compis, hua=huayro, tes=imilla negra, imb=imilla blanca, ruk=ruki, per=peruanita, sil=silver, can=canchay, ven=venturana, alt=altiplano.