

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR Y COMPORTAMIENTO DE
Meloidogyne sp. EN *Zingiber officinale* Roscoe EN PICHANAQUI
CHANCHAMAYO JUNÍN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

INOCENCIO CHÁVEZ HERRERA

LIMA – PERÚ

2023

Identificación Preliminar y Comportamiento de Meloidogyne sp. En Zingiber officinale Roscoe en Pichanaqui Chanchamayo Junín

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

dialnet.unirioja.es

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR Y COMPORTAMIENTO DE
Meloidogyne sp. EN *Zingiber officinale* Roscoe EN PICHANAQUI
CHANCHAMAYO JUNÍN”**

INOCENCIO CHÁVEZ HERRERA

Tesis para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Alberto Julca Otiniano
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Ángel Alfonso Palomo Herrera
ASESOR

.....
PhD. Walter Apaza Tapia
MIEMBRO

.....
PhD. Liliana Aragón Caballero
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Benjamín y Sofía, que posiblemente por ahora no entiendan mis palabras, pero cuando sean capaces de entender, quiero que sepan lo que significan para mí, son el motor que me impulsa a seguir adelante, sacar fuerzas de donde no hay. los amo!

A mis Padres Lorenzo y Luzmila, por haberme forjado en la persona que soy ahora. Muchos de mis logros se los debo a ellos incluido éste, siempre están con sus motivaciones para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos, son mis mentores y ejemplos a seguir. Siempre están en mis aciertos y desaciertos alentándome a seguir adelante. Por enseñarme a luchar a lograr los sueños.

A Elena, por su paciencia y apoyo incondicional. Gracias por estar siempre en el desarrollo de mis metas

AGRADECIMIENTO

- A mi asesor Ing. Mg. Sc. Ángel Alfonso Palomo Herrera, gracias por su paciencia y apoyo en todo momento durante el desarrollo de este trabajo, siempre dispuesto.
- Al Ing. Luis Alejandro Saire Quispe, por su apoyo durante la parte experimental y la redacción del documento, siempre estuvo dispuesto a despejar mis dudas.
- A mi hermano Fulgencio, por su apoyo incondicional antes, durante y después de mi vida universitaria. ¡muchas gracias!
- A mi ex jefe y amigo Elvis Méndez “cachuca” por acogerme durante y después del desarrollo de la tesis en Pichanaqui.
- A las señoras Julia y Olga encargadas del laboratorio de Nematología UNALM, gracias por su apoyo y aliento en cumplir este trabajo.
- A mis profesores de mi alma mater, en especial a los que formaron parte del jurado: Dr. Alberto Julca Otiniano, PhD. Walter Apaza Tapia, PhD. Liliana Aragón Caballero. Gracias por sus observaciones en la mejora de este trabajo.
- A mis amigos y colegas de la UNALM, quienes aportaron de una y forma en la ejecución de la tesis y durante mi vida universitaria.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	PROBLEMÁTICA	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
II.	REVISIÓN LITERARIA	3
2.1	EL CULTIVO.....	3
2.1.1	Origen	3
2.1.2	Características Botánicas	3
2.1.3	Taxonomía	4
2.1.4	Factores que Influyen en el Desarrollo del Cultivo	4
2.1.5	Zonas de Producción.....	6
2.1.6	Variedades	7
2.1.7	Comercialización	7
2.2	MELOIDOGYNE.....	8
2.2.1	Generalidades	8
2.2.2	Historia	8
2.2.3	Taxonomía	9
2.2.4	Características Generales	10
2.2.5	Hospedantes y Distribución Mundial	11
2.2.6	Ciclo de Vida	12
2.2.7	Factores que Afectan el Desarrollo del Nemátodo	13
2.2.8	Sintomatología.....	14
2.2.9	Control	15
2.3	NEMÁTODOS EN JENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	16
2.4	MÉTODOS DE IDENTIFICACION DE ESPECIES DE <i>Meloidogyne</i> spp.	18
2.4.1	Identificación morfológica.....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1	LUGARES DE EJECUCIÓN.....	20
3.2	COLECCIÓN DEL INÓCULO	20
3.3	MATERIALES:.....	21
3.4	METODOLOGÍA.....	22
3.4.1	Identificación morfológica de la especie	22

3.5	IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ESPECIE DE <i>Meloidogyne</i>	23
3.5.1	Características a ser usadas en la identificación morfológica de las hembras:.....	23
3.5.2	Características a ser usadas en la identificación morfológica de los machos.	25
3.6	REACCIÓN DE <i>Zingiber officinale</i> Roscoe A CUATRO NIVELES POBLACIONALES DE <i>Meloidogyne</i>	27
3.6.1	Preparación del sustrato	27
3.6.2	Instalación del Jengibre.	27
3.6.3	Inoculación	28
3.6.4	Mantenimiento y cuidados.....	29
3.6.5	Evaluaciones	30
3.6.6	Parámetros de desarrollo de la planta	30
3.6.7	Parámetros de respuesta del cultivo al inóculo.....	31
3.6.8	Parámetros de reproducción del nemátodo (parámetro directo).....	33
3.6.9	Determinación de la eficiencia del hospedante en la reproducción del nemátodo (parámetro directo).....	34
3.7	DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	34
3.8	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
4.1	IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ESPECIE	36
4.2	PARÁMETROS DE DESARROLLO DE LA PLANTA	39
4.2.1	Altura de la planta.....	39
4.2.2	Peso fresco de la parte aérea	45
4.2.3	Peso seco de la parte aérea.....	50
4.2.4	Medida de la Raíz Más Larga.....	55
4.2.5	Peso Fresco de la raíz	60
4.3	PARÁMETROS DE RESPUESTA DEL CULTIVO AL INÓCULO.....	66
4.3.1	Número de tallos del jengibre.....	66
4.3.2	Daño o grado de nodulación	71
4.3.3	Grado de daño en el rizoma (merma del producto comercial)	80
4.4	PARÁMETRO DE REPRODUCCIÓN DEL NEMÁTODO	87
4.4.1	Número de huevos por gramo de raíz (N° huevos/g. Raíz).....	87
4.4.2	Número de juveniles 2 (J2) en 100 cc de suelo	93
4.4.3	Población final (Pf).....	99

4.4.4	Tasa de reproducción	105
4.5	EFICIENCIA DEL HOSPEDANTE PARA LA REPRODUCCIÓN DEL NEMÁTODO (Pf/Pi).....	110
4.6	REACCIÓN DE JENGIBRE FRENTE A <i>Meloidogyne</i> spp.	111
V.	CONCLUSIONES	113
VI.	RECOMENDACIONES	114
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	115
VIII.	ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de Jengibre.....	4
Tabla 2: Características usadas en la identificación morfológica de las cinco especies más comunes (<i>M. incognita</i> , <i>M. exigua</i> , <i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> y <i>M. hapla</i>) basados en el patrón perineal de la hembra en oviposición.	25
Tabla 3: Características usadas en la identificación morfológica de las cinco especies más comunes (<i>M. incognita</i> , <i>M. exigua</i> , <i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> y <i>M. hapla</i>) basados en la cabeza de especímenes machos.	26
Tabla 4: Número de tratamientos, densidades inoculadas de <i>Meloidogyne</i> spp. en jengibre y repeticiones.....	29
Tabla 5: Escala de Nodulación del Proyecto Internacional de <i>Meloidogyne</i> (PIM).	31
Tabla 6: Descripción de la Escala de Evaluación de Zeck para raíces infestadas por <i>Meloidogyne</i> spp.....	32
Tabla 7: Escala para la evaluación del Grado de Daño por <i>Meloidogyne</i> spp. en Rizomas de Jengibre (Elaboración propia).....	33
Tabla 8: Calificación de la reacción de Jengibre al género <i>Meloidogyne</i> , propuesta por V. Dropkin y modificada por Canto-Sáenz.	34
Tabla 9: Prueba de comparación de medias de Tukey: Altura de planta (cm) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	41
Tabla 10: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso fresco de la parte aérea (g) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	47
Tabla 11: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso seco de la parte aérea (g) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	52
Tabla 12: Prueba de comparación de medias de Tukey: Medida de la raíz más larga (cm) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	57
Tabla 13: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso de la raíz (g) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	62

Tabla 14: Prueba de comparación de medias de Tukey: Cantidad de tallos de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	68
Tabla 15: Prueba de comparación de medias de Tukey: Nodulación de raíces de jengibre según la escala PIM, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	72
Tabla 16: Prueba de comparación de medias de Tukey: Nodulación de raíces de jengibre según la escala Zeck, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	77
Tabla 17: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso de rizoma y daño rizoma según los tratamientos inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (140 ddi) La Molina.....	80
Tabla 18: Prueba de comparación de medias de Tukey: Número de huevos por gramo de raíz (A), Número de huevos por Planta (B), inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	90
Tabla 19: Prueba de comparación de medias de Tukey: Población de juveniles 2 (J2) en 100 cc de suelo (A), J2 en 2000 cc suelo (B) inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	96
Tabla 20: Prueba de comparación de medias de Tukey: Población final de huevos y J2, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	102
Tabla 21: Prueba de comparación de medias de Tukey: Tasa de reproducción según los tratamientos inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> sp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	107
Tabla 22: Eficiencia de Jengibre en la reproducción de <i>Meloidogyne</i> spp. Inoculadas en diferentes cantidades poblacionales y evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui	110
Tabla 23: Resumen de algunas variables de la tercera evaluación y su significancia en la comparación de medias para Tukey.	111

Tabla 24: Calificación de la reacción de Jengibre al género <i>Meloidogyne</i> spp, propuesta por V. Dropkin y modificada por Canto-Sáenz.	112
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de Pichanaqui en el mapa del Perú, lugar donde se colecto el inóculo y se hizo una parte del trabajo.	20
Figura 2: Colección del inóculo de <i>Meloidogyne</i> spp. en Pichanaqui.....	21
Figura 3: <i>Meloidogyne</i> spp en la raíz y rizoma del Jengibre.....	23
Figura 4: Morfología general del patrón perineal de un espécimen hembra de <i>Meloidogyne</i> spp. (Eisenback et al., 1983).	24
Figura 5: Vista lateral de la morfología básica de la cabeza y estilete de un espécimen macho de <i>Meloidogyne</i> spp. (Eisenback et al., 1983).	24
Figura 6: Instalación de jengibre para el ensayo: 1: Selección de semilla. 2: Inmersión en Agrostemin® (600 ml/cil). 3: Encalado. 4: A (siembra en Pichanaqui), B (siembra en La Molina).....	28
Figura 7: Escala de Evaluación de Zeck para raíces infestadas por <i>Meloidogyne</i> spp...	32
Figura 8: Patrones perineales de especímenes hembras con características de <i>Meloidogyne incognita</i>	37
Figura 9: Patrones perineales de especímenes hembras con características de <i>Meloidogyne exigua</i> (A) y <i>Meloidogyne javanica</i> (B).	38
Figura 10: Forma de la cabeza de especímenes machos con características de <i>Meloidogyne incognita</i>	38
Figura 11: Altura de planta de Jengibre inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi); La Molina.....	42
Figura 12: Altura de planta de Jengibre inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (60 y 100 ddi); Pichanaqui.....	43
Figura 13: Tamaño de planta de Jengibre inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo), A (La Molina), B (Pichanaqui). ..	44
Figura 14: Peso fresco parte aérea de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	48
Figura 15: Peso fresco parte aérea de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	49
Figura 16: Peso seco parte aérea de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	53
Figura 17: Peso seco parte aérea de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	54

Figura 18: Tamaño de las raíces más largas de Jengibre inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo).....	57
Figura 19: Medida de la raíz más larga de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi); La Molina.....	58
Figura 20: Medida de la raíz más larga de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi); Pichanaqui.	59
Figura 21: Peso fresco raíces de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	63
Figura 22: Peso fresco raíces de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	64
Figura 23: Raíces de Jengibre inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo), A (La Molina), B (Pichanaqui).	65
Figura 24: Tamaño de rizomas asociadas al número de tallos, entre el testigo y las plantas inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo), evaluadas a los 140 ddi.....	69
Figura 25: Número de tallos de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	69
Figura 26: Número de tallos de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	70
Figura 27: Nodulación PIM raíces de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	73
Figura 28: Nodulación PIM raíces de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	74
Figura 29: Raíces de Jengibre noduladas y evaluadas con la escala de Zeck. Inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo).	77
Figura 30: Nodulación ZECK raíces de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	78
Figura 31: Nodulación ZECK raíces de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	79
Figura 32: Relación entre la población inoculada de <i>Meloidogyne</i> spp. y peso de rizoma (g) de Jengibre (rendimiento).	81
Figura 33: Relación entre la población inicial de <i>Meloidogyne</i> spp. y daño de rizoma de jengibre (merma). En porcentaje.	81

Figura 34: Peso de rizomas de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (140 ddi) La Molina.....	84
Figura 35: Daño de rizomas de Jengibre, inoculadas con <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (140 ddi) La Molina.	85
Figura 36: Rizomas de Jengibre con daños severos por <i>Meloidogyne</i> spp.	86
Figura 37: Diferencia de tamaño de rizomas, entre el testigo y los tratamientos inoculadas.	86
Figura 38: Número de huevos de <i>Meloidogyne</i> spp en un gramo de raíz de Jengibre, inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	91
Figura 39: Número de huevos de <i>Meloidogyne</i> spp en un gramo de raíz de Jengibre, inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	92
Figura 40: Población de juveniles 2 (J2) de <i>Meloidogyne</i> spp en 100 cc de suelo, inoculadas en Jengibre en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.	97
Figura 41: Población de juveniles 2 (J2) de <i>Meloidogyne</i> spp en 100 cc de suelo, inoculadas en Jengibre en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	98
Figura 42: Población total de <i>Meloidogyne</i> spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.	103
Figura 43: Población total de <i>Meloidogyne</i> spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	104
Figura 44: Tasa reproductiva (Pf/Pi) de <i>Meloidogyne</i> spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.....	108
Figura 45: Tasa reproductiva (Pf/Pi) de <i>Meloidogyne</i> spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Primera evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con <i>Meloidogyne</i> spp (La Molina).....	121
Anexo 2: Segunda evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con <i>Meloidogyne</i> spp (La Molina).....	122
Anexo 3: Tercera evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con <i>Meloidogyne</i> spp (La Molina).....	123
Anexo 4: Primera evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con <i>Meloidogyne</i> spp (Pichanaqui).....	124
Anexo 5: Segunda evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con <i>Meloidogyne</i> spp (Pichanaqui).....	125
Anexo 6: Análisis de variancia sobre los datos de Altura de Planta de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	126
Anexo 7: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Fresco Aereo de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	126
Anexo 8: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Seco Aereo de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	127
Anexo 9: Análisis de variancia sobre los datos de Medida de la raíz más larga de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	127
Anexo 10: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Fresco Raíz de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	128
Anexo 11: Análisis de variancia sobre los datos de Número de Brotes de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	128
Anexo 12: Análisis de variancia sobre los datos de la escala PIM a la nodulación de raíces de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	129

Anexo 13: Análisis de variancia sobre los datos de la escala Zeck a la nodulación de raíces de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	129
Anexo 14: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Rizoma de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (140 ddi) La Molina.....	130
Anexo 15: Análisis de variancia sobre los datos de Daño de Rizomas de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (140 ddi) La Molina.	130
Anexo 16: Análisis de variancia sobre los datos de Población de Huevos en la raíz de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	130
Anexo 17: Análisis de variancia sobre los datos de Población de Huevos por gramo de raíz de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.	131
Anexo 18: Análisis de variancia sobre los datos de Población de J2 en 2000 cc de suelo, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	131
Anexo 19: Análisis de variancia sobre los datos de Población de J2 en 100 cc de suelo, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	132
Anexo 20: Análisis de variancia sobre los datos de Población Total de nemátodos, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	132
Anexo 21: Análisis de variancia sobre los datos de Tasa Reproductiva de nemátodos, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.....	133
Anexo 22: Análisis de variancia al Grado de Daño de rizoma de Jengibre (escala elaborada), inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas a los 140 ddi en La Molina.....	133
Anexo 23: Análisis de variancia al Grado de Daño de rizoma de Jengibre (%) inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de <i>Meloidogyne</i> spp. Evaluadas a los 140 ddi en La Molina.	133

Anexo 24: Inoculación del ensayo de jengibre con <i>Meloidogyne</i> spp. en La Molina y Pichanaqui.	134
Anexo 25: Ciclo biológico del genero <i>Meloidogyne</i>	134
Anexo 26: Exportaciones de Jengibre Peruano en los dos últimos años (2021 - 2022)	135
Anexo 27: Principales países de destino del Jengibre Peruano (Año; 2022)	135
Anexo 28: Medias climáticas de La Molina y Pichanaqui entre los años 1991 - 2020.	136

RESUMEN

El jengibre peruano tiene un mercado ganado en el exterior. Sin embargo, los problemas fitosanitarios son la principal merma de la producción, siendo los nemátodos del género *Meloidogyne* un problema de importancia. El objetivo de este trabajo es la identificación morfológica y, el comportamiento del jengibre a diferentes cantidades poblaciones de *Meloidogyne* spp. El trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero en La Molina (maceteros) y en ambiente abierto en Pichanaqui (bolsas), ambos con 2000 cc de sustrato, la parte de identificación morfológica se hizo en el Laboratorio de Nematología de UNALM. Las muestras para la identificación morfológica y el inóculo, se colectaron de campos comerciales de jengibre que presentaban los síntomas característicos del nemátodo, se aislaron 20 hembras y dos machos que se encontraron en la muestra para la identificación mediante el método morfológico. De las hembras resultaron 11 con características de *M. exigua* (55 por ciento), siete con características de *M. incognita* (35 por ciento) y dos con características de *M. javanica* (10 por ciento), así mismo, los dos machos reforzaron a *M. incognita*. Por otro lado, los tratamientos trabajados fueron 5, 50, 500, 1,000 (huevos / 100 cc de suelo) y un tratamiento testigo sin inóculos, los parámetros evaluados indirectos (altura de planta, peso aéreo, raíz, etc.) y directos (reproducción del nemátodo, eficiencia del hospedante comportamiento de planta), tuvieron diferencias significativas, pero, con marcadas diferencias a nivel de invernadero en comparación de los datos obtenidos de Pichanaqui. Además, según los parámetros evaluados, se estableció que el cultivo de jengibre es un hospedante eficiente para *Meloidogyne* spp. obteniendo para este trabajo, una pérdida de hasta 80 por ciento de la producción con el mayor tratamiento y, una reducción gradual directa en cuanto a calidad del rizoma con todos los tratamientos inoculados.

Palabras clave: Jengibre, *Zingiber officinale*, *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*.

ABSTRACT

Peruvian ginger has gained a market presence abroad. However, phytosanitary issues represent the primary setback in production, with nematodes of the *Meloidogyne* genus being a significant concern. The study's objective is the morphological identification and behavior of ginger under different population densities of *Meloidogyne* spp. The research was conducted under semi-controlled conditions in La Molina (pots) and in open environments in Pichanaqui (bags), both using 2000 cc of substrate. The morphological identification part was carried out in the UNALM Nematology Laboratory. Samples for morphological identification and inoculation were collected from commercial ginger fields displaying characteristic nematode symptoms. Twenty females and two males were isolated from the sample for morphological identification. Of the females, 11 exhibited characteristics of *M. exigua* (55 percent), seven of *M. incognita* (35 percent), and two of *M. javanica* (10 percent). Furthermore, the two males confirmed the presence of *M. incognita*. On the other hand, the treatments included five different inoculation levels: 5, 50, 500, 1000 (eggs/100 cc of soil), and a control treatment with no inoculation. Significant differences were observed in both indirect parameters (plant height, aerial and root weight, etc.) and direct parameters (nematode reproduction, host efficiency, plant behavior). However, there were marked differences between greenhouse and Pichanaqui data. According to the evaluated parameters, it was established that ginger cultivation is an efficient host for *Meloidogyne* spp. In this study, a production loss of up to 80 percent was observed with the highest treatment, along with a gradual reduction in rhizome quality with all inoculated treatments.

Keywords: Ginger, *Zingiber officinale*, *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*.

I. INTRODUCCIÓN

El año 2013 ha sido para la agricultura peruana de la zona de selva central una de las épocas más complicadas. Más del 60 por ciento de la producción cafetalera (principal actividad agrícola de esta zona), fue diezmada por la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), las pérdidas a nivel nacional alcanzaron por encima de 1,000 millones de soles (Julca et al., 2013). La poca variabilidad genética del cultivo, la insistencia en las mismas técnicas de manejo por años, el uso excesivo de los pesticidas que generan resistencia en las plagas y enfermedades, etc. Son algunas de las razones que ayudaron a que la roya haya alcanzado niveles muy altos en cuanto a pérdidas.

Debido al suceso citado en lo anterior y el precio internacional del café, muchos de los agricultores cafetaleros decidieron migrar a otras actividades o, buscar nuevas alternativas con cultivos diferentes, como es la granadilla (*Passiflora ligularis*), palillo (*Curcuma longa*) y kion o jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe). Entre los años 2015 al 2021 la producción del jengibre en nuestro país y, principalmente en la zona de la Selva Central ha crecido de manera geométrica (MIDAGRI, 2020), con una baja en la campaña 2022 y 2023 por tema de precios internacionales. El kion es una alternativa para el agricultor de la selva central por tener una alta rentabilidad que el café u otros cultivos. El jengibre es apreciado en el exterior por ser el ingrediente principal en la preparación de muchos alimentos, bebidas y por las propiedades curativas. Además, el jengibre que produce la selva central cumple con los estándares de calidad que exige el cliente, la mayoría de los campos tiene certificación orgánica y Global GAP, un producto orgánico es más competitivo en el mercado externo y de mayor retorno en cuanto a la rentabilidad.

1.1 PROBLEMÁTICA

Sin embargo, no todo es tranquilidad. Con muchas hectáreas instaladas también los problemas de plagas y enfermedades comienzan a ser más notorias, en los últimos años la calidad y el rendimiento por hectárea ha caído considerablemente. Según los reportes de SENASA, las principales plagas tenemos Coqui (*Atta cephalotes*) y el nemátodo (*Meloidogyne* sp), en cuanto a las enfermedades son más complejas, se tiene tanto fúngicas

como también bacterianas, los de mayor importancia económica son el Pie negro (*Rosellinia* sp) y Pudrición blanda (*Erwinia* sp). Puesto que, hay muchas otras que siguen siendo motivo de investigación. Por la importancia que viene tomando en la agro-exportación peruana y el mercado cada vez creciente, es conveniente hacer las investigaciones en el manejo de este cultivo que se adecuen a nuestra realidad. En el Perú no existe ningún trabajo hecho por una entidad pública o privada en los diferentes temas como: sanidad, fertilización, mejoramiento, manejo técnico del cultivo, uso adecuado de tierras, etc. El agricultor viene trabajando con la tecnología y las practicas que ha aprendido con su experiencia. Sin embargo, en las últimas cosechas la merma ha venido acrecentando cada vez más sobre, todo por problemas fitosanitarios, hongos, bacterias y los nemátodos.

En el manejo del cultivo la inversión de mano de obra es alta, debido a la fisiografía accidentada de las zonas productoras del jengibre no se puede mecanizar ninguna labor, es por ello, mucha gente de otras zonas del país ha migrado a esta zona productora de Jengibre en busca de un trabajo, siendo la cosecha como una actividad que demanda el mayor porcentaje de la mano de obra en campo. Así mismo, es pertinente precisar que la demanda de mano de obra que necesita las empresas procesadoras para la exportación es alta, el costo de producción de las empresas se eleva hasta 0.25 soles por kilo del producto exportable, a nivel de estas empresas el pico máximo en cuanto a la demanda de mano de obra se da en los meses de julio a noviembre.

1.2 OBJETIVOS

Por la importancia que tiene el cultivo, como también con la finalidad de aportar en la investigación y mejorar los rendimientos productivos, nos lleva a realizar este trabajo con el objetivo general de: Determinar la o las especies de *Meloidogyne* que afecta el jengibre, y el comportamiento a diferentes densidades poblacionales, en Lima y Pichanaqui en ambientes semi controlados. Mientras que los objetivos específicos son:

- Identificar la especie de *Meloidogyne* que afecta *Zingiber officinale* en Pichanaki.
- Determinar el comportamiento de *Zingiber officinale* Roscoe, al ser inoculadas con diferentes densidades poblacionales de *Meloidogyne* spp.
- Determinar el comportamiento de la planta y del nemátodo en dos localidades, Lima y Pichanaki con ambientes semi controlados.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1 EL CULTIVO

2.1.1 Origen

El jengibre, es originario de las zonas tropicales del sureste asiático, exactamente del área Indomalaya al sur de Asia. Bien adaptada en Jamaica, África, en las Indias occidentales, México y en la Florida. No se conoce al estado silvestre y su cultivo es muy antiguo, especialmente en China, en Europa fue conocido desde la antigüedad por griegos y romanos. (Enríquez et al., 2012).

El jengibre ha tomado un valor muy importante en el comercio del mundo antiguo, por las propiedades medicinales fueron usados en la preparación de muchos brebajes. Los comerciantes árabes fueron los que introdujeron desde India a Europa y, con la conquista del continente americano llega a establecerse en Centro América. Por las migraciones que ha venido haciendo en el tiempo también adquiere muchos nombres comunes según la zona o el lugar, ajengibre (Cuba), jengibre dulce (Puerto Rico), gingembre, gingibre (Antillas Francesas), ingwer (Alemania), gingembre (Francia), ginger (Inglaterra), gengibre, gengivre, mangaratiá (Portugal), kiong (China) y kion (Perú). La palabra Jengibre deriva del sanscrito y significa *corniforme* de ello su nombre científico es *Zingiber officinale*. (Ravindra y Nirmal, 2005; Enríquez, et al., 2012)

2.1.2 Características Botánicas

Según Ocampo (2000). Es una hierba perenne, de follaje verde claro y una altura de hasta 1.20 m. La hoja tiene una vaina envolvente que termina en una lígula pequeña, de pecíolo muy corto y lámina lanceolada aguda en el ápice. En un estudio de análisis cariológico a las células meristemáticas de las plantas obtenidas in vitro, se encontró el mismo número de cromosomas que la planta madre $2n = 22$. Además, con ello se puede asegurar que el jengibre tiene una estabilidad genética.

Tiene un rizoma subterráneo, éstas son digitadas (en forma de manos) del que parten vástagos aéreos, cubiertos por vainas envolventes y raíces adventicias en la parte inferior.

Tiene un olor aromático y agradable, en tanto que el sabor es picante, de ahí los usos en la preparación de muchos alimentos como un ingrediente primario.

La inflorescencia está sostenida por tallos de 20 cm de altura, que nacen del rizoma. Dicha inflorescencia es una espiga ovoidea de 5 hasta 10 cm de longitud, compuesta de brácteas axilares, de color amarillo verdoso pálido. (Enríquez et al., 2012; Montalvo, 1991)

2.1.3 Taxonomía

El jengibre se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 1: Clasificación taxonómica de Jengibre.

Reino	Plantae
División	Angiosperma (Magnoliophyta)
Clase	Monocotiledonia (Liliopsida)
Sub – Clase	Zingiberidae
Orden	Scitaminea (Zingerales)
Familia	Zingiberaceae
Sub - Familia	Zingiberoideae
Tribu	Zingibereae
Genero	<i>Zingiber</i>
Especie	<i>officinale</i>
Variedad	Roscoe
Nombres Comunes	Jengibre, gigembre, ginger, gengivre, gengibre, kiong, kion.

Fuente: Ruano et al, (1992); Enríquez, et al, (2012).

2.1.4 Factores que Influyen en el Desarrollo del Cultivo

- **Clima y suelo**

Requiere de temperaturas constante y elevada alrededor de 25°C, a esta temperatura alcanza un buen desarrollo la planta, soporta 16°C y 34°C, menores a los 16°C detiene el crecimiento principalmente cuando el periodo de exposición es largo. Además, se desarrolla mejor en zonas donde el promedio de lluvia que cae al año son mayores a 2000 mm. Progresa hasta los 1500 msnm, sin embargo, los rendimientos buenos y una mejor calidad del producto se logra en la zona de 750 hasta los 1250 msnm en las condiciones del Perú.

El jengibre necesita suelos fértiles, suelto, ricos en humus, materia orgánica y de fácil drenaje, puesto que, el encharcamiento genera pudrición en los rizomas, por esta razón, no

se recomienda el uso de terrenos llanos o fáciles de inundar, el cultivo se desarrolla mejor en terrenos de primera siembra porque estos contienen mayor disponibilidad de nutrientes, los suelos tendrán que ser profundos ya que las raíces y los rizomas tienen un buen desarrollo. Además, el pH del suelo debe de ser entre 6.5 a 7. En terrenos muy pesados o arcillosos no se recomienda la instalación del cultivo porque en época de verano o ausencia de lluvia los rizomas pueden sufrir daños y malformaciones (Ruano et al., 1992)

Para la siembra, la semilla se debe preparar con ocho a 15 días de anticipación. Para el tema de control de las enfermedades, se desinfecta con productos permitidos en la producción orgánica. Además, se acompaña con algunos activadores de yemas para lograr un brotamiento uniforme. Luego del tratamiento se deja reposar bajo sombra hasta la siembra. La semilla debe tener por lo menos tres a más yemas vivas (Montalvo, 1991).

La siembra se debe realizar a un distanciamiento de 40 a 60 cm entre hileras y de 20 a 25 cm entre plantas (Montalvo, 1991). Para el caso del Perú también se usa distancias similares (60 cm entre surcos y 20 cm entre plantas), teniendo una producción de 25 a 30 toneladas por hectárea.

- **Fertilización**

La respuesta a las aplicaciones de fertilizantes en cantidades adecuadas es muy buena, se debe aplicar nitrógeno, fósforo y potasio al mismo tiempo, principalmente en suelos pobres. Las cantidades recomendadas conviene dividir en tres o cuatro aplicaciones, para ello, es muy importante hacer el análisis de fertilidad del suelo. Según Ruano et al (1992), para las condiciones de Costa Rica, recomienda lo siguiente. Primera fertilización a la siembra, pero, no debe de entrar en contacto con la semilla, las siguientes fertilizaciones se debe de hacer hasta los cinco o seis meses de cultivo como máximo para que la planta pueda aprovechar mejor en el desarrollo del rizoma, todo ello recomienda trabajar con la siguiente fórmula: 10 – 24 – 10 ó 10 – 30 – 10. Sin embargo, para las condiciones del Perú debemos tener mucho cuidado en adecuar las recomendaciones de otros países, puesto que, las realidades son distintas. Además, el manejo del cultivo generalmente es para un mercado orgánico, donde el agricultor no tiene muchas opciones de fertilizantes, por lo tanto, la experiencia es lo que más prima que las recomendaciones hechas por trabajos de investigación que por cierto tampoco existen.

- **Plagas y enfermedades**

Se han reportado más de 20 géneros de insectos como plagas en el cultivo de Jengibre, dichos reportes pertenecen a la zona de origen del cultivo (Sur de Asia), siendo India con mayores reportes. Entre las plagas más importantes se citan a *Conogethe* y *Aspidiella* barrenadores de falso tallo y los rizomas respectivamente. Además, se reporta al género *Stegobium*, como plaga de almacén. Para las condiciones del Perú no se han reportado más que *Atta cephalotes* (Coqui) que pueda ocasionar un daño de importancia económica en el cultivo, este último, puede tener un efecto drástico si no se llega a controlar adecuadamente (Ravindra y Nirmal, 2005).

En cuanto se refiere a los hongos y bacterias, también se citan a muchos géneros, siendo el cultivo de Jengibre un hospedante de importancia económica para *Rosellinia*, *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) y algunas manchas foliares como *Cercospora*, *Alternaria*, etc. Estos son citados como los causantes de un daño económicamente importante en las zonas de mayor producción de Jengibre (India y Centro América). Además, los textos reportan que, las pudriciones bacterianas tampoco son ajenas al Jengibre, entre ellas se citan a *Erwinia* y *Pseudomonas* (Ravindra y Nirmal, 2005; Ruano et al., 1992; Trujillo, 1964).

El manejo de malezas en el cultivo es vital, además de ser muy competitivas son hospedantes de plagas y enfermedades. Es pertinente citar que, en las condiciones del Perú, el manejo de malezas se da mediante deshierbo manual, puesto que, la condición fisiográfica de muchos campos no amerita la mecanización; además, no se permite el uso de herbicidas con la finalidad de cumplir con las obligaciones de certificaciones orgánicas (experiencia propia).

2.1.5 Zonas de Producción

Tradicionalmente en el mundo, el jengibre se ha producido en su lugar de origen, la parte sudeste de Asia y, en algunos países como Australia, Japón, en la parte central de América y parte de Brasil con rendimientos diferidos (Ravindra y Nirmal, 2005).

En el Perú la zona de mayor producción es la Selva Central, que tiene casi la totalidad de la producción nacional, las provincias de Chanchamayo y Satipo de la Región Junín son los principales productores del jengibre. La zona de producción comprende también una pequeña parte de las regiones de Pasco y Ayacucho (AGRO-JUNÍN, 2023; MIDAGRI, 2020).

2.1.6 Variedades

Existe diversas especies de Jengibre procedentes de diferentes zonas según la adaptación que tienen éstas a las condiciones de la misma, el tipo de manejo, condiciones climáticas y el tiempo de cosecha o recolección son las que determinan las características organolépticas, fitoquímicas, farmacognósticos, etnobotánicas (Enríquez et al., 2012). En zona de mayor producción del Perú se puede encontrar dos variedades comerciales, la variedad más comercial es la amarilla, también es conocida como: criollo, amarillo, común, etc. La otra variedad se trata de Hawaiano con menor área productiva en el país, esta variedad se le conoce también como: chino, hawaiano, kion yuca, kion bola, etc.

2.1.7 Comercialización

Hace 25 siglos, el rizoma del jengibre ha sido utilizado en la elaboración de varios remedios tradicionales orientales, sobre todo en los trastornos digestivos. El jengibre ha sido considerado en el comercio del mundo antiguo como uno de los principales productos por las propiedades medicinales, hoy en día por muchos trabajos científicos se sabe que esta planta es un potente antioxidante, antiinflamatorio, inhibe la lipooxigenasa y la ciclooxigenasa porque presentan dos compuestos picantes: 6-gingerol y 6-paradol. Además, se menciona que desde hace siglos se viene usando puesto que presenta las siguientes propiedades: protector hepático, antitusiva, antiulcerosas, antiespasmódica, expectorante, laxante, cuando hay mala circulación, caso de calambres, en casos febriles, diurético, etc. También el jengibre es apreciado por sus compuestas volátiles (aceite esencial), el rizoma contiene de 10 a 25 ml de estos aceites esenciales, estos compuestos volátiles le dan la característica de aromática. Pero también se mencionan que presentan un grupo de compuestos no volátiles que aportan su pungencia y las propiedades farmacológicas antes citadas (Ravindra y Nirmal, 2005; Enríquez et al., 2012)

Para Montalvo. La expansión de este cultivo depende de un mercado muy especial, el de repostería y la fabricación de bebidas (Montalvo, 1991).

Hoy en día se viene desarrollando diferentes productos y presentaciones que podemos encontrar en el mercado a partir del Jengibre: fresco, deshidratado, harina, aceites esenciales, infusiones, bebidas, etc. En los países de Europa y Norte América, el uso principal es culinario ya sea procesada o fresca. Además, preparación de bebidas, infusiones y extracción de aceites esenciales por citar algunos. (Ravindra y Nirmal, 2005)

2.2 MELOIDOGYNE

2.2.1 Generalidades

Los nemátodos en general son organismos invertebrados que constituyen un “Phyllum” dentro del reino animal, en muchos casos son considerados animales. Sin embargo, a diferencia de los animales superiores carecen de los sistemas respiratorio y circulatorio como tales, son altamente diferenciados según su comportamiento o la función que cumplen. En este caso el género *Meloidogyne* podemos encontrar en todo el mundo, pero con mayor frecuencia y abundancia en las regiones de climas cálidos y tórridos e inviernos cortos y moderados. (Agrios, 2005; Frápolli, 2000; Cépeda, 1996).

Los nemátodos fitoparásitos son organismos microscópicos que miden alrededor de 0.5 mm, en su mayoría toman la forma de lombrices, están cubiertas por cutículas mucilaginosas transparentes que a su vez éstas son semipermeables de proteínas, lípidos y carbohidratos. Según la forma de alimentación, estas pueden ser endo o ectoparásitos, que a su vez comportarse como sedentarios o migrantes. En la mayoría de las especies las hembras son más grandes que los machos. Además, toman formas diferentes en la etapa adulta, pero, no siempre el macho es indispensable para la reproducción de la especie como es el caso del género *Meloidogyne*. (Taylor y Sasser, 1983; Román y Acosta 1984; Agrios, 2005).

2.2.2 Historia

El género *Meloidogyne* tal vez sea uno de los géneros más estudiados debido a su importancia económica en la agricultura y la distribución mundial. El primer reporte de este nemátodo se hizo en 1855, en Inglaterra en un invernadero de pepino se han observado que causaban nódulos en las raíces. (Cépeda, 1996).

En Sudamérica agosto de 1877 en la provincia de Rio de Janeiro, Brasil, se hicieron los primeros reportes al observar plantas enfermas de café se encontró raíces fibrosas con numerosas agallas, algunas de ellas terminales puntiagudas (piriformes), también se encontraron a lo largo de la raíz y, más escasas en las raíces laterales. Al revisar los nódulos más grandes (tamaño de una arveja), estos contenían individuos de paredes hialinas como también huevos elípticos encerrados en membranas hialinas. Se notó que de los huevos emergían pequeños animales vermiformes, las mismas que se encontraban en grandes cantidades en el suelo después de salir de las raíces agalladas (Taylor y Sasser, 1983).

En 1887 se hicieron más estudios detallados de esta enfermedad del café, en ella se pudo identificar a *Meloidogyne exigua* como causante de los daños. Siendo estas las primeras investigaciones de las especies de *Meloidogyne*.

Año 1949 a causa de la importancia que tomaba en la agricultura y el desarrollo de los nematicidas se hicieron más estudios en el género *Meloidogyne* spp. Se describió cuatro especies más comunes y ampliamente distribuidas: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*.

En el año 1977 Taylor y Sasser, publican la recopilación de sus trabajos de investigación en esta especie de nemátodo. En ella se da a conocer que aparte de los daños directos ocasionados a la planta, también, se debe de tener en cuenta los daños indirectos por las especies de *Meloidogyne*. Las partes dañadas son predispuestas al ataque de otras enfermedades fungosas y bacterianas, que, en las zonas tropicales de climas cálidas las pérdidas son mayores que en las frías. Además, se establecieron métodos de identificación de especies de *Meloidogyne* y, la confirmación de razas de las cuatro especies más estudiadas: *M. incognita*, cuatro ampliamente distribuidas, *M. arenaria*, dos, *M. javanica*, uno, *M. hapla*, uno. Dando como recomendación la práctica de la rotación de cultivos. (Taylor y Sasser, 1983).

2.2.3 Taxonomía

Phylum: Nemata

Clase Secernentea, Von Linstow 1950, Dougherty 1958.

Orden: Tylenchida, Thorne 1949.

Suborden: Tylenchina, Chitwood 1950.

Superfamilia: Tylenchoidea, Örley 1880.

Familia: Heteroderidae, Filipjev, Schuurmans, Sterkhoven 1941.

Subfamilia Meloidogyninae, Skarbilovich 1959.

Género: *Meloidogyne*, Göldi 1892.

Fuente: Agrios, (2005).

El género *Meloidogyne*, nemátodo de nódulos o nemátodo formador de agallas de la raíz, es parásito de casi todas las plantas cultivadas, es el que nos interesa en este trabajo.

2.2.4 Características Generales

Nemátodo de nódulo o de agallas se le conoce al género de *Meloidogyne* spp, debido a que forman nódulos en la zona afectada de la raíz. Este género es la de mayor importancia económica en la agricultura por tener una amplia distribución geográfica y, casi todas las plantas como hospedante. Para el manejo será necesario la rotación de cultivos y el uso de plantas resistentes a este nemátodo. Sin embargo, para un manejo adecuado, la clave deberá ser la identificación de la especie. (Guerra, 2017)

El nivel de daño que causan y el éxito de estos parásitos obligatorios dependerá de muchos factores, ya sean bióticos y/o abióticos. El comportamiento virulento de la especie es generalmente a una temperatura promedio de 25 a 30°C, la disponibilidad de alimentos y una humedad adecuada.

Los huevos son unicelulares que son ovipositados en sustancias mucilaginosas, dentro de pocos días mientras las condiciones sean adecuadas se habrá formado el estado juvenil 1 o la pre infectiva. En seguida, se da la emergencia o la salida de J2 llamada también infectiva, lo cual deberá encontrar rápidamente la raíz de donde alimentarse. Una vez ingresada en la raíz, se sitúa en el cilindro central y, las células adyacentes a la cabeza comienzan a transformarse en más grandes (Células gigantes). Mientras la larva se alimenta de estas células ocurre cambios en el nemátodo, el cuerpo comienza a hincharse, los aparatos reproductivos se habrán diferenciado de las hembras y machos, en ello ocurre la tercera y la cuarta muda (J3, J4). Después de la cuarta muda la hembra se queda en la raíz tomando la forma globular o de pera (piriforme), el macho abandona la raíz y es filiforme (Yeves et al., 1991; Taylor y Sasser, 1983)

En el suelo, la población de nemátodos se encuentra entre los cinco a 25 cm de profundidad en mayor cantidad, es en donde la temperatura tiene poca variación brusca en el tiempo, también es la zona donde se encuentra mayor cantidad de raíces activas de la mayoría de sus hospedantes (Agrios, 2005; Taylor y Sasser, 1983).

Características generales o resaltantes de *Meloidogyne*. Según Cépeda (1996)

- Presenta estiletes y nódulos medianos visibles al microscopio.
- El bulbo medio es redondo.
- El istmo es muy corto.
- La hembra en estado juvenil tiene la vulva de 70 a 80 por ciento de la parte anterior de la cabeza con ovario monodélfico - polidélfico no reflejado.

- La hembra adulta es globosa, con el ano y la vulva separados.
- La cutícula de la hembra es finamente estriada, cuyo modelo en la región perineal es característico y permite diferenciar a las especies.
- El tamaño aproximado es: hembra juvenil 500 micras, y en estado adulto globosas. 700 micras de largo y 400 micras de ancho.
- El macho es filiforme de 1400 micras de largo y 30 micras de ancho, aunque en los estados iniciales de su desarrollo (juvenil) es generalmente engrosado.
- El macho presenta la espícula muy cerca de la parte terminal de la cola.

2.2.5 Hospedantes y Distribución Mundial

Los hospedantes del genero *Meloidogyne* spp son casi todas las familias vegetales, se han reportado en más 2000 especies de plantas, por lo tanto, esto incluye los cultivos de importancia económica (Agrios, 2005), sin embargo, otros reportes señalan más de 3000 especies de plantas que son hospedantes del genero *Meloidogyne*.

En la producción de alimentos, es un reto el llegar al éxito de la misma, se debe llevar a menudo todos los factores que intervienen en la producción agrícola, que, muchas veces la combinación de aquellos da lugar a la baja rentabilidad. Por ello, es preciso cuantificar las pérdidas por cada factor que interviene para tener los datos correctos en las utilidades. Uno de los factores que a veces no se toma en cuenta o se maneja de manera equivocada son los problemas con los nemátodos, puesto que, los nemátodos a parte de los daños directos que ocasiona a la planta, son los vectores o los facilitadores de otros patógenos.

Los daños de los nemátodos en los cultivos son en proporción a la susceptibilidad de los mismos. Los principales cultivos de importancia agroexportador y de subsistencia familiar en los cuales se han reportado *Meloidogyne* con mayores daños son: palto, algodón, tomate, calabaza, sandía, esparrago, café, manzano, melón, plátano, papa, papaya, tabaco, vid, maíz, cebolla, ajíes, col, durazno, fresa, frijol, garbanzo, zanahoria, apio, etc. (Céspedes, 1996; Agrios, 2005)

El género *Meloidogyne* spp es el más distribuido geográficamente, se encuentra en zonas tropicales, subtropicales, climas mediterráneos. La capacidad de soportar varios factores adversos le da la característica de polífago. (Céspedes, 1996).

En la distribución mundial de este género, interviene factores como la temperatura, altitud y la planta hospedante, a partir de los 40° de latitud sur y norte donde las temperaturas son más bajas, la especie con mayor presencia es *M. hapla*, esta especie, también se han

reportado en las zonas de mayor altitud sobre el nivel de mar, donde, la temperatura promedio es baja. Entre las 35° de latitud sur y norte las más comunes son: *M. javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*, son más habituales la presencia de estas especies mientras se van acercando al Ecuador. Las cuatro especies citadas son las más diseminadas y comunes en el mundo y, probablemente causan mayor daño a los cultivos que la combinación de todas las otras especies de *Meloidogyne*. (Frápolti, 2000; Taylor y Sasser, 1983).

2.2.6 Ciclo de Vida

El tiempo de desarrollo de las especies de *Meloidogyne* es lo mismo, sin embargo, el tiempo en el que se realiza están sujetas a otros factores como: humedad, temperatura, textura del suelo, pH, presencia de alimentos, etc. (Frápolti, 2000)

El estadio parasítica comienza con el huevo unicelular, estas son depositas en una matriz gelatinosa que los mantiene juntas en masas de sacos de huevos. Cada hembra deposita aproximadamente 500 huevecillos, (Agrios, 2005) pero, en algunas ocasiones se puede encontrar hasta 1000 unidades en una masa, que, incluso podría ser más grande que el cuerpo de la hembra. Después de pocas horas comienza las divisiones celulares en el huevo hasta la formación de un juvenil. (Taylor y Sasser, 1983; Yeves et al., 1991; Cépeda, 1996). Hasta aquí se habrá desarrollado primer estadio juvenil (J1).

Después de J1 ocurre la muda hacia el siguiente estadio J2, este último también se le dice etapa parasítica, que una vez salida del huevo, el juvenil (J2) debe encontrar una raíz donde alimentarse sino podría morir por inanición al poco tiempo. Para alimentarse la larva deberá ingresar a la raíz y, esto ocurre por la zona meristemática, la caliptra (punta de la raíz), se mueve principalmente entre las células no diferenciadas de la raíz, después se sitúa con su cabeza en el cilindro central en desarrollo, a las células adyacentes a la cabeza, inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas, aquellas causan el agrandamiento celular o división celular en el periciclo (células gigantes, hipertrofia). También ocurre intensa multiplicación de células vegetativas (hiperplasia) alrededor de la cabeza del nemátodo. Mientras se engrose la raíz o propiamente dicho se forme los nódulos, también en los juveniles ocurre cambios como la dilatación del cuerpo hasta adquirir una forma de frasco. Hasta aquí se habrá desarrollado la etapa infectiva o también se les dice: parasítica, migrante, J2 (Taylor y Sasser, 1983; Yeves et al., 1991).

En el tercer estadio juvenil o J3, el estilete y el bulbo esofágico medio desaparecen. Después de la cuarta muda, el estilete y el bulbo son regenerados. A partir de esto los adultos toman

la forma y el tamaño característico, longitud de las hembras fluctúan entre 0.44 mm a 1.3 mm y el ancho promedio es de 0.325 mm y 0.7 mm, las hembras generalmente son de cuerpo simétrico y piriformes. Sin embargo, los machos son filiformes y de vida libre, porque, después de la cuarta muda salen de la raíz. En la mayoría de las especies de *Meloidogyne* la reproducción es partenogenética, el sistema reproductivo de la hembra consiste en dos ovarios, cada ovario con una zona germinal, crecimiento, con oviducto, espermateca y útero. Los huevos pasan por la vagina y son depositados en estado unicelular en masas (Céspedes, 1996; Taylor y Sasser, 1983).

El tiempo de vida de los adultos, podrían ser controlados por las condiciones del medio y la presencia de suficiente alimento, en hembras de dos a tres meses y, los machos probablemente vivan pocas semanas. (Taylor y Sasser, 1983). Sin embargo, Agrios (2005) precisa que, el ciclo biológico del nemátodo concluye a los 25 días a una temperatura de 27°C.

2.2.7 Factores que Afectan el Desarrollo del Nemátodo

En el desarrollo de los nemátodos influyen varios factores, tanto bióticos como abióticos. Entre los factores bióticos tenemos a la disponibilidad de alimentos, enemigos naturales, competencia entre nemátodos, resistencia de la planta huésped y la presencia de metabolitos. En los factores abióticos podremos citar a la temperatura, humedad, textura del suelo, composición química del suelo, rizósfera, etc. (Frápolti, 2000). A continuación, se desarrollan los factores más importantes y vitales que afectan la vida del nemátodo en cualquier etapa biológico.

- **Temperatura**

Es uno de los factores más influyentes en el desarrollo de los nemátodos, por la alteración de temperatura es afectado la puesta, reproducción, ciclo biológico, movimiento, ingreso a la raíz, desarrollo y supervivencia. Sin embargo, las especies de este género se han adaptado a las diferentes zonas climáticas, *M. hapla*, por citar un ejemplo, está más especializado en las zonas más frías, ellas necesitan de temperaturas mínimas, óptimas y máximas para completar el ciclo biológico. Generalmente, para la mayoría de las especies son fatales o tienen muy poca actividad por debajo de 5°C y por encima de 40°C. (Frápolti, 2000; Taylor y Sasser, 1983)

- **Humedad del suelo**

El mantenimiento de la humedad adecuada es esencial en los diferentes ciclos biológicos del nemátodo, en suelos secos los huevos y los juveniles mueren, los juveniles que emergen necesitan de películas de agua en los poros del suelo para que puedan moverse con libertad, con bajo contenido de humedad se inhibe la emergencia, porque, algo de agua es extraída de los huevos y, el movimiento de los juveniles es más difícil. En suelos muy húmedos o encharcados se inhibe la emergencia y la población de nemátodos pueden llegar a morir por falta de oxígeno. (Frápolti, 2000)

- **Textura del suelo**

Los espacios porosos del suelo son muy importantes para el movimiento de los nemátodos, ya que, estos dependerán del tamaño de las partículas y la composición física del suelo. Taylor y Sasser (1983), indican sobre lo descrito por (Wallace, 1964) que el diámetro de los poros debe de estar en relación a la longitud del nemátodo de 1:3.

- **Disponibilidad de alimentos**

Los nemátodos del genero *Meloidogyne* spp. Son parásitos obligatorios. Por consiguiente, la disponibilidad de alimentos proporcionado por la planta huésped es un factor muy importante y vital en el ciclo biológico del nemátodo. El poco recurso de alimentos o la presencia de plantas resistentes frenan el progreso de la población. Así mismo, al parecer la determinación de los sexos está ligada a la presencia de los alimentos (Frápolti, 2000; Agrios, 2005).

- **Enemigos naturales**

En la parte radicular de las plantas, hay un balance biológico de los microorganismos presentes en la rizósfera particular. Los nemátodos están ligados a este balance, por lo tanto, tienen sus enemigos naturales, estas pueden ser: predadores (hongos hematófagos, nemátodos predadores), parásitos (bacterias, hongos, protozoos, virus), sin dejar de mencionar la competencia entre los nemátodos (Taylor y Sasser, 1983; Frápolti, 2000).

2.2.8 Sintomatología

La especie *Meloidogyne* spp es considerado como un parasito obligatorio, a los cuales los hospedantes tienen muchos grados de susceptibilidad, en una planta susceptible los nemátodos se multiplican logarítmicamente por varias generaciones durante la época de crecimiento. (Taylor y Sasser, 1983).

El síntoma más frecuente y notable en las plantas susceptibles a la especie *Meloidogyne* spp, es la presencia de raíces abultadas, llamadas agallas, nódulos, quistes, etc. En las raíces pequeñas estas pueden ser tan diminutas que llegan a medir 1 a 2 mm de diámetro. Sin embargo, en las raíces más gruesas pueden llegar a medir mayor a 1 cm que generalmente contiene varias hembras. La formación de las células gigantes y las agallas ocasionan en raíces altamente infestadas, necrosis, acortamiento, disminución de las raíces laterales y escasa presencia de los pelos radiculares. Debido al crecimiento alterado de las células gigantes y el rompimiento de los elementos vasculares en las agallas se interrumpe en forma mecánica el transporte de agua y nutrientes. (Taylor y Sasser, 1983; Cépeda, 1996).

Fisiológicamente el normal funcionamiento de la planta es alterado, en la parte afectada (agallas) de la planta, en esta zona las raíces cambian su metabolismo en el sentido de mayor producción de proteínas, ácidos nucleicos y menor transporte de sustancias al resto de la planta. A nivel foliar de la planta (parte aérea), los síntomas son muchas veces confundidas con una pobre fertilización, falta de humedad, el ataque de otra enfermedad, los síntomas notorios en la parte aérea serán: poco desarrollo, clorosis, defoliación prematura, caída de flores, reducción en el tamaño de frutos, maduración temprana e inadecuada del fruto, etc. Además, en plantas superiores (frutales) se puede observar una muerte regresiva, esto debido a la predisposición que deja el nemátodo. (Cépeda, 1996; Taylor y Sasser, 1983; Román y Acosta, 1984).

Los daños en la parte comercial de la planta se dan en los tubérculos, raíces, rizomas y bulbos. A los cuales aparte de disminuir la calidad estética del producto, deja predispuesta al ataque de otros patógenos presentes en el suelo, la zona dañada es una puerta de ingreso para, bacterias, hongos y virus, que, muchas veces interactúan con el nemátodo. En plantas mayores (arboles) ocurre una muerte regresiva, síntoma de un ataque considerable y la interacción de otros factores como los patógenos citados (Trujillo, 1964; Agrios, 2005)

2.2.9 Control

Para una adecuada medida de control, el primer paso clave es la identificación de la especie, a ello se debe de sumar el uso racional de los métodos de control integrado, ellos serán utilizados según la eficiencia y, el objetivo de la producción.

El control de los nemátodos como tal es muy difícil, debido a la resistencia de ciertas especies a condiciones adversas, la elevada tasa de reproducción, cuando se encuentra un hospedante favorable. El control total es muy difícil una vez que se haya establecido en el

suelo, lo que se hace es un manejo de los factores bióticos y abióticos para mantener la población por debajo del umbral de daño económico (Yeves et al., 1991; Cépeda, 1996)

Entre los factores más importantes de manejo de nemátodos se citan los siguientes.

- a. Medidas preventivas. Consiste en utilizar materiales de propagación libres de nemátodos, evitar la propagación a través de agua de riego, maquinarias, herramientas, etc.
- b. Medidas culturales. Las actividades adecuadas en el desarrollo del cultivo son alternativas viables en el manejo de los nemátodos, estas pueden ser: rotación de cultivos, barbecho, enmiendas orgánicas, inundación, plantas trampa y antagónicas, etc.
- c. Métodos biológicos. Se basa en la inoculación o la liberación de organismos antagónicos, depredadores, parasitoides, etc. Estas pueden ser; hongos nematófagos, bacterias, hongos parásitos, etc.
- d. Métodos químicos. Consiste en el uso de productos sintéticos (Nematicidas). Esta alternativa debe ser una de las últimas opciones en el manejo de los nemátodos por las características de tener alta residualidad y tener efectos negativos en el medio ambiente y, el equilibrio biológico del suelo.
- e. Métodos físicos. Es una de las alternativas con menores efectos negativos, se fundamenta en: Esterilización por vapor, Agua caliente, Solarización.
- f. Métodos genéticos. Basado en la obtención de variedades con resistencia al nemátodo.

Fuentes consultadas: Frápolli (2000); Agrios (2005); Cépeda (1996); Taylor y Sasser (1983).

2.3 NEMÁTODOS EN JENGIBRE (*Zingiber officinale* Roscoe)

La información existente de los nemátodos en el cultivo de jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) es algo general, muchos de ellos solo nombran al nemátodo como uno más de las plagas y enfermedades en el cultivo.

En un reporte de las principales enfermedades de *Zingiber officinale* Roscoe. Trujillo (1964) menciona al nemátodo nodulador de raíces como unas de las enfermedades de importancia económica en el cultivo del jengibre. Trujillo, describe los daños realizados a nivel de rizoma por el nemátodo nodulador, “El nemátodo afecta a la calidad del mercado, pero, normalmente no destruye los rizomas”. Este parásito no forma destacadas agallas en rizomas de jengibre como lo hace en las raíces de otras plantas, en el jengibre los síntomas externos

son generalmente infecciones severas de la corteza de los rizomas parece algo grumosa y agrietada. Al parecer, cuando el nemátodo hembra alcanza la madurez, rompe superficie de las agallas para salir de ellas, estas heridas también sirven como un medio de ingreso para otro patógeno. A estos síntomas abultados y en muchas veces con grietas, los agricultores de la Selva Central del Perú los conoce como verrugas.

La infección se da en cualquier etapa del cultivo de jengibre, aunque la incidencia de infecciones es mayor durante los primeros tres meses de edad. Los primeros síntomas visuales de la infección de *Meloidogyne* spp a *Zingiber officinale* es el amarillamiento y caída de hojas basales, en caso de infecciones severas, todo el sistema de brotes de la planta colapsa y no se produce la ramificación del rizoma. Las raíces infectadas muestran una hinchazón anormal, los rizomas infectados crecen débilmente y son esponjosos muchos de ellos presentan grietas que son la puerta de ingreso de otros patógenos (Shah y Chacko; 1976)

Taylor y Sasser (1983): citan a Colbran y Davis (1969), quienes recomiendan como un método de control del nemátodo de nódulos, hacer tratamientos a los rizomas con agua caliente, sumergir al agua que tenga una temperatura de 45 – 50°C por un tiempo de 10 – 50 minutos. En una publicación acerca del género *Zingiber*, tratan en tres capítulos muy amplios a cerca de las plagas y enfermedades en este género, es una especie de recopilación de datos y publicaciones de los países de Asia, América y África. Dentro de los cuales se mencionan a varios nemátodos como causantes de daño de este cultivo. *Meloidogyne* spp, *Radopholus similis* y *Pratylenchus* spp como los principales de importancia económica en Jengibre. Ravindran y Nrimal, (2005), una de las citas que hacen es a Vadhera et al. (1998), quienes realizaron estudios durante 1991 a 1994 sobre nueve géneros de nemátodos parásitos asociados con el Jengibre, estos estudios se habían realizado en seis diferentes zonas productoras de Jengibre en India. Donde *Meloidogyne incognita* fue predominante con 63 por ciento de frecuencia absoluta de ocurrencia en la mayoría de los distritos.

En trabajos recientes bajo sistemas controladas, varios autores citan que las pérdidas ocasionadas por los nemátodos (*Meloidogyne* spp) pueden alcanzar pérdidas en más de 80 por ciento si no se hace el manejo adecuado, (Myers et al., 2017). Sin embargo, en la zona de origen del cultivo se han encontrado variedades con cierta resistencia a *M. incognita* y *M. javanica*. Okorochoa A, et al. (2014), citan algunos cultivares que tendrían resistencia al ataque de *Meloidogyne javanica*. IISR Mahima, “rio de Janeiro” y “UG1” en un trabajo

realizado en Nigeria con diferentes poblaciones inoculadas. Además, ellos establecen el Nivel de umbral económico fue de 100 huevos inoculados por cada 100 cc de suelo. En otro trabajo similar en Hawái, Myers et al, (2017) muestran otros cultivares de Jengibre y Cúrcuma con resistencia a *M. incognita*, además, señalan que las principales o las mayores pérdidas se dan por *Meloidogyne* spp y la pudrición bacteriana *Ralstonia solanacearum* (para condiciones de Hawái).

En el Perú es insipiente la información al detalle de los problemas nematológicos en el cultivo de Jengibre, de lo que se puede encontrar, todos hacen referencias a las citas bibliográficas en otros países, no se conoce una especie específica para este cultivo (Enríquez et al., 2012).

2.4 METODOS DE IDENTIFICACION DE ESPECIES DE *Meloidogyne* spp.

Para un adecuado manejo en cuanto a plagas y enfermedades en los cultivos, es necesario tener identificado la especie del patógeno o el agente causal, el desconocimiento de la especie nos podría llevar a tomar acciones incorrectas en el manejo y, con ello la pérdida de tiempo y dinero.

Existen varios enfoques de identificación taxonómica para las especies de *Meloidogyne*, entre ellas tenemos a la prueba de hospedantes diferenciales, morfología ecológica, sintomatología, análisis electroforéticos de proteínas e isoenzimas y análisis molecular de ácidos nucleicos (reacción en cadena de la polimerasa, biología molecular). Cada uno de estos métodos tienen sus ventajas y desventajas, como, la necesidad de tener los materiales, insumos, laboratorio con los equipos adecuados, etc. En este trabajo la parte de la identificación de la especie que afecta al jengibre se hará mediante la identificación morfológica (Vera, 2014).

2.4.1 Identificación morfológica.

La morfología básica de las especies de *Meloidogyne* es similar, sin embargo, existen ciertas características particulares que permite la diferenciación entre las especies. Los diseños perineales de las hembras y la forma de la cabeza en los machos, son las características más útiles y confiables en la identificación de la especie, la identificación morfológica es también llamada identificación clásica (Taylor y Sasser, 1983).

La morfología y la morfometría del estilete de la hembra es también confiable, pero puede ser usada solamente en especímenes que son preparados convenientemente y observados en posición lateral precisa. El procedimiento más usado en la identificación morfológica es el estudio del patrón perineal de la hembra. Esto comprende la región posterior del cuerpo, en donde se encuentra el espacio de la vulva-año (el perineo), número de líneas laterales, término de la cola, fasmidios, y ciertos datos morfométricos que deben ser considerados para descartar variaciones o la sobreposición entre especies (Eizenberg et al., 1983).

Los caracteres con mejores diferenciales en los juveniles del segundo estado (J2), son la longitud de la cola, longitud de la parte hialina y la forma de la cola, sin embargo, no son utilizados porque lo consideran como suplementarios en la identificación rutinaria de la especie.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGARES DE EJECUCIÓN

Los ensayos se realizaron en:

- En el invernadero de Nematología de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Aquí se desarrolló la parte experimental del comportamiento de la planta frente a las inoculaciones.
- Pichanaqui – Chanchamayo – Junín. En la ciudad de Pichanaqui se alquiló un pequeño ambiente para realizar el ensayo, dicho ambiente queda en la Carretera Marginal La Merced - Pichanaqui km 68 ciudad de Pichanaqui. Aquí se instaló en ambiente abierto, con la finalidad de ver los comportamientos *in-situ* del jengibre y los nemátodos.
- Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria la Molina, acá se trabajó la parte de identificación morfológica de la especie y los conteos poblacionales.

3.2 COLECCIÓN DEL INÓCULO

La población de nemátodos que se inocularon en las plantas de jengibre, se consiguieron de los campos de producción con manejo orgánico en el Distrito de Pichanaqui, Provincia de Chanchamayo en la Región Junín (Figuras 1 y 2). Estas plantas presentaban síntomas avanzadas del daño de *Meloidogyne* spp (clorosis, poco desarrollo, raíces noduladas



Figura 1: Ubicación de Pichanaqui en el mapa del Perú, lugar donde se colectó el inóculo y se hizo una parte del trabajo.



Figura 2: Colección del inóculo de *Meloidogyne* spp. en Pichanaqui.

A: Campo de producción de Jengibre con infestación severa por *Meloidogyne* spp. B: Raíz de Jengibre con nódulos. C: Nódulos en la raíz de Jengibre colectado.

3.3 MATERIALES:

a. En el Invernadero (UNALM) y Pichanaqui

- Maceteros (La Molina) y bolsas de polietileno (Pichanaqui)
- Suelo esterilizado
- Rizomas de Jengibre (semilla)
- Agua (riego)
- AGROSTEMIN®
- Cal Agrícola
- Balde de 20 Lt.

b. En Laboratorio.

- *Beakers* de 500 y 1000
- Balanza analítica
- Contómetro
- Pipetas
- Estereoscopio
- Microscopio Compuesto
- Azúcar
- Centrifuga
- Estufa
- Hipoclorito de Sodio
- Tapers de 250 y 500 ml de capacidad
- Licuadora
- Tamiz de 100, 45 y 32 μm
- Bomba de pecera
- Bisturí
- Glicerina
- Portaobjetos y cubreobjetos.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1 Identificación morfológica de la especie

- **Colección y muestreo**

La colección de muestras se realizó de los campos de cultivo de jengibre en la zona de Pichanaqui (campos con manejo orgánico), estos campos presentaban signos de daño por el nemátodo (clorosis, poco desarrollo, raíces noduladas), las muestras que se colectaron fueron las raíces funcionales bien noduladas y rizomas dañadas, se tomaron con un poco de tierra para su conservación en el traslado hasta el laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Figuras 2 y 3).

La zona específica de la colección de las muestras fue la Comunidad Nativa de San Pablo de Shauriato distrito de Pichanaqui, dicha comunidad se encuentra a 36 km de la ciudad de Pichanaqui y a una altitud de 1100 msnm. Según el historial del campo, hasta el año 2012 estuvo instalado café, del 2012 hasta el 2017 el terreno estuvo en descanso, el 2017 se instaló Jengibre.

- **Métodos de extracción**

- **Extracción y montaje de hembras de *Meloidogyne* en oviposición:**

Las raíces y los rizomas colectadas fueron lavadas con mucho cuidado, tratando de que no se desprenda las masas de huevo. Las raíces con nódulos y los rizomas dañadas fueron llevadas al estereoscopio, donde, las partes abultadas de la raíz y el rizoma se abrió cuidadosamente con la ayuda de dos agujas de disección tratando de no dañar a las hembras de *Meloidogyne* spp en oviposición. Ellas fueron distinguidas por la forma que presentan (periformes) y la presencia de masas de huevos, las hembras fueron llevadas a ácido láctico al 45 por ciento donde permanecieron por 24 horas.

Después de las 24 horas, con la ayuda del estereoscopio, las hembras fueron cortadas con un bisturí a la altura de la parte angosta del cuerpo (cuello), así se expulsó todo el contenido líquido. En seguida, se ubicaron los diseños perineales, los cuales fueron cortados en forma rectangular. Los cortes perineales se colocaron en un portaobjeto que contenía una pequeña gota de glicerina de forma que la parte del diseño perineal tenía que estar orientada hacia la parte superior del portaobjeto y, la parte interna del diseño perineal hacia abajo, después de ello se colocó un cubreobjetos y se selló con cera.

En total se extrajeron 20 hembras maduras. Los cortes perineales fueron llevados para ser observados al microscopio compuesto a un aumento de 100X a 400X.

- Extracción de machos:

Para la extracción de los machos, las raíces dañadas fueron incubadas en un balde con agua de caño, al cual se le conecto una bomba de pecera para la oxigenación. Después de 48 horas se recogieron los especímenes machos con un tamiz de 32 μm , se procedieron con la fijación de la misma forma que las hembras, el montaje también en una pequeña capa de glicerina sin hacer ningún corte, los cuales fueron llevadas al microscopio para su respectiva observación.

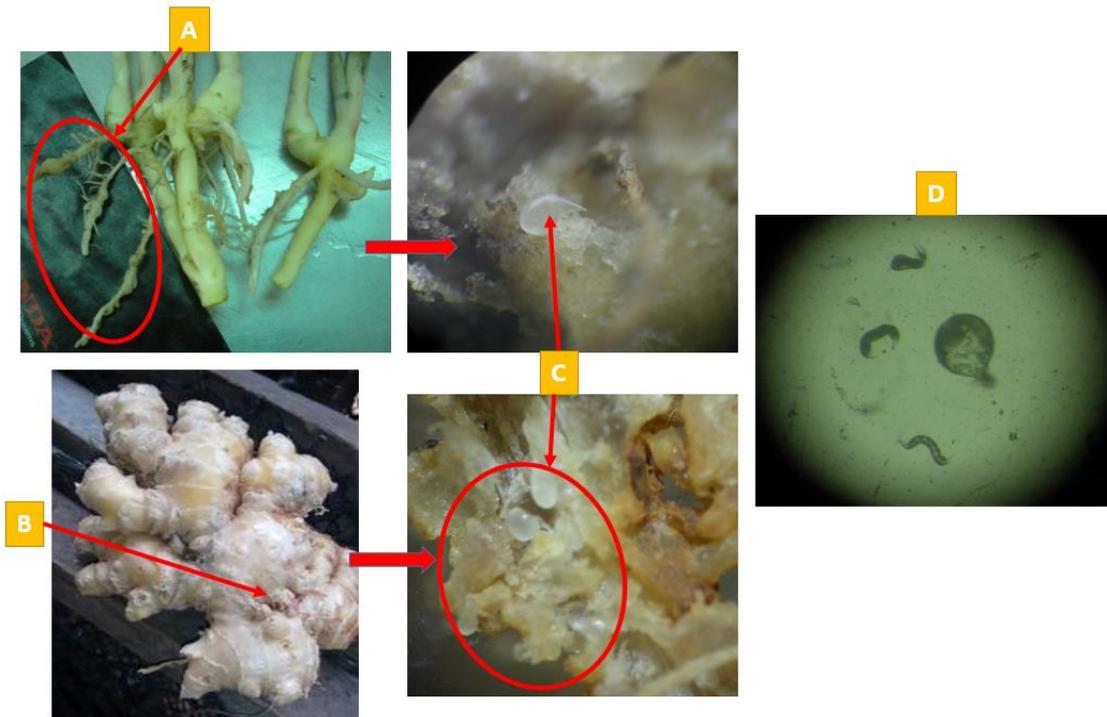


Figura 3: *Meloidogyne* spp en la raíz y rizoma del Jengibre

A: Raíz de jengibre con nódulos. B: Rizomas de jengibre con daños de *Meloidogyne* spp. C: Hembras en oviposición de *Meloidogyne* spp, vista en el estéreo. D: Juveniles ensanchados y Hembra en oviposición de *Meloidogyne* spp, vista en el estéreo.

3.5 IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ESPECIE DE *Meloidogyne*

3.5.1 Características a ser usadas en la identificación morfológica de las hembras:

En este trabajo solo se usó el tipo de Identificación Morfológica (figura 4). Esto se basa en la observación morfológica del patrón perineal de las hembras, las características observadas son: forma del diseño perineal (rectangular, circular, oval, piriforme, etc.), arco dorsal (alto, bajo redondeado, aplanado), líneas laterales (presencia o ausencia), forma de las estrías (finas, gruesas, cortas, quebradas, onduladas, etc.), puntuación en la cola (presencia o

ausencia), alas en uno o ambos lados del diseño (presencia o ausencia), las características particulares para cada especie podemos encontrar en la Tabla 2.

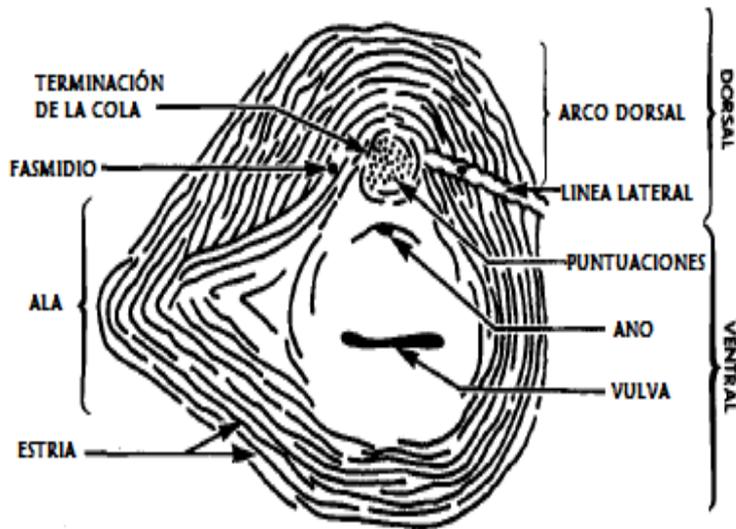


Figura 4: Morfología general del patrón perineal de un espécimen hembra de *Meloidogyne* spp. (Eisenback et al., 1983).

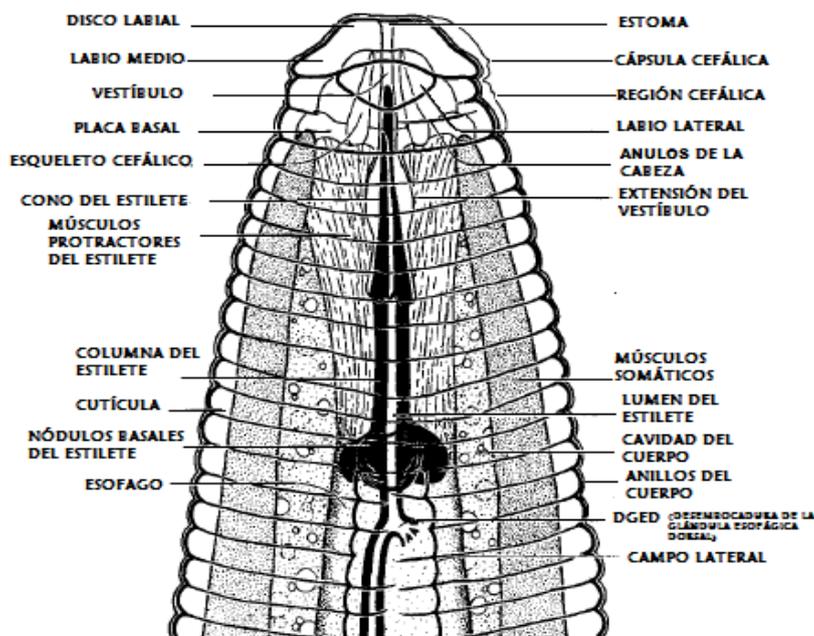


Figura 5: Vista lateral de la morfología básica de la cabeza y estilete de un espécimen macho de *Meloidogyne* spp. (Eisenback et al., 1983).

Tabla 2: Características usadas en la identificación morfológica de las cinco especies más comunes (*M. incognita*, *M. exigua*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*) basados en el patrón perineal de la hembra en oviposición.

ESPECIE	ARCO DORSAL	CAMPO LATERAL	ESTRIAS	COLA TERMINAL	REGION PERIVULVAR
<i>M. incognita</i>	Alto cuadrado	Cresta lateral ausente, señalada por estrías bifurcadas interrumpidas	Gruesas, lisas a onduladas, algunas veces en zigzag	A menudo con espiral distinta.	Usualmente con estrías que se dirigen a la vulva.
<i>M. exigua</i>	Alto redondeado, un poco aplanado.	Cresta lateral inconspicua e indentada, marcado por estrías quebradas y onduladas.	Gruesas ampliamente espaciadas en área de la cola	Espiral horizontalmente espaciada.	La región perivulvar es libre de estrías.
<i>M. javanica</i>	Bajo redondeado	Cresta lateral marcada	Gruesas, lisas a ligeramente onduladas.	A menudo con espiral distinta.	Usualmente con estrías que se dirigen a la vulva.
<i>M. arenaria</i>	Bajo, redondeado, indentado próximo a los campos laterales	Cresta lateral ausente, señalada por estria corta, irregular y bifurcada.	Gruesas, lisas a ligeramente onduladas.	Usualmente sin espiral distinta.	Con algunas estrías que se dirigen hacia la vulva.
<i>M. hapla</i>	Bajo redondeado	Cresta lateral ausente.	Finas, lisas a ligeramente onduladas.	Espiral ausente marcada por puntuación subcuticular	Con algunas estrías que se dirigen hacia la vulva.

Fuente: (Eisenback et al., 1983; Eisenback y Triantaphyllou, 1991).

3.5.2 Características a ser usadas en la identificación morfológica de los machos.

En la caracterización morfológica para los machos se usó la morfología de la cabeza, en los cuales se observaron: forma del contorno del disco labial, forma de la capsula y la región cefálica, cono de estilete (Figura 5 y Tabla 3).

Tabla 3: Características usadas en la identificación morfológica de las cinco especies más comunes (*M. incognita*, *M. exigua*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*) basados en la cabeza de especímenes machos.

Spp	Capsula cefálica	Región cefálica	Cono del estilete	Eje del estilete	Nódulos basales del estilete
<i>M. incognita</i>	Plano a cóncava, el disco labial sobresale sobre labios medios.	No separada, generalmente dos a tres anulaciones incompletas.	Punta roma.	Cilíndrico, frecuentemente angosto cerca a los nódulos.	Separados, redondeados o transversalmente alargados.
<i>M. exigua</i>	Achatada con una depresión en el centro	No separada, generalmente dos a tres anulaciones incompletas, pero a veces lisa.	Punta aguda, cono recto	Cilíndrico, frecuentemente angosto cerca a los nódulos.	Separados, muy ensanchados.
<i>M. javanica</i>	Alta, ancha y redonda, separada de región cefálica, pero casi tan ancha que esta.	No separada, generalmente dos a tres anulaciones incompletas, pero a veces lisa.	Punta aguda, cono recto	Cilíndrico, frecuentemente angosto cerca a los nódulos.	Separados, muy ensanchados.
<i>M. arenaria</i>	Baja, con declive y ensanchada hacia el posterior	No separada, generalmente dos a tres anulaciones incompletas, pero a veces lisa.	Punta aguda, cono amplio y robusto.	Cilíndrico frecuentemente ensanchado cerca a los nódulos.	No separados, inclinado hacia el posterior, fusionado con el eje.
<i>M. hapla</i>	Alta y angosta que la región cefálica.	Separado del cuerpo, lisa.	Punta aguda, cono angosto y delicado.	Raza 1: Cilíndrico, ensanchado cerca a los nódulos. Raza 2: Cilíndrico, angosto cerca a los nódulos.	Pequeños y redondeados.

Fuente: (Eisenback et al., 1983; Eisenback y Triantaphyllou, 1991).

3.6 REACCIÓN DE *Zingiber officinale* Roscoe A CUATRO NIVELES POBLACIONALES DE *Meloidogyne*.

3.6.1 Preparación del sustrato

- **Ensayo en la Molina.**

En el invernadero de Nematología de la UNALM el ensayo se instaló en maceteros de 2000 cc de capacidad (Figura 6), para ello, se preparó un promedio de 200 kilos de sustrato con las siguientes proporciones: dos partes de tierra de chacra, uno parte de arena (2:1). Además, se agregó treinta kilos de compost para completar los 200 kilos de la mezcla. Todos los sustratos usados fueron de La Molina. Para reducir variables o alteraciones en los resultados por parte de otros patógenos, el sustrato se sometió a un proceso de esterilización en una autoclave, en condiciones de La Molina se hizo a una temperatura de 120°C y una presión de 15 bares por un tiempo de una hora.

- **Ensayo en Pichanaqui**

En Pichanaqui se trabajó en bolsas de polietileno de 2000 cc de capacidad (Figura 6), el material usado como sustrato fue solo tierra de chacra de la zona, ello se hizo con la finalidad de dar las condiciones similares donde se desarrolla el cultivo. De la misma forma el sustrato fue sometido a un proceso de esterilización en autoclave a una temperatura de 90°C y a una presión de 15 bares por un tiempo de 90 minutos. La esterilización del sustrato se hizo en las instalaciones de la Universidad Nacional del Centro Filial Rio Negro, situada a 40 km de la ciudad de Pichanaqui.

3.6.2 Instalación del Jengibre.

Para la selección visual de las semillas, los rizomas fueron lavados para tener una buena percepción en cuanto a algunos aspectos considerados como: rizomas con tres yemas vivas como mínimo, sin daño mecánico, fueron seleccionados minuciosamente para asegurar de que, no contenga ningún daño o presencia del nemátodo. El peso promedio de los rizomas fue de 30 gramos (Figura 6).

Previa a la instalación en los maceteros, las semillas fueron inmersos a una solución de AGROSTEMIN® (Figura 6) con una concentración de 600 ml por cilindro por un tiempo de cinco minutos. Después de este tiempo, se pasaron a una bandeja para escurrir, en seguida fueron selladas con cal agrícola la parte donde se causó herida al momento de fragmentar en la preparación de la semilla (Figura 6). La cal fue usada como una especie de cicatrizante con la finalidad de disminuir posibles ingresos de otros patógenos en el rizoma los cuales

puedan alterar el normal y la uniformidad en el brotamiento. Todas las anteriores se aplicaron tanto para el ensayo del invernadero como también el de Pichanaqui.

En el invernadero de Nematología de la UNALM, se instalaron 90 maceteros en total. Mientras tanto, en Pichanaqui se instalaron 90 bolsas, ambos de 2000 cc de capacidad.

La ubicación de los maceteros (invernadero) y las bolsas (Pichanaqui), fueron estratégicamente ubicadas sobre la mesa. Las mesas tuvieron una inclinación longitudinal hacia uno de los lados, el testigo fue colocado ubicado en la parte más elevada y el tratamiento de mayor población en la parte baja, de esta manera se aseguró que el agua de riego excedente o la lluvia en caso de Pichanaqui, puedan contaminar a los demás.



Figura 6: Instalación de jengibre para el ensayo: 1: Selección de semilla. 2: Inmersión en Agrostemin® (600 ml/cil). 3: Encalado. 4: A (siembra en Pichanaqui), B (siembra en La Molina)

3.6.3 Inoculación

Para la inoculación se seleccionaron 60 macetas (UNALM) y 60 bolsas (Pichanaqui) más uniformes en cuanto al brotamiento, el tamaño promedio de las plantas que se inocularon fueron 10 cm de altura o que tengan tres a cuatro hojas. Esta altura se tuvo en 70 días después de siembra (dds), en el invernadero y, 45 días después de siembra (dds), en Pichanaqui. La diferencia de días en el desarrollo de la planta tiene que ver con la temperatura de la zona (anexo; 28). El inóculo fue colectado de los campos de jengibre en Pichanaqui que presentaban síntomas de daño por *Meloidogyne* spp. Las muestras que se colectaron, fueron las raíces funcionales de la planta y, también de rizomas muy infestados (Figuras 2 y 3).

Tabla 4: Número de tratamientos, densidades inoculadas de *Meloidogyne* spp. en jengibre y repeticiones

Tratamiento	Número de huevos/2000 cc de suelo (densidad)	Repeticiones UNALM	Repeticiones Pichanaqui
0 (Testigo)	0	12	12
1	100	12	12
2	1,000	12	12
3	10,000	12	12
4	20,000	12	12

La extracción del inóculo (huevos) se realizaron según el método desarrollado por Hussey y Barker (1973), del hipoclorito de sodio, citado por García (2011). Las raíces han sido lavadas con mucho cuidado para no eliminar las masas de huevo adheridas a ellas, en seguida se cortaron con un cuchillo de cocina en pedazos de medio centímetro en promedio. Estas fueron agitadas en una licuadora a baja velocidad por 20 segundos en agua con hipoclorito de sodio a una solución de 0.5 por ciento, el objetivo de ello fue disolver las masas de huevo. Después de ello, fueron vertidas por tamices de 45 y 32 μm , los huevos retenidos en el segundo tamiz han sido enjuagados con abundante agua para eliminar el resto del hipoclorito de sodio. En seguida, fueron suspendidas en 100 ml de agua para determinar la concentración de la suspensión, contando el número de huevos por mililitro, este contaje se realizó en el estereoscópico.

El procedimiento de la inoculación se desarrolló de la siguiente manera: una vez determinada la concentración de huevos por mililitro, fueron separadas en vasos descartables con la ayuda de una pipeta las cantidades necesarias para cada tratamiento (Tabla, 4). En todo momento de la separación se ayudó de un agitador para uniformizar la suspensión. Cada vaso se agregó a los maceteros (La Molina) y las bolsas (Pichanaqui) según los tratamientos, para ello se removió un poco de sustrato alrededor del cuello de la planta y luego se cubrió con la misma.

3.6.4 Mantenimiento y cuidados

En el invernadero de la UNALM, los riegos de los maceteros fueron ligeros según la necesidad de la humedad (capacidad de campo).

Los riegos manuales en Pichanaqui fue complementario a la lluvia en pocas ocasiones, puesto que, durante el desarrollo del ensayo coincidieron con la época lluviosa en la zona.

No se hizo ningún tipo de aplicaciones o fertilizaciones después de la siembra, con la finalidad de asemejar al manejo orgánico en un campo comercial de la selva central.

3.6.5 Evaluaciones

En el ensayo del invernadero (UNALM) se hizo tres evaluaciones. Una primera a los 65 días después de la inoculación (ddi), segunda a los 100 días después de la inoculación (ddi), el tercero a los 140 días después de la inoculación (ddi), después de hacer la evaluación de los parámetros indirectos, las muestras se llevaron al laboratorio de Nematología, donde se hizo parte de conteo de poblaciones y el secado a estufa de la parte aérea.

En Pichanaqui, se hicieron dos evaluaciones. Primera evaluación fue a los 60 días después de la inoculación (ddi), segunda a los 100 días después de la inoculación (ddi), no se hizo la tercera evaluación en Pichanaqui porque las plantas con los mayores tratamientos no sobrevivieron hasta la fecha de la evaluación. En cada evaluación las muestras después de hacer las evaluaciones de los parámetros directos, han sido trasladados al laboratorio de Nematología UNALM, donde se hizo la parte de conteo de poblaciones y secado a estufa de la parte aérea del Jengibre. Los datos de Pichanaqui fueron tomados como complementarios al ensayo de La Molina.

3.6.6 Parámetros de desarrollo de la planta

- **Altura de la planta**

Se midió en centímetros, desde el cuello de la planta hasta el ápice de la hoja más alta. Se debe mencionar que, a partir de la segunda evaluación, se presentaron la senescencia de algunos tallos principales, ello se vio en proporción directa a la cantidad de nemátodos inoculados; por lo tanto, en estas plantas se han medido los brotes secundarios o funcionales.

- **Peso fresco de la parte aérea**

Después de medir la altura, se procedió a cortar desde el cuello de la planta toda la parte aérea, después de ello se pesaron en una balanza analítica. Los pesos fueron expresados en gramos.

- **Peso seco de la parte aérea**

Después del pesado, todo lo que representa la parte aérea fue depositada en una bolsa de papel, lo cual se llevó a estufa donde permaneció por 48 horas a 72°C. Y después de este tiempo las muestras fueron pesadas en una balanza analítica, la misma que fueron expresados en gramos.

- **Medida de la raíz más Larga**

Después de lavar las raíces, se procedió a medir en centímetros, el resultado fue en función de la raíz más larga.

- **Peso Fresco de la raíz**

Después de medir las raíces, estas fueron pesadas con una balanza analítica. Los resultados se expresaron en gramos.

3.6.7 Parámetros de respuesta del cultivo al inóculo

- **Número de brotes del jengibre**

Esta variable fue evaluada con la finalidad de averiguar si guarda alguna relación la cantidad de brotes del jengibre y la población de nemátodos inoculadas por cada tratamiento. (Myers et al., 2017)

- **Daño o grado de nodulación**

Los daños en las raíces han sido evaluados mediante dos escalas

- **Escala del Proyecto Internacional Meloidogyne (PIM)**

Esta escala asigna los valores de 0 a 5, donde: 0 representa la raíz sin ningún nódulo (cero nódulos) y 5 califica a la raíz que tenga más de 100 nódulos (Tabla 5).

Tabla 5: Escala de Nodulación del Proyecto Internacional de *Meloidogyne* (PIM).

Grado de Nodulación	Número de Nódulos en la raíz
0	Raíz sin Nódulos
1	1 – 2 Nódulos
2	3 – 10 Nódulos
3	11 – 30 Nódulos
4	31 a 100 Nódulos
5	Raíz con más de 100 Nódulos

FUENTE: Barker (1985)

- **Escala de Zeck**

Para diferenciar los daños o los grados de infestación de la raíz, se usó la escala establecida por Zeck. Los valores que se asigna son de 0 a 10, donde: cero es la raíz libre de nemátodos y diez es la máxima infestación (Figura 7 y Tabla 6).

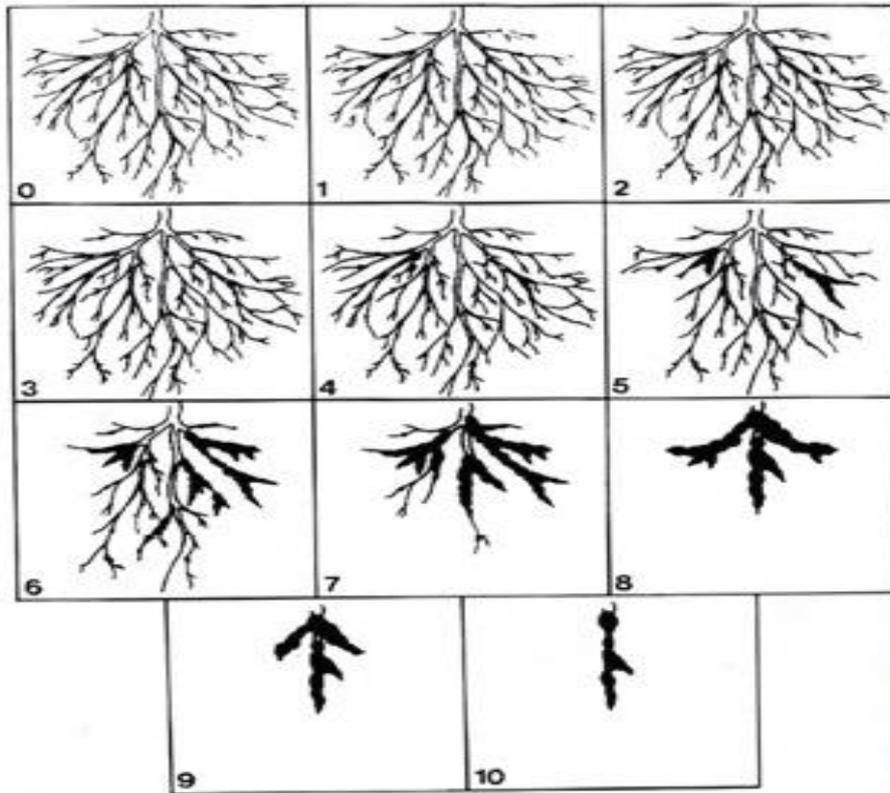


Figura 7: Escala de Evaluación de Zeck para raíces infestadas por *Meloidogyne* spp.

Tabla 6: Descripción de la Escala de Evaluación de Zeck para raíces infestadas por *Meloidogyne* spp.

-
- 0 = Sistema radicular completamente sano, no infestado.
 - 1 = Muy pocos nódulos pequeños se pueden detectar.
 - 2 = Nódulos pequeños como en 1, en mayor número y fáciles de detectar.
 - 3 = Numerosos nódulos pequeños, algunos crecimientos juntos, no afecta seriamente a la fusión de las raíces.
 - 4 = Numerosos nódulos pequeños o algunas grandes, la gran mayoría de raíces funcionales.
 - 5 = 25 por ciento del sistema radicular seriamente nodulados y no funcionales.
 - 6 = 50 por ciento del sistema radicular seriamente nodulados y no funcionales.
 - 7 = 75 por ciento del sistema radicular seriamente nodulados y no funcionales.
 - 8 = No hay raíces sanas, alimentación de planta interrumpida, planta aun verde.
 - 9 = Sistema radicular completamente nodulado y podrido, planta moribunda.
 - 10 = Planta y raíces muerta.
-

Fuente: Zeck (1971), citada por Perea y Trujillo, (2014).

- **Grado de daño en el rizoma (Merma del Producto Comercial)**

Para evaluar los daños del nemátodo en los rizomas del jengibre (parte comercial), no existe ningún método que nos pueda ayudar a clasificar. Para ello, se elaboró una escala donde esté representado según el área de daño en la superficie del rizoma, está representado en porcentajes. Las escalas van de 0 a 5, donde: 0 es un rizoma libre de nemátodo y 5 representa rizomas que tenga daño mayor a 50 por ciento del área superficial, incluso con pudriciones.

Tabla 7: Escala para la evaluación del Grado de Daño por *Meloidogyne* spp. en Rizomas de Jengibre (Elaboración propia)

Clasificación	Porcentaje de daño del área superficial del Rizoma
0	Rizoma libre de nemátodo
1	Rizoma con uno a dos puntos (partes abultadas)
2	<10 por ciento del área superficial dañada
3	<25 por ciento del área superficial dañada
4	<50 por ciento del área superficial dañada
5	>50 por ciento del área superficial con daño con pudriciones.

3.6.8 Parámetros de reproducción del nemátodo (parámetro directo)

- **Número de huevos por gramo de raíz (huevos/gramos)**

El número de huevos de la raíz se obtuvo usando el método del hipoclorito de sodio a una concentración del 0.5 por ciento. Este dato fue dividido entre el peso fresco de la raíz.

- **Número de Juveniles 2 (J2) en 100 cc de suelo**

El número de juveniles (J2) se consiguió mediante el método de centrifuga en azúcar. La finalidad de este principio es, aumentar la densidad del agua con el fin de separar los nemátodos de las partículas del suelo.

- **Población final**

Para tener el número total de huevos en la raíz de la planta evaluada, se tomaron los datos del número de huevos por gramo de raíz para luego transformarlos en función del peso total de la raíz y, del número de juveniles en 100 cc se llevaron al volumen total de la maceta que

es de 2000 cc para tener la población total en suelo. Sumando estos dos datos se pudieron estimar la población final de nemátodos en cada unidad experimental.

- **Tasa de reproducción**

Para obtener la tasa de reproducción del nemátodo, se dividió los datos de la población final (Pf) entre los datos de la población inicial (Pi).

3.6.9 Determinación de la eficiencia del hospedante en la reproducción del nemátodo (parámetro directo)

- **Eficiencia del hospedante para la reproducción del nemátodo (Pf/Pi)**

Para determinar si la planta es un hospedante eficiente o deficiente para el nemátodo, se usó el parámetro que se muestra a continuación.

La eficiencia del hospedante se clasificará de la siguiente manera

$Pf/Pi < 1.5$ la planta es un hospedante no eficiente

$Pf/Pi > 1.5$ la planta es un hospedante eficiente

Para ver la reacción del jengibre a las diferentes cantidades poblacionales se empleará el siguiente criterio.

Tabla 8: Calificación de la reacción de Jengibre al género *Meloidogyne*, propuesta por V. Dropkin y modificada por Canto-Sáenz.

Eficiencia del hospedante a la reproducción de <i>Meloidogyne</i> spp.	Daño del nemátodo a la planta	
	Estadísticamente significativo	Estadísticamente no significativo
Eficiente ($Pf/Pi > 1.5$)	Susceptible	Tolerante
No eficiente ($Pf/Pi < 1.5$)	Hipersusceptible	Resistente

Fuente: Canto – Sáenz, (1985).

3.7 DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La duración del experimento fue de 250 días en promedio, incluidos los días previos a la instalación del jengibre. (esterilización del sustrato, obtención de materiales, viajes a Pichanaqui, etc.)

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado para el proceso de los datos fue, Diseño Completo al Azar (DCA). Con cinco tratamientos (densidades poblacionales) y cuatro repeticiones cada tratamiento, siendo la unidad experimental una planta. Las comparaciones de los resultados se realizaron mediante la prueba de Tukey.

Para ajustar los coeficientes de variabilidad de los resultados, se hizo algunas transformaciones en aquellos en los cuales no se usaron un instrumento de precisión en la evaluación de la misma. Los datos de conteo de poblaciones se transformaron con $\text{Log}_{10}(X+1)$, tasa reproductiva del nemátodo se transformó con raíz cuadrada de $(X+1)$ y los datos de porcentaje de daño se transformaron con $\text{Arsen}(RQT)$. Todos en SAS 9.4

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ESPECIE

De las muestras tomadas y, observadas al microscopio compuesto a un aumento de 100X a 400X, para su caracterización morfológica, se determinó la presencia de las siguientes especies:

- *Meloidogyne exigua*. (Figura; 9A), Patrón perineal redondeado, arco dorsal bajo, estrías gruesas y espaciadas, campo lateral horquillado, estrías plegadas cubriendo el ano, aérea o alrededor de la vulva se observa libre de estrías.
- *Meloidogyne incognita*. (Figura; 8), Patrón perineal con un arco dorsal alto formado por estrías que pueden ser lisas a onduladas. Algunas estrías se bifurcan cerca de las líneas laterales, las que no están claramente visibles. Frecuentemente se observan estrías que se dirigen a la vulva. En cuanto a la cabeza del macho (Figura; 10), se observa lo siguiente. Disco labial grande y redondeado, cóncavo centralmente y más alto que los labios medios, los cuales son tan anchos como la región cefálica.
- *Meloidogyne javanica*. (Figura; 9B), Patrón perineal redondeado, arco dorsal bajo, estrías suaves, campo lateral notorio claramente demarcado por estrías por dos o más líneas paralelas.

Las características que se encontraron en las muestras colectadas y que permitieron la identificación morfológica de las especies de *Meloidogyne* son las que usaron, Eisenback et al, (1983); Taylor y Sasser, (1983); Eisenback y Triantaphyllou, (1991). Las mismas que pueden ser apreciadas en las Figuras (4 y 5), en las Tablas (2 y 3). De las 20 hembras que se han extraído, dos fueron identificadas como *Meloidogyne javanica* (10 por ciento), 11 como especies de *Meloidogyne exigua* (55 por ciento) y siete hembras como *Meloidogyne incognita* (35 por ciento). Todas ellas mediante la observación de sus características de los patrones perineales. De la muestra trabajada, solo se han podido encontrar dos especímenes de machos, los dos han sido confirmados como ejemplares de la especie *Meloidogyne*

incognita Esto confirma la presencia de estas tres especies en la selva central del país que anteriormente ha sido trabajado por García (1992), en campos comerciales de café en la zona de Villa Rica, quien identifica a estas tres especies, siendo *Meloidogyne exigua* el que predomina en con casi 80 por ciento de la población muestreada. Además, es conveniente precisar, que la especie *M. exigua* podría ser la que predomina en el cultivo de café y es la mejor adaptada en la zona, puesto que, el cultivo de jengibre se maneja en campos que han sido ejercitados con el café, esto como una forma de migrar a otros cultivos alternativos, frente a la baja rentabilidad del café por temas sanitarios y el precio internacional. Otros reportes realizados por Robert, (1878), citado por Taylor y Sasser, (1983), en Rio de Janeiro, Krusberg y Hirschmann (1958), en la zona de Tingo María y Gómez y Martin (1967), en Chanchamayo y Tingo María, los dos últimos reportados para el Perú, confirman a *Meloidogyne exigua* como predominante en el cultivo de café.

Debemos citar que, la persistencia o la sobrevivencia de los nemátodos en los campos abandonados de café (campos en descanso por más cinco años, como se dio en el campo de donde se consiguieron los inóculos), es porque, el género *Meloidogyne* es polífaga, además, considerar que en estos campos debe haber la presencia de plantas como hospedantes eficientes para este género.

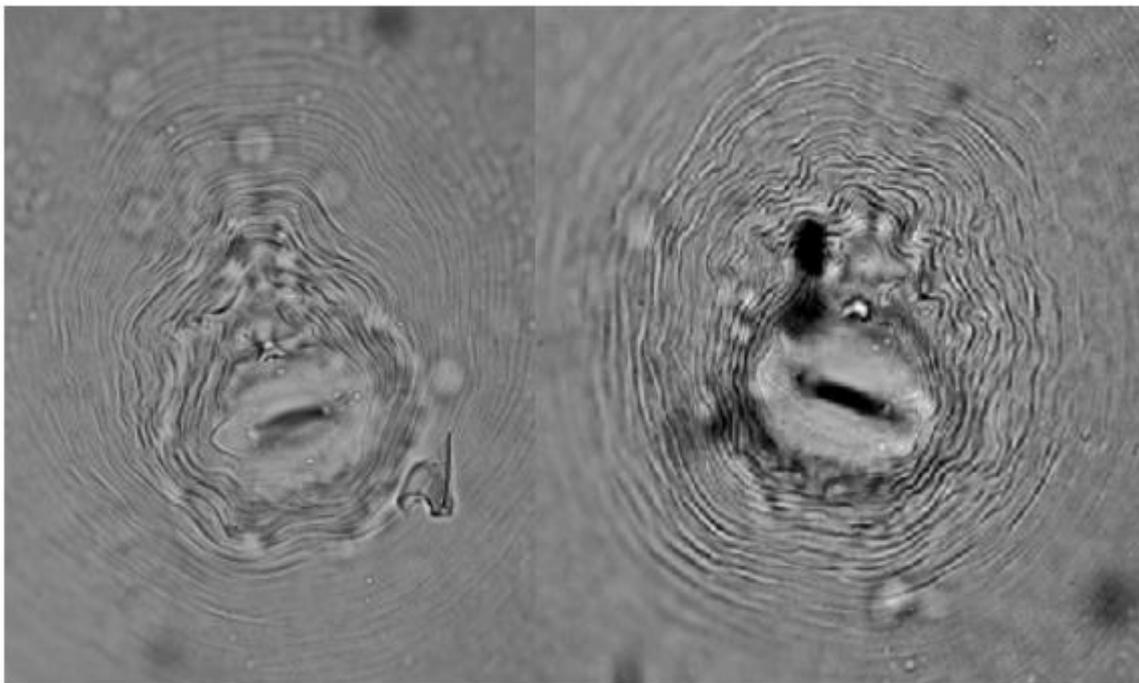


Figura 8: Patrones perineales de especímenes hembras con características de *Meloidogyne incognita*.

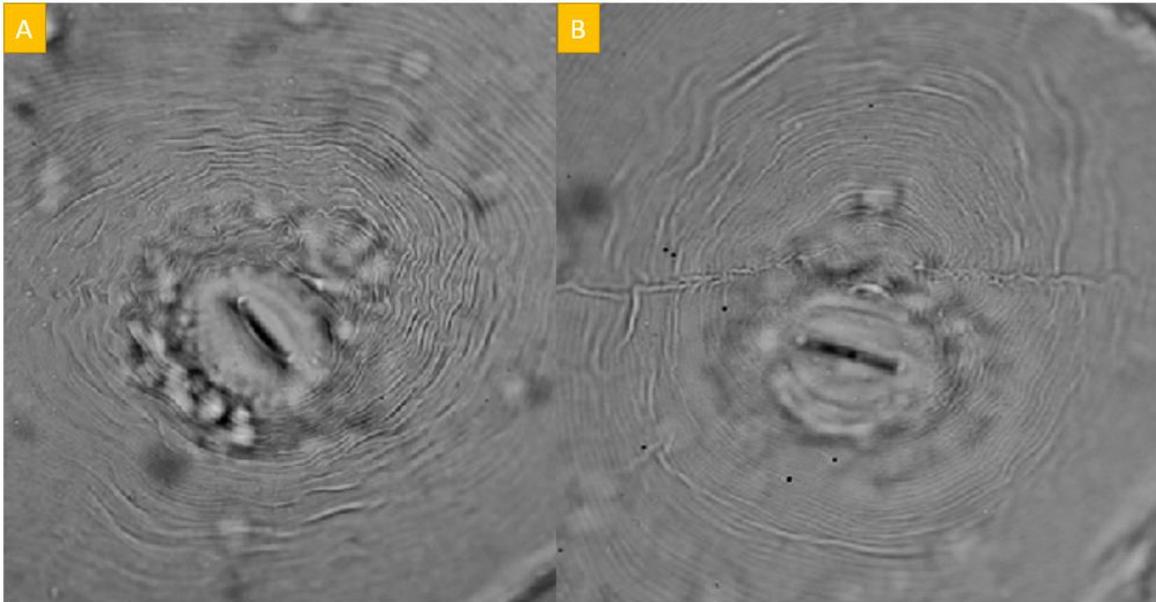


Figura 9: Patrones perineales de especímenes hembras con características de *Meloidogyne exigua* (A) y *Meloidogyne javanica* (B).

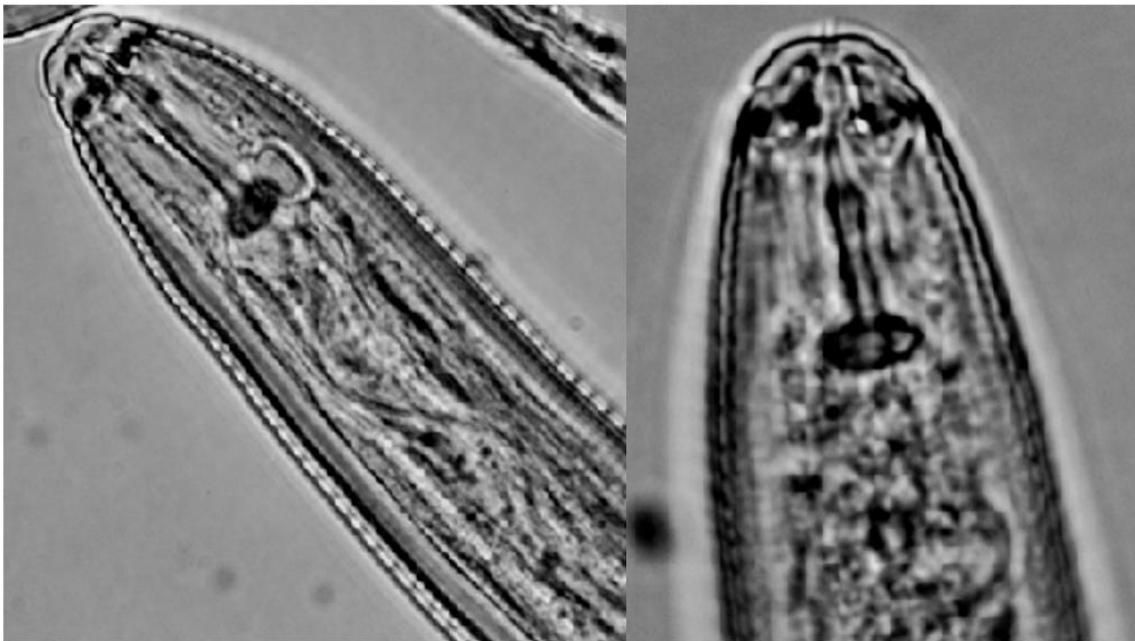


Figura 10: Forma de la cabeza de especímenes machos con características de *Meloidogyne incognita*.

4.2 PARÁMETROS DE DESARROLLO DE LA PLANTA

Para comparar los resultados entre los tratamientos en cada evaluación, se han usado la grafica de barras, pero, también se hizo uso de la gráfica de líneas (con los mismos datos) para tener una rápida percepción sobre los cambios durante el tiempo de las evaluaciones.

4.2.1 Altura de la planta

Para el parámetro altura de planta, el análisis de variancia (Anexo 6), muestra que, si hay diferencias altamente significativas para las evaluaciones de La Molina y, una diferencia significativa para la primera evaluación de Pichanaqui, sin embargo, en la segunda evaluación muestra una diferencia altamente significativa.

- Resultados de la altura de planta de las evaluaciones de La Molina.

Para la primera evaluación de La Molina, tenemos un coeficiente de variabilidad de 15.0 por ciento, también nos muestra que para la comparación de medias de Tukey hay diferencias significativas (Tabla 9), la mayor altura se obtiene con el tratamiento testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 112.25 cm, por debajo de ello se encuentra el tratamiento T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 86.75 cm, le siguen el T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 79.5 cm, T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 79.0 cm, T2 (50 huevos/100cc de suelo) con 74.5 cm, de forma decreciente respectivamente. Debemos citar que los tratamientos T1, T2, T3, T4 presentan las mismas letras para la comparación de medias de Tukey (Tabla 9).

En la segunda evaluación de La Molina, presenta un coeficiente de variabilidad de 10.9 por ciento, en la comparación de medias de Tukey arrojan los siguientes resultados, con la mayor altura promedio aparece el tratamiento T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 142.0 cm, le siguen los tratamientos T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 141.25 cm y, T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 133.0 cm. Las dos primeras presentan las mismas letras para la comparación de medias de Tukey (A), mientras que la tercera tiene un AB. En seguida está el tratamiento T3 (500 huevos/100cc de suelo), que arroja 105.75 cm y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 79.00 cm con las letras BC y C para Tukey respectivamente (Tabla 9).

Los resultados muestran un coeficiente de variabilidad de 9.5 por ciento (Tabla 9), para la tercera evaluación. Además, para Tukey se tiene lo siguiente: la mayor altura se obtiene con el tratamiento testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 141.25 cm

agrupado con la letra A, le siguen los tratamientos T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 120.00 cm, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 119.75 cm ambos con AB. Más abajo esta T2 (50 huevos/100cc de suelo), tiene 113.50 cm y, T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), muestra 97.50 cm., los dos agrupadas con la letra B para Tukey.

- Resultados de la altura de planta de las evaluaciones de Pichanaqui

En el trabajo realizado en la ciudad de Pichanaqui, la primera evaluación nos muestra resultados más uniformes en comparación a los de La Molina y la segunda evaluación de Pichanaqui. Con un coeficiente de variabilidad 9.1 por ciento, se puede observar que T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 62.25 cm es el que tiene el mejor promedio, en segundo lugar, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 60.00 cm, seguido por T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 55.00 cm, más abajo están T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 52.25 cm y, T1 (5 huevos/100cc de suelo), muestra 51.75 cm. Sin embargo, todos están agrupados con la letra A (Tabla 9), para Tukey.

Para la segunda evaluación en Pichanaqui, tenemos un coeficiente de variabilidad de 6.9 por ciento (Tabla 9), con diferencias altamente significativas al igual que los obtenidos en las evaluaciones de La Molina. En el parámetro altura tenemos con mayor tamaño al tratamiento T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 60.5 cm, seguidos por T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) con 53.00 cm, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 51.00 cm, T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 48.25 cm y, T2 (50 huevos/100cc de suelo) con 46.50 cm. Todos ellos agrupados para Tukey, T0 con A; T1, T2 y T3 con B; finalmente para T4 con AB.

En cuanto a este parámetro, todos los autores coinciden que la planta infectada o dañada por *Meloidogyne* spp, tiende a tener un tamaño menor de lo normal. Para este trabajo no ha sido la excepción, las mismas que pueden ser observadas en las Figuras (11, 12 y 13), hay marcadas diferencias en el tamaño de la planta, en todas las evaluaciones hay una alta significancia en el tamaño de la planta para las diferentes cantidades poblacionales inoculadas. Para las evaluaciones realizadas en La Molina, los datos tienen una mejor divergencia, las diferencias son altamente significativas, a mayor población inoculada en la planta, esta tiende a disminuir en el tamaño, la relación que se observa es inversamente proporcional para este caso en particular.

Taylor y Sasser, (1983). Enfatizan que, como consecuencia de la pérdida de eficiencia radicular de la planta afectada por el nemátodo, se presentan síntomas que pueden ser

visibles, estas pueden ser, amarillamiento y marchitez de la planta, acortamiento de los entrenudos, baja productividad, etc. Además, estos síntomas muchas veces son confundidas con otros como la falta de nutrientes, otras enfermedades, falta de agua, etc. (Frápolti, 2000), todo ello se traduce en una disminución del rendimiento y las siguientes pérdidas de producción. Myers et al. (2017), citan en un trabajo similar que, a mayor infestación del nemátodo, mayor era los síntomas de amarillamiento y caída de hojas basales en Jengibre inoculado con *Meloidogyne incognita*. Los síntomas fueron más notorios después de los 90 días de la inoculación.

Cabe mencionar que, el mejor promedio en cuanto a la altura, se obtuvo a nivel de invernadero, puesto que las condiciones y los factores medio ambientales fueron más controlados. Podemos notar como la planta responde rápidamente (Figura 11), al parecer es estimulada, pero solo a una cierta cantidad poblacional de *Meloidogyne* (T1 y T2). Sin embargo, la tendencia en general es de menor crecimiento, pero también, los tallos principales presentaron mortandad en el tiempo, razón por la cual, los promedios de las siguientes evaluaciones bajaron, ya que, fueron medidos los tallos de los brotes secundarios (tallos funcionales). Con más notoriedad en ambiente abierto (Pichanaqui) y, con los tratamientos T1 y T2 a nivel de invernadero (La Molina).

Tabla 9: Prueba de comparación de medias de Tukey: Altura de planta (cm) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA						PICHANAQUI			
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2	EVA 3	
T0	112.25	A	133	AB	141.25	A	62.25	A	60.5	A
T1	86.75	AB	141.25	A	120	AB	51.75	A	48.25	B
T2	74.5	B	142	A	113.5	B	52.25	A	46.5	B
T3	79.5	B	105.75	BC	119.75	AB	60	A	51	B
T4	79	B	79	C	97.5	B	55	A	53	AB
Pr>F	0.0066		<.0001		0.0013		0.0375		0.0006	
Significancia	**		**		**		*		**	
C.V.	15.00618		10.87593		9.474279		9.091035		6.913577	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

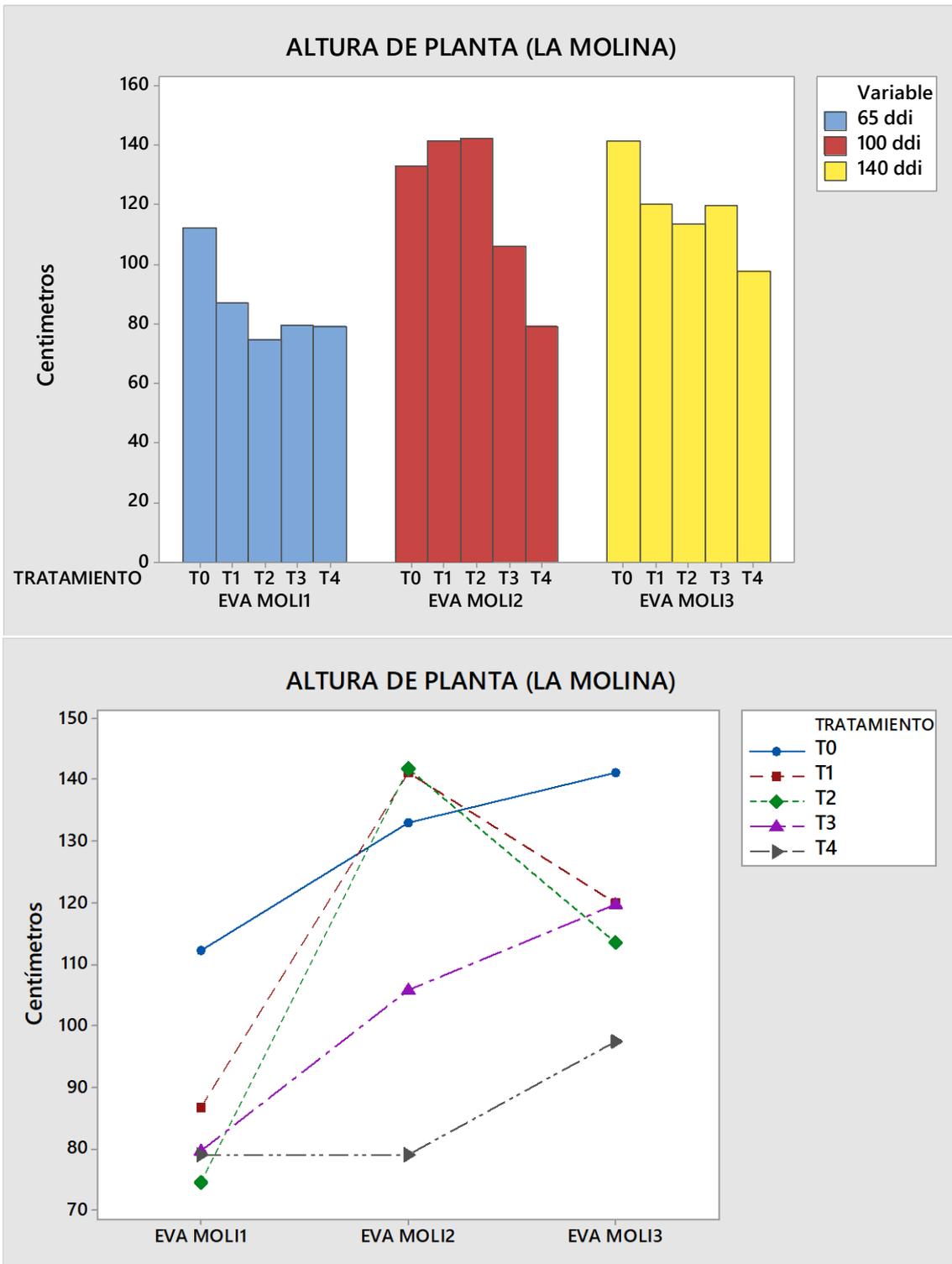


Figura 11: Altura de planta de Jengibre inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi); La Molina

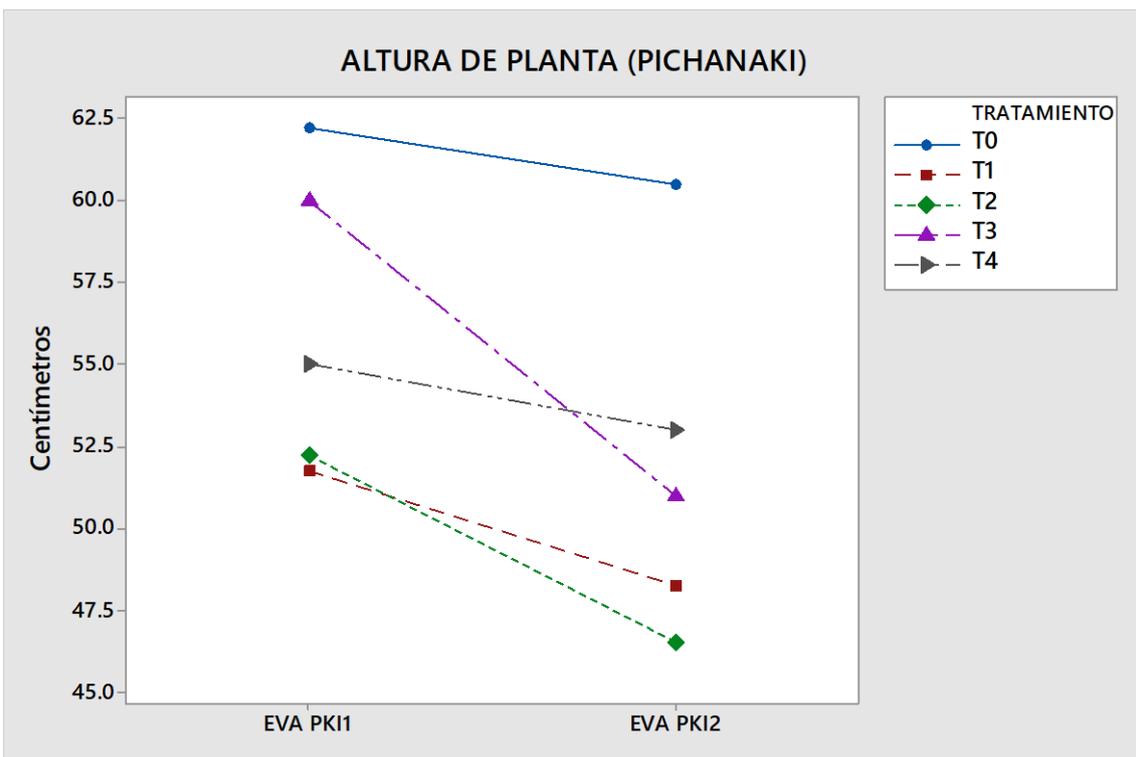
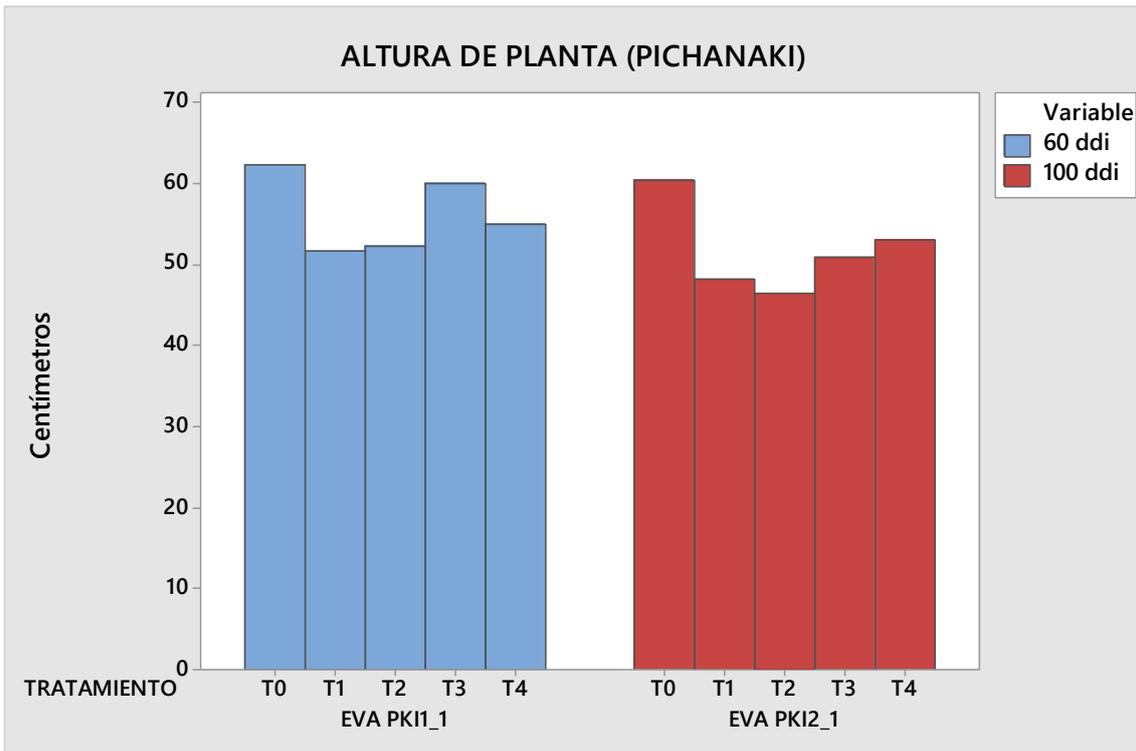


Figura 12: Altura de planta de Jengibre inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (60 y 100 ddi); Pichanaqui

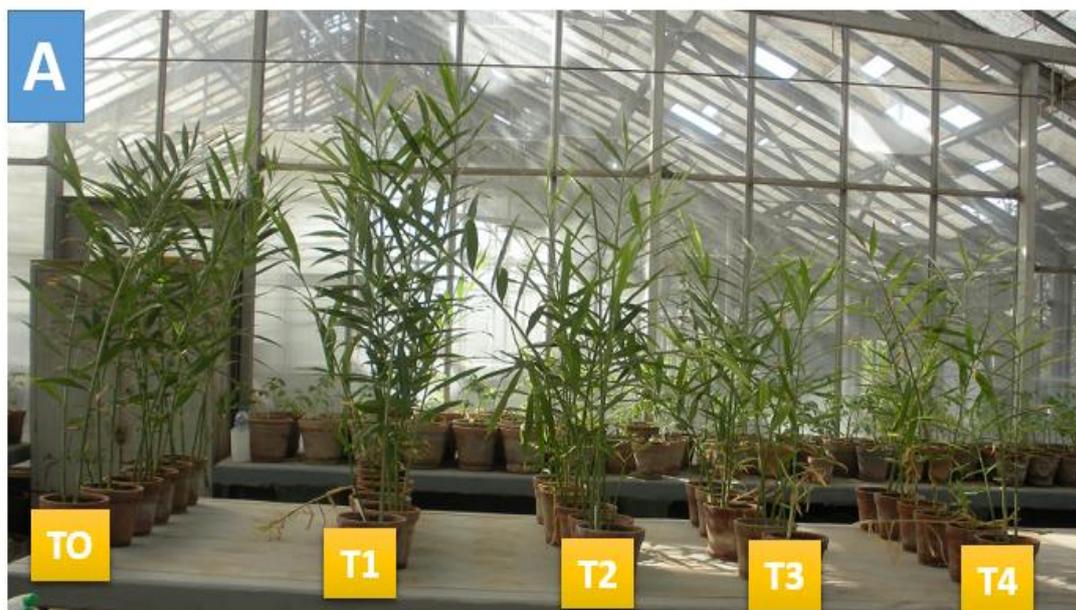


Figura 13: Tamaño de planta de Jengibre inoculadas con *Meloidogyne* spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo), **A** (La Molina), **B** (Pichanaqui).

4.2.2 Peso fresco de la parte aérea

Con un análisis de variancia altamente significativas entre los tratamientos para las tres evaluaciones de La Molina y primera evaluación de Pichanaqui, pero, como no significativa para la segunda evaluación de Pichanaqui en el parámetro peso fresco de la parte aérea de la planta, las mismas que pueden ser apreciadas en el Anexo 7.

- Resultados de peso fresco de la parte aérea de las evaluaciones de La Molina.

En la primera evaluación para La Molina (Tabla 10), tenemos un coeficiente de variabilidad de 16.8 por ciento, obteniendo el mayor peso promedio con el testigo (73.175 g), la misma que es agrupada con la letra A para Tukey, en segundo lugar tenemos al T1, que se inóculo con 5 huevos/100cc de suelo (52.525 g), agrupada con la letra B, en seguida se ubica los que se inocularon con 50 huevos/100cc de suelo (50.925 g) y 500 huevos/100cc de suelo (36.825 g), ambos agrupadas con la letra BC para la comparación de Tukey, finalmente tenemos lo que se ha inoculado con 1000 huevos/100cc de suelo (33.75 g), agrupada con C para Tukey.

En la Tabla (10), podemos ver los resultados para la comparación de medias de Tukey, en la evaluación dos de La Molina, T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 140.65 g y agrupada con la letra A se muestra como el mejor, más abajo están los tratamientos T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 103.05 g y T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 100.35 g ambos agrupadas con la letra AB. Los tratamientos T3 (500 huevos/100cc de suelo), muestra 74.95 g y con un promedio menor el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), que arroja 57.60 g, están agrupadas con la letra B como menor a las anteriores en la comparación de medias.

En la evaluación tres para La Molina se obtiene el mejor resultado con el tratamiento T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 119.45 g representada con la letra A, le sigue el T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 88.05 g con AB, completan los tratamientos en orden decreciente, T3 (500 huevos/100cc de suelo), tiene 82.55 g, el T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 71.05 g y, finalmente está el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), muestra 60.60 g, todos ellos agrupadas en Tukey con B.

- Resultados de peso fresco de la parte aérea de las evaluaciones de Pichanaqui.

En lo que concierne a las evaluaciones de Pichanaqui, se tiene lo siguiente: según la comparación de medias de Tukey (Tabla 10), para la primera evaluación, T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 43.5 g es la mayor, la misma que se agrupa con A. en el segundo plano está el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), muestra 37.00 g que representa un AB, además, los tratamientos T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 31.75 g, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 30.75 g y T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 28.25 g., agrupadas con la letra B completan la tabla de forma decreciente.

En la segunda evaluación para Pichanaqui, tenemos los promedios siguientes, de forma decreciente. T0 (0 huevos/100cc de suelo), T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), T2 (50 huevos/100cc de suelo), T1 (5 huevos/100cc de suelo) y T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 27.50 g, 21.75 g, 20.25 g, 19.00 g y 17.25 g respectivamente. Todos ellos fueron agrupados con la letra A para Tukey. Además, la variancia es no significativa para esta evaluación.

El peso fresco de la planta se ha evaluado para ver el efecto de la población inoculada sobre el desarrollo de la parte aérea de la planta, al igual que en el caso de la altura de la planta, los autores coinciden en la disminución del peso fresco o el peso de la parte aérea de la planta dañada por nemátodos.

En algunos casos puede aumentar el peso de parte aérea de la planta, debido a que esta tiende a ramificarse más de lo normal estimuladas por la presencia de *Meloidogyne* spp, muchas de estas reacciones dependerán de la resistencia, tolerancia o la susceptibilidad de la planta a una determinada cantidad poblacional de *Meloidogyne* spp.

Al igual que para el parámetro anterior tenemos las diferencias significativas entre los tratamientos, además, es importante precisar que la relación obtenida en este trabajo entre la cantidad de nemátodos inoculadas y el peso fresco son inversamente proporcionales (Figura 14 y 15). Cabe destacar que, los resultados en cada evaluación de La Molina son similares, sin embargo, en la evaluación de Pichanaqui no sigue la misma consonancia a la de La Molina, incluso el tratamiento inoculada con mayor población de nemátodos T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se ubica en el segundo lugar en cuanto a peso, esto demuestra lo expuesto anteriormente, en donde la población de nemátodos pueda incentivar a la planta que emita más brotes, puesto que, la parte aérea de la planta es el resultado de lo que ocurre a nivel radicular (Taylor y Sasser, 1983).

Para las evaluaciones se han considera a tener en cuenta la uniformidad en cuanto al tamaño de la planta de las muestras o las unidades experimentales a ser evaluadas para cada una de ellas (tres evaluaciones en La Molina y dos en Pichanaqui). En las plantas inoculadas bajo invernadero, al parecer el efecto de la población de nemátodos ha ido afectando en forma progresiva, las plantas seguían desarrollándose, puesto que, los datos de las evaluaciones posteriores son mayores que la evaluación antecesora, pero, hay un cierto punto donde parece alcanzar el pico de la reproducción de los nemátodos para las condiciones de este trabajo (para la segunda evaluación de La Molina, a los 100 ddi), por consiguiente, la planta también deja de desarrollarse y comienza con la senescencia, prueba de ello tenemos que los datos de la tercera evaluación son menores o similares a la segunda, pero, en caso de Pichanaqui (campo libre), se observa una reducción en la parte aérea para la segunda evaluación, esto quiere decir, que la planta ha dejado de desarrollarse antes de los 100 ddi, por lo que, se podría presumir que la población inoculada tuvo una mayor reproducción en el menor tiempo a comparación del invernadero, probablemente porque no es un ambiente controlado sino mas bien hay otros factores que influyen tanto en el desarrollo de la planta como también en la reproducción del nemátodo.

Es pertinente recordar que, en el invernadero se trabajó con sustrato que contenía una buena proporción de materia orgánica (compost), mientras en Pichanaqui solo fue tierra de chacra.

Tabla 10: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso fresco de la parte aérea (g) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui

TRATAMIENTOS	LA MOLINA			PICHANAQUI	
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2
T0	73.175 A	140.65 A	119.45 A	43.5 A	27.5 A
T1	52.525 B	103.05 AB	88.05 AB	28.25 B	19.0 A
T2	50.925 BC	100.35 AB	71.05 B	30.75 B	20.25 A
T3	36.825 BC	74.95 B	82.55 B	31.75 B	17.25 A
T4	33.75 C	57.6 B	60.60 B	37 BA	21.75 A
Pr>F	<.0001	0.0029	0.0006	0.004	0.1023
Significancia	**	**	**	**	NS
C.V. %	16.8371	25.76068	17.3482	14.36801	24.20908

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

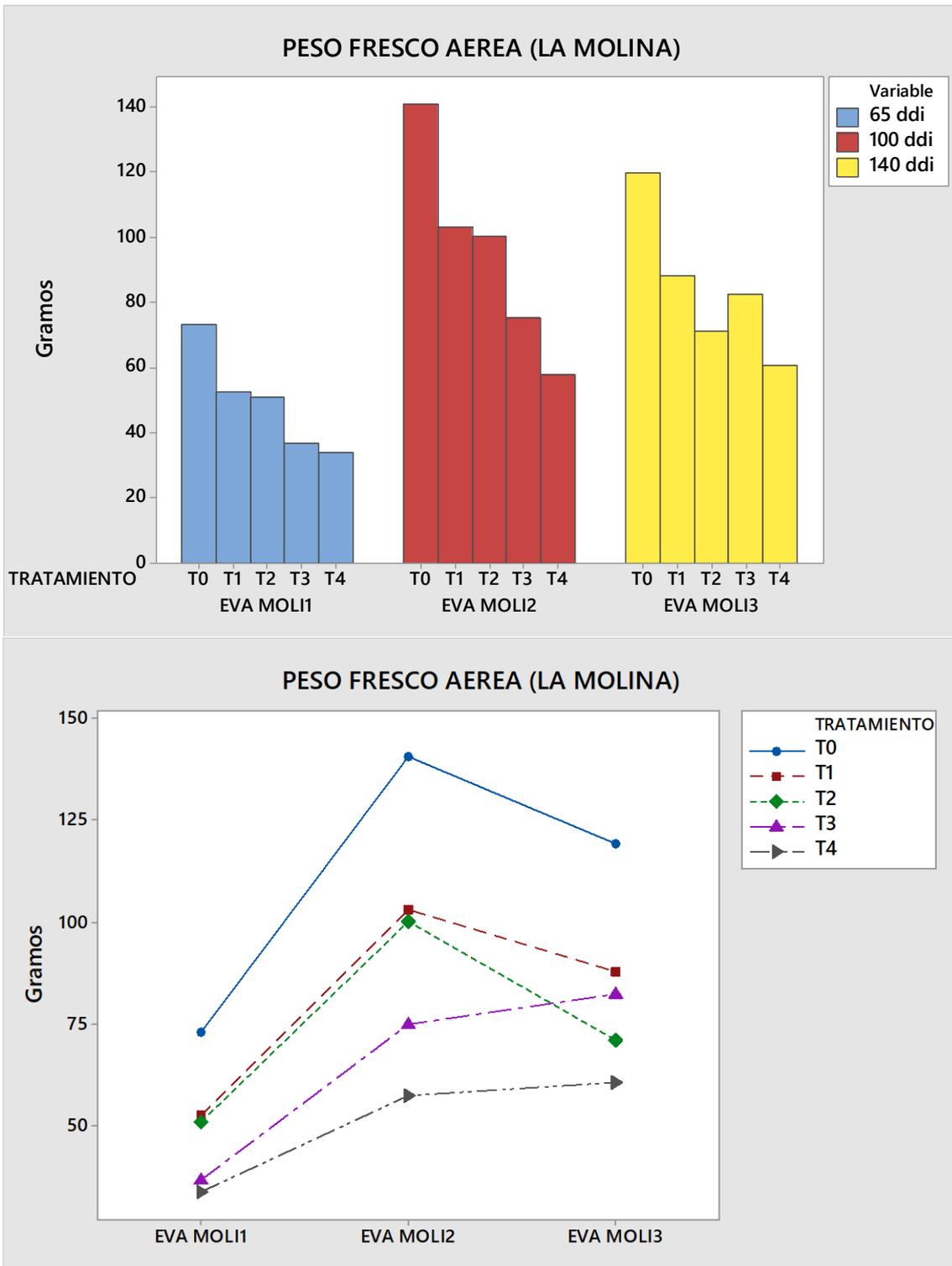


Figura 14: Peso fresco parte aérea de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina

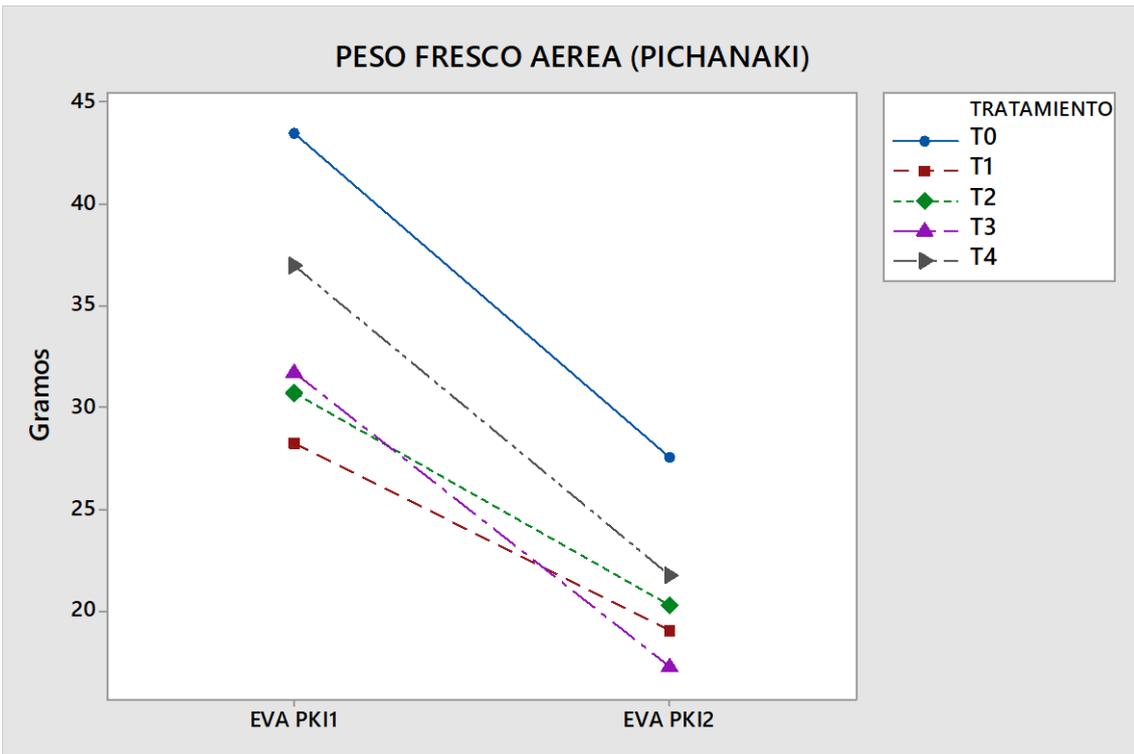
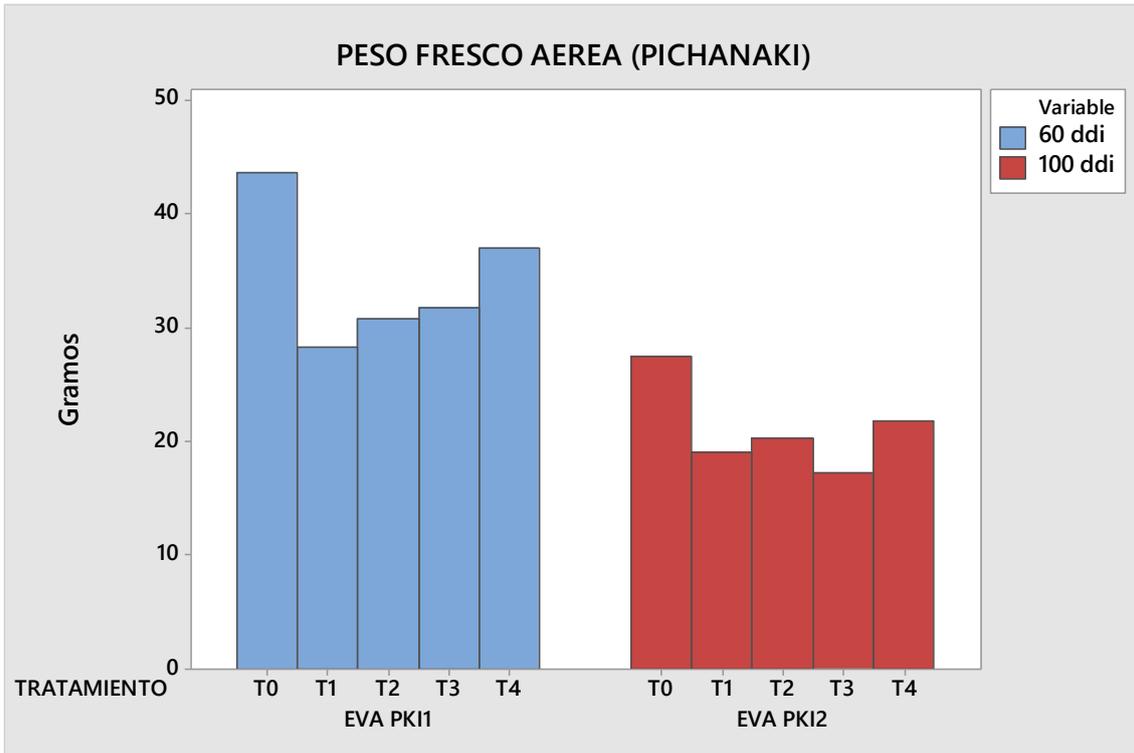


Figura 15: Peso fresco parte aérea de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui

4.2.3 Peso seco de la parte aérea

El análisis de variancia para peso seco de la parte aérea (tallos y hojas), las que se pueden ver en el Anexo (8), muestra que las diferencias son altamente significativas, sin embargo, como en el caso del parámetro anterior (peso fresco), no hay diferencias significativas entre los tratamientos en la segunda evaluación de Pichanaqui.

- Resultados de peso seco de la parte aérea de las plantas evaluadas en La Molina.

En la comparación de medias de Tukey (Tabla 11), para la primera evaluación de La Molina y, con un coeficiente de variabilidad de 19.5 por ciento, se observa que el T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 8.325 g es el mejor promedio que los demás tratamientos la misma que se representa con la letra A. le siguen T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 5.075 g, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 4.30 g, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 4.05 g y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 3.625, todos agrupadas para Tukey con B.

En la segunda evaluación de La Molina expuesta en la Tabla (11), tenemos un coeficiente de variabilidad 23.0 por ciento que, entre ellos sobresale con el mejor promedio el T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 15.50 g, la misma que para Tukey se agrupa como A, más abajo están los tratamientos que se describen en forma decreciente, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 13.60 g, T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 11.925 y T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 10.50 g clasificadas con un AB. Finalmente está el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), arroja 8.275 g, que es representado con un B para Tukey. Hay una mejor diferencia entre los tratamientos en comparación a la evaluación anterior.

14.3 es el coeficiente de variabilidad para la tercera evaluación de La Molina y, para la comparación de medias de Tukey (Tabla 11) tenemos con el promedio más alto al T0 (0 huevos/100cc de suelo), que muestra 15.175 g, muy debajo se puede observar a los tratamientos T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 11.125 g, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 10.525 g y T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 8.90 g. El T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se encuentra en el último lugar con 5.675 g que representa casi la tercera parte en comparación con el T0. En la tercera evaluación encontramos diferencias más marcadas entre los tratamientos comparado con las anteriores evaluaciones.

- Resultados de peso seco de la parte aérea de las plantas evaluadas en Pichanaqui.

Para la primera evaluación de Pichanaqui (Tabla 11), nos arroja un coeficiente de variabilidad de 15.2 por ciento y, estadísticamente hay una diferencia significativa muy alta. Según la comparación de medias de Tukey tenemos a T0 (0 huevos/100cc de suelo), muestra 4.825 g que representa el mejor promedio, en segundo lugar, se encuentra T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 4.10 g. Complementan los tratamientos que se ubica de mayor a menor T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 3.475 g, T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 3.075 g y T2 (50 huevos/100cc de suelo), que arroja 3.050 g.

El análisis de variancia mostró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en la segunda evaluación que se hizo en Pichanaqui. Los promedios son similares, la misma que Tukey lo agrupa a todos con A.

Este parámetro está en relacionado con el peso aéreo de la planta, debido a ello, en las Figuras 14 con 16 y 15 con 17 se puede observar una distribución similar para cada evaluación.

La obstrucción radicular por el daño de los nemátodos, afecta el paso del agua y nutrientes a la planta, con ello se involucra el normal desarrollo de la planta y la acumulación de materia seca. Además, debemos de tener presente que, las raíces dañadas quedan expuestas a ser infectadas por otras plagas o enfermedades (Myers et al, 2017).

Taylor y Sasser, (1983); citan a O'Bannon y Reynolds, (1965); ellos hicieron un trabajo con plantas de algodón. Las plantas que han sido manejadas bajo invernadero (con todos los ambientes controlados), han tenido una reducción de 10.4 por ciento en peso seco, en cambio las plantas que se instalaron en un ambiente abierto y, las cuales fueron cultivadas con irrigación irregular, con humedad de 50 a 100 por ciento de capacidad de campo fueron reducidos en 78.6 por ciento de peso seco. Esto se explica como la reducción de la eficacia radicular aumenta la marchitez o el estrés de las plantas infectadas, que con frecuencia se observan en campos con climas calurosos y secos (la planta está expuesta a otros factores abióticos y bióticos). En cambio, las plantas de ambiente controlado pueden crecer satisfactoriamente, aunque estén altamente infectadas si estas son irrigadas con frecuencia. Pero, es pertinente mencionar que dicho crecimiento se dará hasta donde lo permita la población de nemátodos.

En el presente trabajo se tiene que las plantas que se manejaron bajo invernadero (La Molina) tienen mejores pesos secos que los instalados en un ambiente abierto (Pichanaqui). Como se mencionó en el caso anterior, la diferencia de los factores ambientales juega un papel importante en el desarrollo de la planta y la acumulación de materia seca.

Tabla 11: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso seco de la parte aérea (g) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA			PICHANAQUI	
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2
T0	8.325 A	15.5 A	15.175 A	4.825 A	2.875 A
T1	5.075 B	11.925 BA	11.125 B	3.075 B	2.325 A
T2	4.3 B	13.6 BA	8.9 B	3.05 B	2.325 A
T3	4.05 B	10.5 BA	10.525 B	3.475 B	2.575 A
T4	3.625 B	8.275 B	5.675 C	4.1 BA	2.675 A
Pr>F	<.0001	0.0196	<.0001	0.002	0.5133
Significancia	**	*	**	**	NS
C.V. %	19.5412	23.02547	14.30766	15.25623	20.00175

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

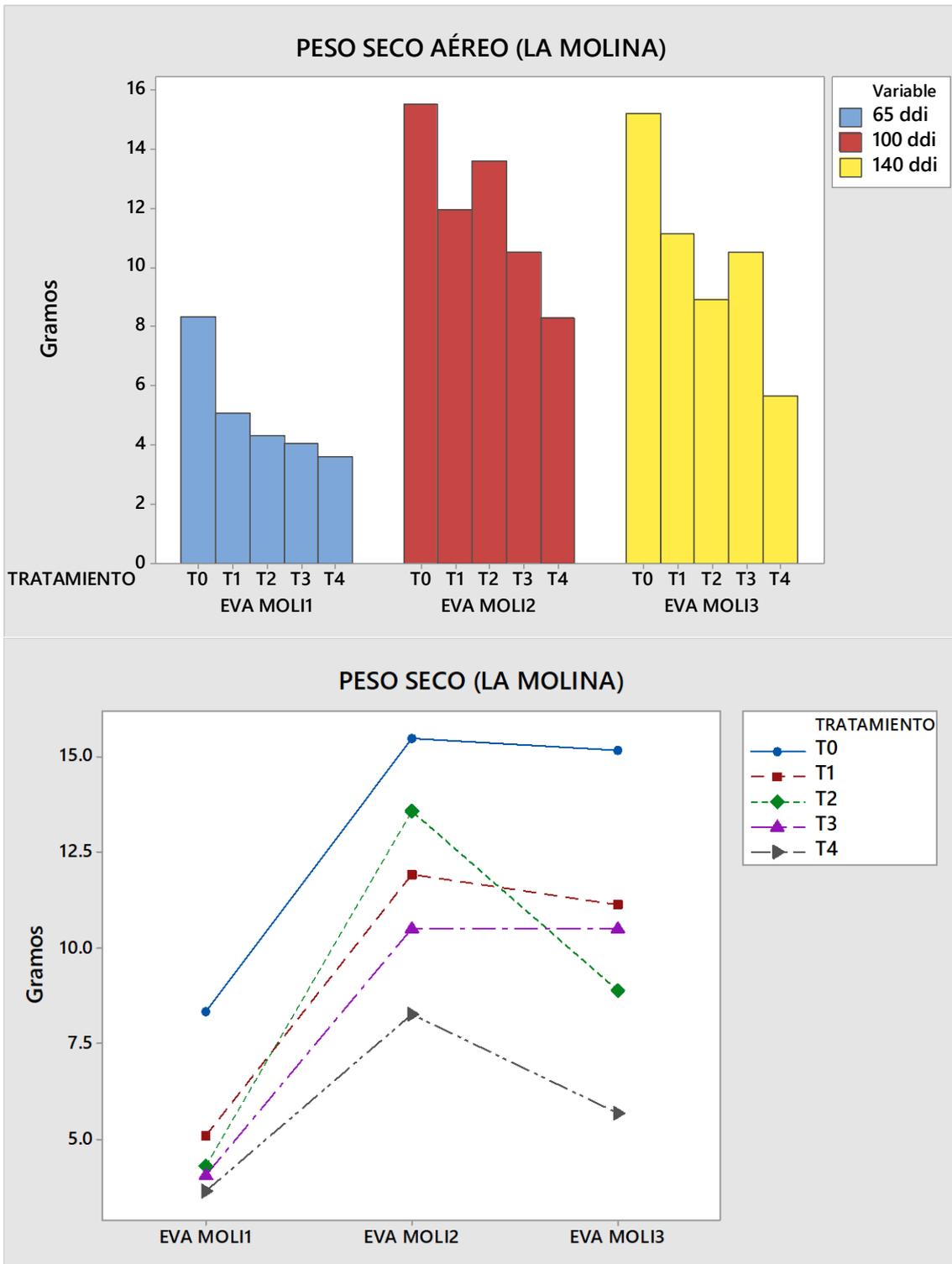


Figura 16: Peso seco parte aérea de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina

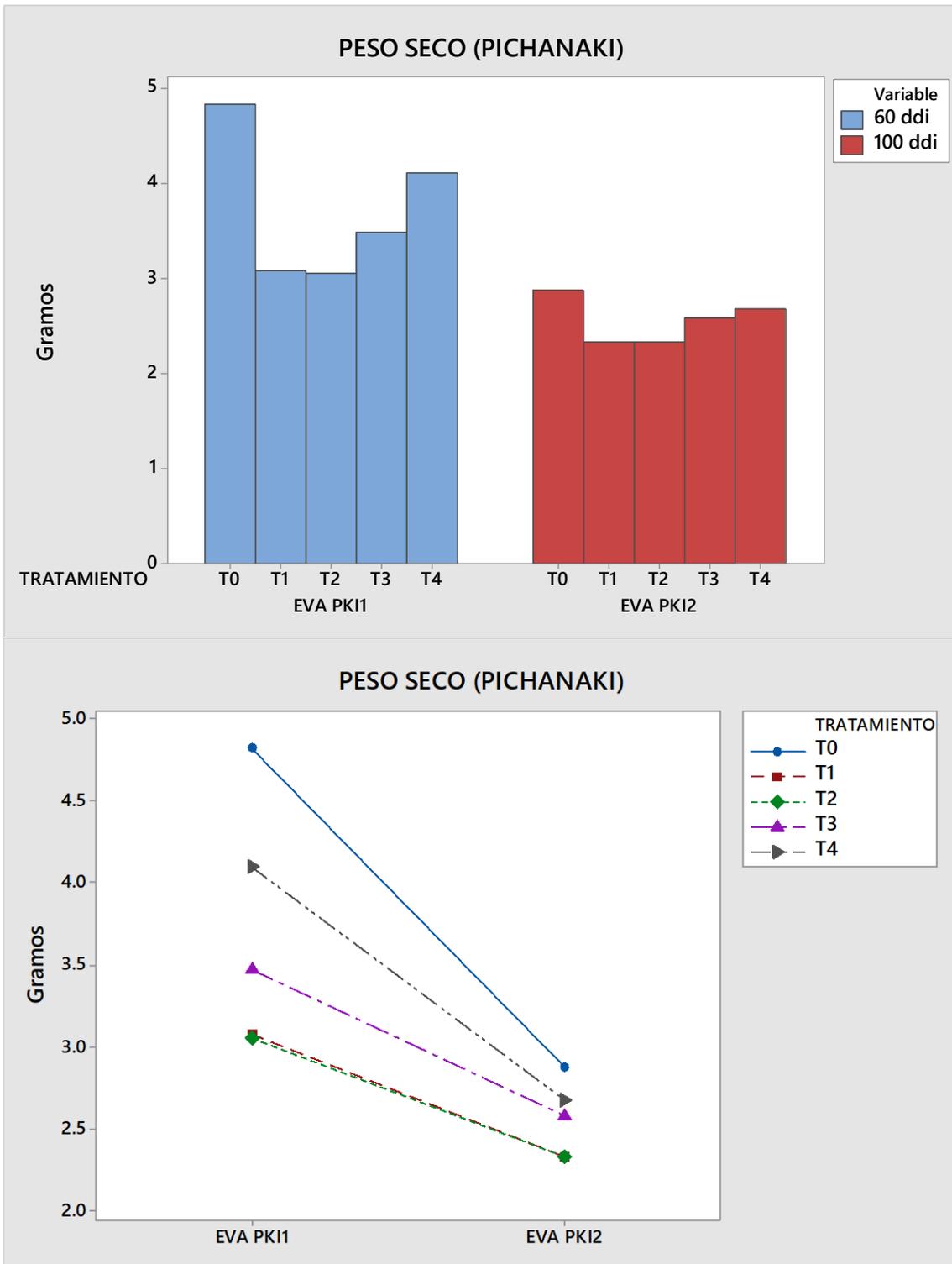


Figura 17: Peso seco parte aérea de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui

4.2.4 Medida de la Raíz Más Larga

En cuanto al parámetro de medida de la raíz más larga, el análisis de variancia muestra que hay diferencias altamente significativas (Anexo 9), en las evaluaciones uno, dos de La Molina y la segunda evaluación de Pichanaqui. Sin embargo, se debe destacar que en las evaluaciones tres de La Molina y uno de Pichanaqui son no significativas.

- Medida de la raíz más larga de las plantas evaluadas en La Molina.

Con un coeficiente de variabilidad 11.6 por ciento, para la primera evaluación de La Molina (Tabla 12), se tiene la comparación de medias de Tukey con la raíz más larga al tratamiento T0 (0 huevos/100cc de suelo), tiene 36.50 cm, le sigue el T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 33.25 cm, en el tercer lugar se ubica el T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 27.50 cm, el tratamiento T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 25.75 cm se encuentra en el cuarto lugar. Por último, tenemos al T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), que muestra 16.00 cm. Las diferencias entre los tratamientos son muy distantes.

La segunda evaluación de La Molina tiene un coeficiente de variabilidad de 14.1 por ciento y, en cuanto a la comparación de medias de Tukey, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 34.25 cm tiene el mejor promedio, no muy lejos tenemos al T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 33.50 cm, ambos agrupadas con A. el T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 28.25 cm se encuentra con el tercer mejor promedio, más abajo se encuentra T3 (500 huevos/100cc de suelo) y, T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) con 22.25 y 17.00 cm respectivamente, las mismas que se ubican en la Tabla 12, según los datos obtenidos en esta evaluación las poblaciones inoculadas han estimulado un mayor desarrollo radicular.

En la tercera evaluación para La Molina (Tabla 12), se obtuvo una diferencia no significativa entre los tratamientos después de hacer el análisis de variancia. Con un coeficiente de variabilidad 24.7 por ciento, tenemos los datos de la comparación de medias de Tukey todos agrupados en una sola letra (A), el T0 (0 huevos/100cc de suelo), tiene 36.475 cm con un mejor promedio, seguido por T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 31.90 cm, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 27.35 cm, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 25.85 cm y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) con 21.875 cm citadas en forma decreciente.

- Medida de la raíz más larga de las plantas evaluadas en Pichanaqui.

El análisis de variancia también es no significativa entre los tratamientos en la primera evaluación de Pichanaqui (Tabla 12), sin embargo, debemos indicar que el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 35.5 cm es que arroja el mejor promedio, en el segundo lugar aparece el T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 33.25 cm, más abajo aparecen los tratamientos T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 33.00 cm, T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 32.25 cm y, T3 (500 huevos/100cc de suelo), muestra 31.00 cm. Cabe indicar que el desarrollo radicular habría tenido una respuesta a la estimulación por daños de los nemátodos.

Por otro lado, el análisis de variancia para la segunda evaluación de Pichanaqui es altamente significativa, además, el coeficiente de variabilidad es 5.4 por ciento, para la comparación de medias de Tukey tenemos lo siguiente. El T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 34.25 cm es el mayor, seguidos de forma decreciente por: T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 31.00 cm, T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 28.50 cm, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 28.25 cm T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), muestra 24.50 cm. El tamaño o la longitud de la raíz ha disminuido en comparación a la evaluación anterior (Figura 19 y 20). Una de las explicaciones para este resultado es, que, debido al daño irreversible ya ocasionado por los nemátodos que además ya alcanzaron el pico de la reproducción, las raíces ya no pueden desarrollarse con normalidad, sino mas bien comienza a degradarse, además, es pertinente precisar que para la medida de la longitud radicular solo se ha considerado las raíces funcionales.

Los síntomas más notorios del daño por *Meloidogyne* sp se observa a nivel radicular de la planta, las mismas que podemos observar en la Figura (18), estos síntomas son la formación de nódulos, proliferación de raíces laterales, acortamiento de la longitud y, en algunos casos el deterioro parcial o total de la misma. Como ya se han mencionado durante el desarrollo de los parámetros anteriores, la obstrucción o el daño de la raíz influye en el desarrollo de la planta, el daño por los nemátodos se da en los nódulos, donde los elementos vasculares se rompen y se deforman interrumpiendo mecánicamente el flujo normal del agua y nutrientes, siendo la raíz la zona principal que permite el paso del agua y los nutrientes para que la planta pueda sintetizar los carbohidratos, necesarios para su desarrollo y la acumulación de las mismas en las zonas de reserva.

Las raíces altamente infectadas son mucho más cortas que las raíces sanas, tienen menos raíces laterales y menos pelos radiculares (Taylor y Sasser, 1983); en los resultados de este trabajo podemos ver que, los tratamientos que han sido inoculados con mayor población de *Meloidogyne* spp tienen menor longitud radicular (Figura 18), sin embargo, se debe de recalcar que en algunos casos los tratamientos que han sido inoculados como el T2 (50 huevos/100cc de suelo), las raíces tienen un desarrollo normal hasta cierto punto.

Myers et al. (2017). Encontraron que el desarrollo de las células gigantes en las raíces infectadas de Jengibre, no permitían el desarrollo normal de la raíz, los cuales son de menor longitud y poco volumen en comparación de las raíces sanas.

Tabla 12: Prueba de comparación de medias de Tukey: Medida de la raíz más larga (cm) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA			PICHANAQUI						
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2					
T0	36.5	A	33.5	A	36.475	A	33.25	A	34.25	A
T1	27.5	BC	28.25	AB	31.9	A	32.25	A	31.0	AB
T2	33.25	AB	34.25	A	25.85	A	33.0	A	28.25	B
T3	25.75	C	22.25	BC	27.35	A	31.0	A	28.5	B
T4	16.0	D	17.0	C	21.875	A	35.5	A	24.5	C
Pr>F	<.0001	<.0001			0.0837		0.3181		<.0001	
Significancia	**	**			NS		NS		**	
C.V. %	11.65601	14.13373			24.69463		8.800061		5.396378	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.



Figura 18: Tamaño de las raíces más largas de Jengibre inoculadas con *Meloidogyne* spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo).

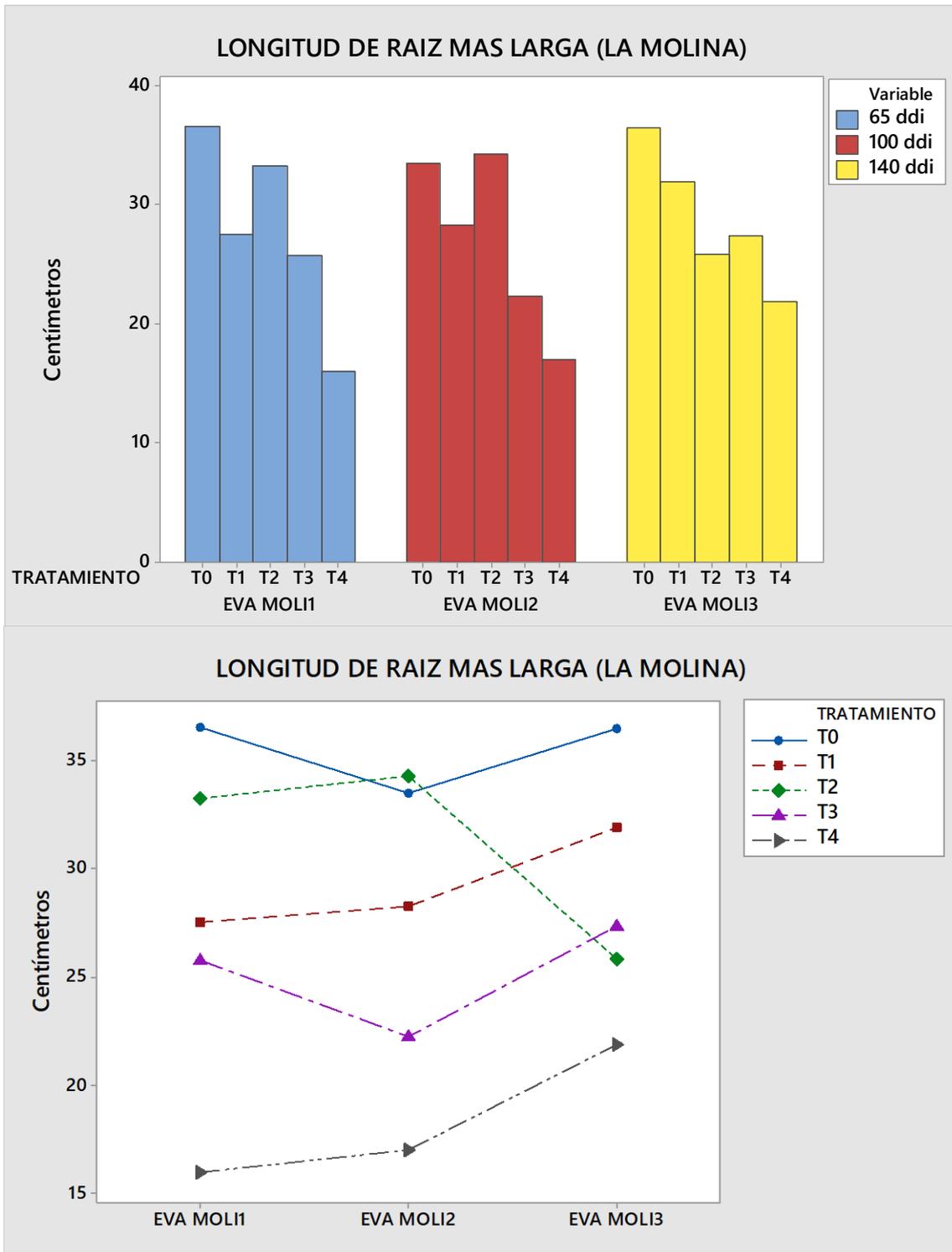


Figura 19: Medida de la raíz más larga de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi); La Molina

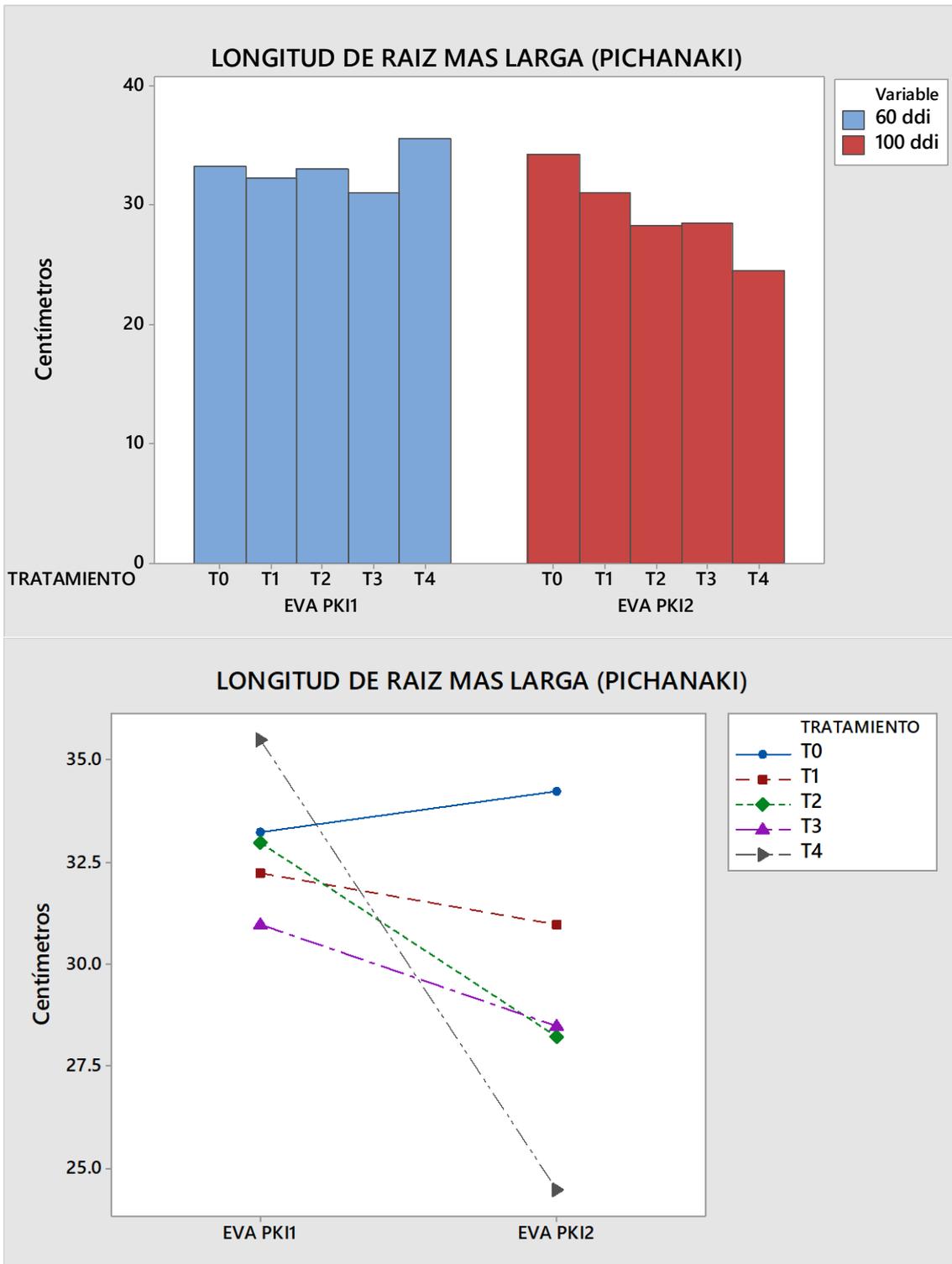


Figura 20: Medida de la raíz más larga de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi); Pichanaqui.

4.2.5 Peso Fresco de la raíz

En el parámetro del peso de la raíz, el análisis de variancia muestra que si hay diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 10), sin embargo, debemos precisar que en la primera evaluación para Pichanaqui, el análisis de variancia arroja que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

- Resultados de peso fresco de la raíz de las plantas evaluadas en La Molina.

En la primera evaluación de La Molina, según la comparación de medias para Tukey (Tabla 13), tenemos a T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 28.028 g como el mejor, con una diferencia mínima se encuentra T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 27.75 g, en el tercer lugar encontramos a T3 (500 huevos/100cc de suelo), que tiene 20.65 g, más abajo se encuentran los tratamientos T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), y T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 19.60 g y 19.25 g respectivamente. En la primera evaluación de La Molina tenemos un coeficiente de variabilidad de 21.1 por ciento.

Para la segunda evaluación de La Molina, tenemos un coeficiente de variabilidad de 22.7 por ciento, cabe precisar que, hay una alta significancia entre los tratamientos. En cuanto a la comparación de medias (Tabla 13), tenemos a T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 51.50 g como el mejor, le siguen T1 (5 huevos/100cc de suelo), y T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 40.575 g y 36.350 g en el mismo orden, el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se encuentra el cuarto lugar con 29.92 g y, finalmente se puede observar a T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 21.45 g.

Tenemos un coeficiente de variabilidad de 20.9 por ciento para la tercera evaluación en La Molina, además, el análisis de variancia es altamente significativa entre los tratamientos. En cuanto a las medias de Tukey se tiene a T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 47.90 g que tiene el mejor promedio, de lejos le sigue el T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 32.075 g, la disminución radicular en cuanto a peso es notorio en esta evaluación comparado con las evaluaciones anteriores. Los tratamientos T1 (5 huevos/100cc de suelo), T2 (50 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se encuentran muy por debajo de los dos primeros tratamientos, puesto que, los pesos promedio son 24.575 g, 17.20 g y 12.825 g. respectivamente y, tipificadas de forma decreciente, los promedios de los datos evaluados como las medias comparativas se encuentran en la Tabla (13).

- Resultados de peso fresco de la raíz de las plantas evaluadas en Pichanaqui.

El análisis de variancia es no significativo entre los tratamientos para la primera evaluación de Pichanaqui, presenta un coeficiente de variabilidad 15.4 por ciento y, la comparación de medias de Tukey tiene lo siguiente. T0 (0 huevos/100cc de suelo), T2 (50 huevos/100cc de suelo), y T3 (500 huevos/100cc de suelo), tienen los mismos promedios 18.75 g, más abajo están T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 17.00 g y, T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 13.50 g se encuentra como último.

En la segunda evaluación de Pichanaqui, podemos observar que si hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Además, Tukey muestra la siguiente comparación para las medias. T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 16.025 g tiene el mejor promedio, T1 (5 huevos/100cc de suelo), es el que le sigue con 14.60 g, en el tercer lugar se encuentra al tratamiento T3 (500 huevos/100cc de suelo), que tiene como promedio 12.50 g, más abajo están T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 9.25 g y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con 6.725 g. como el menor de todos.

El peso fresco de la raíz también es posible relacionar con el volumen de la misma, es así que podemos observar en el resultado de las evaluaciones que, raíces con nemátodos inoculado T2 (50 huevos/100cc de suelo) tienen mayor peso que las raíces de las plantas testigo, ello se asocia a los motivos tratados en los parámetros anteriores, la estimulación del desarrollo radicular por parte de la población de los nemátodos inoculados, sin embargo, al parecer esto solo se da hasta un cierto punto en donde el aumento de la población de nemátodos frena el desarrollo de la raíz (Frápolli, 2000); Normalmente los daños producidos por los nemátodos en la planta están relacionados con la densidad poblacional (Figura 21 y 22), puesto que, en campo de producción comercial, se debe tener en cuenta la presencia de otros patógenos existentes en el suelo a las que son expuestas las raíces dañadas, por otra parte, es pertinente señalar que la reacción de la planta frente a los nemátodos dependerá del grado de susceptibilidad y el estado fenológico en la que se encuentra.

El mayor peso que tiene las raíces de las plantas inoculadas frente a las plantas testigo, se debe al desarrollo o la proliferación de raíces laterales como una reacción natural de la planta de buscar nuevas rutas de ingreso de agua y nutrientes para completar el ciclo biológico.

Para este parámetro, no podemos afirmar que los pesos de las raíces de la planta de jengibre se han desarrollado inversa o directamente proporcional a las poblaciones inoculadas, puesto que, el desarrollo y la proliferación radicular dependerá de la cantidad de patógenos presente

en una determinada fase de desarrollo del cultivo (Figura 23), puesto que, para este trabajo en particular, los resultados no muestran una tendencia en el tiempo durante las evaluaciones realizadas.

Tabla 13: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso de la raíz (g) de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA			PICHANAQUI	
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2
T0	27.75 A	36.350 ABC	47.9 A	18.75 A	16.025 A
T1	28.028 A	40.575 AB	24.575 CB	17.0 A	14.6 A
T2	19.25 A	51.50 A	17.2 C	18.75 A	9.25 BC
T3	20.65 A	21.45 C	32.075 B	18.75 A	12.5 BA
T4	19.6 A	29.95 BC	12.825 C	13.5 A	6.725 C
Pr>F	0.0387	0.0014	<.0001	0.0574	0.0002
Significancia	*	**	**	NS	**
C.V. %	21.13064	22.68093	20.89589	15.41181	19.53625

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

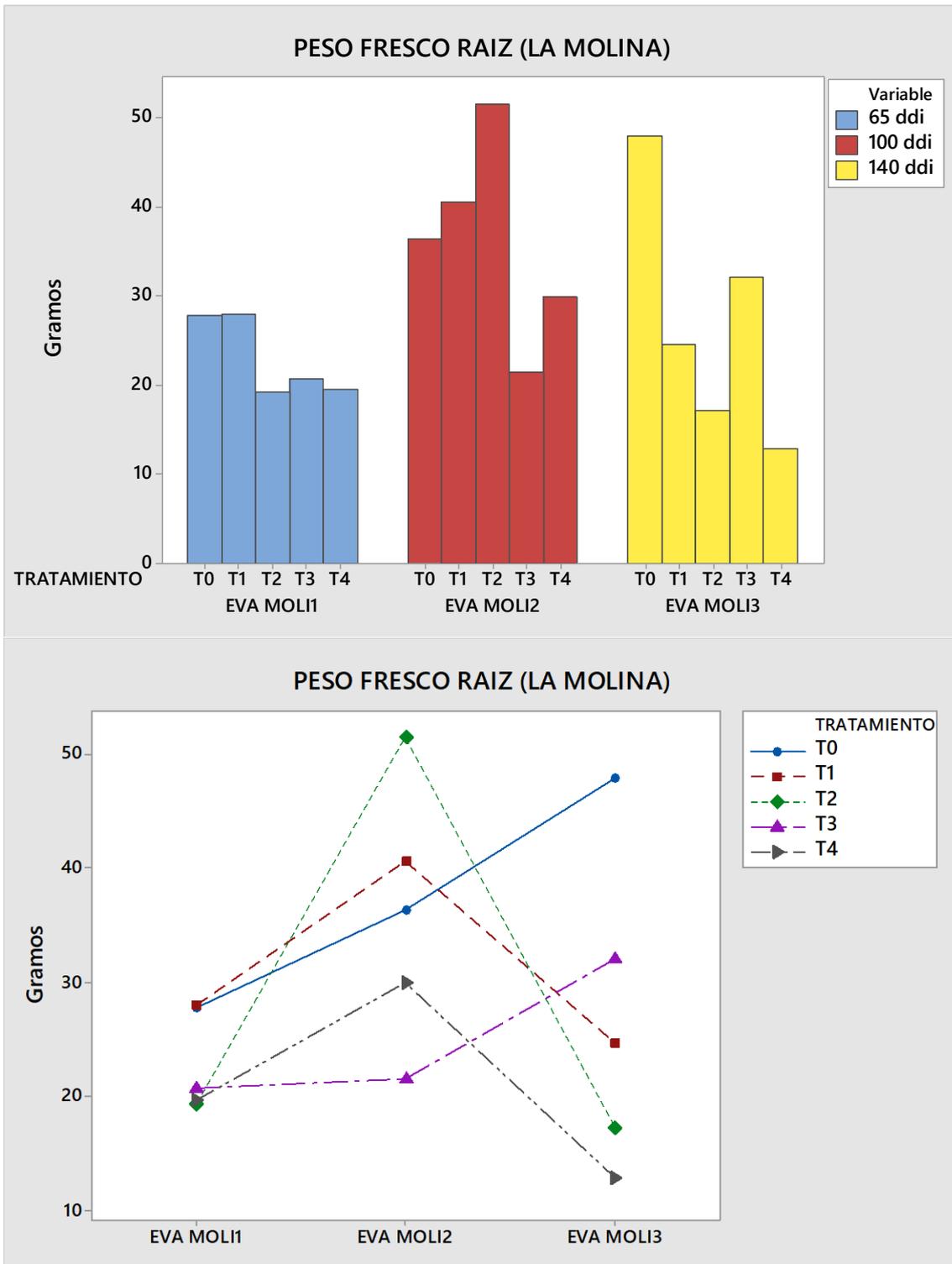


Figura 21: Peso fresco raíces de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

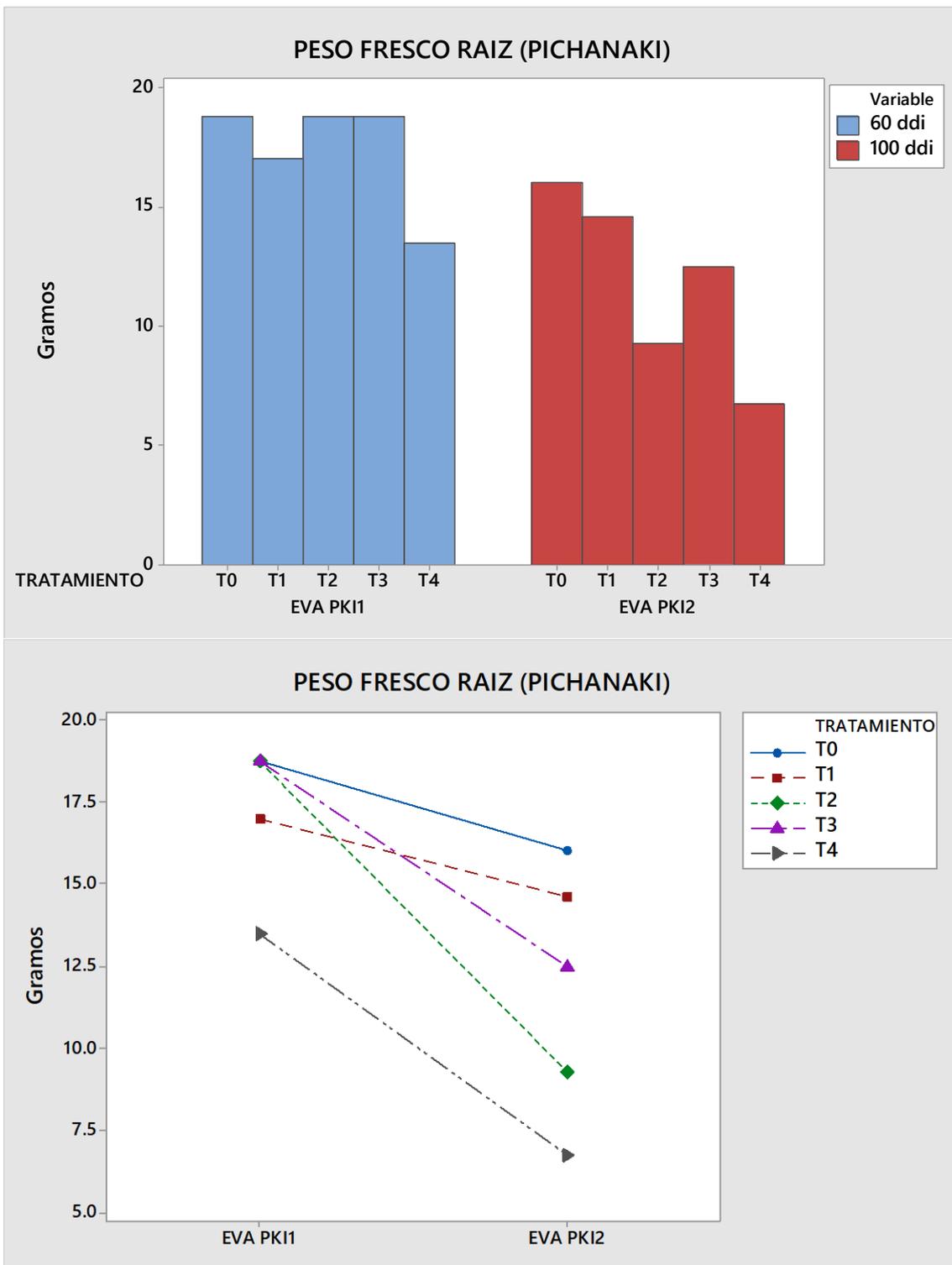


Figura 22: Peso fresco raíces de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.



Figura 23: Raíces de Jengibre inoculadas con *Meloidogyne* spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo), A (La Molina), B (Pichanaqui).

4.3 PARÁMETROS DE RESPUESTA DEL CULTIVO AL INÓCULO.

4.3.1 Número de tallos del jengibre

El análisis de variancia que se realizó para este parámetro, arrojó como resultado los datos que se encuentran en el Anexo (11), en ello podemos observar que existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto se refiere para las evaluaciones de La Molina, sin embargo, no existe diferencias significativas entre los tratamientos en las evaluaciones que se hizo en Pichanaqui.

- Resultados de número de tallos o brotes de las plantas evaluadas en La Molina.

Para el parámetro de número de tallos (Tabla 14), tenemos como coeficiente de variabilidad de 15.7 por ciento para la primera evaluación de La Molina, en cuanto a la comparación de medias de Tukey tenemos a T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 3.0 tallos en promedio que tiene mayor número de tallos, le siguen T0 (0 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), ambos tienen 2.75 tallos en promedio, el T1 (5 huevos/100cc de suelo) se encuentra en el cuarto lugar con 2.5 tallos y, finalmente el T2 (50 huevos/100cc de suelo), tiene 2.0 tallos.

En cuanto a la segunda evaluación de La Molina tenemos un coeficiente de variabilidad 11.2 por ciento y, para Tukey el T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 4.0 tallos ocupa el mejor lugar en cuanto a promedio de tallos por planta, en seguida se observa al T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 3.75 tallos en promedio, T2 (50 huevos/100cc de suelo) y T3 (500 huevos/100cc de suelo), tienen promedios similares de 3.25 tallos, el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se ubica en el último lugar con un promedio de 3.0 tallos.

En la tercera evaluación de La Molina (Tabla 14), el análisis de variancia muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad para dicha evaluación es 29.8 por ciento y, en cuanto a la comparación de medias de Tukey tenemos a T0 (0 huevos/100cc de suelo), tiene 5.0 tallos, el promedio mayor que los demás tratamientos. Los tratamientos T2 (50 huevos/100cc de suelo) y T3 (500 huevos/100cc de suelo), tienen 3.0 tallos en ambos casos, así mismo, T1 (5 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), ambos con 2.0 tallos se ubican en el último lugar.

- Resultados de número de tallos o brotes de las plantas evaluadas en Pichanaqui.

Para las evaluaciones de Pichanaqui, el análisis de variancia muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, 5 huevos/100cc de suelo, 50 huevos/100cc de suelo, 500 huevos/100cc de suelo, 1,000 huevos/100cc de suelo y el testigo (0 huevos/100cc de suelo), entre los tratamientos inoculados los promedios son similares (Tabla 14:). Sin embargo, debemos precisar que el T0 (0 huevos/100cc de suelo), tiene el mejor promedio en comparación a los demás.

En campo de producción del jengibre, cuanto más número de tallos tenga la planta es sinónimo de una buena producción, rizomas bien desarrolladas y plantas vigorosas. Se ha visto plantas con 20 hasta 30 brotes aéreos que son entre los tallos y las inflorescencias, razón por la cual se ha considera a tomar en cuenta este parámetro con la finalidad de evaluar el efecto de las poblaciones inoculadas.

Los resultados del presente trabajo nos muestran que hay diferencias significativas entre los tratamientos para las plantas que se manejado bajo invernadero (La Molina), sin embargo, para el trabajo realizado en condiciones abiertas (Pichanaqui) los resultados estadísticamente muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, pero, en las Figuras (25 y 26) podemos observar que las plantas testigo tienen un mejor promedio que los que han sido inoculadas con *Meloidogyne* sp. Si bien es cierto, el número de tallos son menores a 5 para el presente trabajo, esto se debe a que las plantas han sido instaladas en un macetero con 2000 cc de sustrato, los cuales no fueron suficientes para que la planta pueda desarrollar todo su potencial.

Estadísticamente no se puede demostrar diferencias altamente significativas en cuanto al número de brotes de la planta infectada y el testigo, en trabajos similares se han demostrado que el daño ocasionado por el nemátodo tiene efectos negativos en cuanto a la proliferación o que la planta pueda emitir más tallos, Myers et al (2017), citan que en caso de las infecciones severas de *Meloidogyne incognita* a Jengibre colapsa todo el sistema de brotes, lo cual limita a la ramificación del rizoma por consiguiente la emisión de tallos aéreos. Sin embargo, debemos de citar que en la tercera evaluación de La Molina podemos observar una buena diferencia en cuanto al número de brotes, esto debido a que, con una determinada población de nemátodos que además estos últimos estimulan a la planta a emitir mayor cantidad de raíces y brotes aéreos, la planta puede seguir desarrollándose, sin embargo, una vez alcanzado el pico de la reproducción de los nemátodos o, alcanzada la cantidad máxima

de nemátodos que la planta pueda hospedar, comienza a disminuir en el desarrollo y con ello un acortamiento en el tiempo de vida y un poco o nada producción. Prueba de ello podemos observar en la Figura (24), el T0 tiene rizomas más grandes que el T4 (a mayor número de tallos los rizomas son más grandes).

Tabla 14: Prueba de comparación de medias de Tukey: Cantidad de tallos de jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA						PICHANAQUI			
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4	EVA 5	EVA 6	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4
T0	2.75	AB	4.0	A	5.0	A	2.75	A	2.25	A
T1	2.5	BA	3.75	BA	2.0	B	2.25	A	1.75	A
T2	2.0	B	3.25	AB	3.0	B	2.0	A	2.0	A
T3	3.0	A	3.25	AB	3.0	B	2.0	A	1.75	A
T4	2.75	AB	3.0	B	2.0	B	2.25	A	1.5	A
Pr>F	0.0345		0.0138		0.0016		0.0867		0.252	
Significancia	*		*		**		NS		NS	
C.V. %	15.70186		11.22604		29.81424		17.21326		25.16079	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.



Figura 24: Tamaño de rizomas asociadas al número de tallos, entre el testigo y las plantas inoculadas con *Meloidogyne* spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo), evaluadas a los 140 ddi.

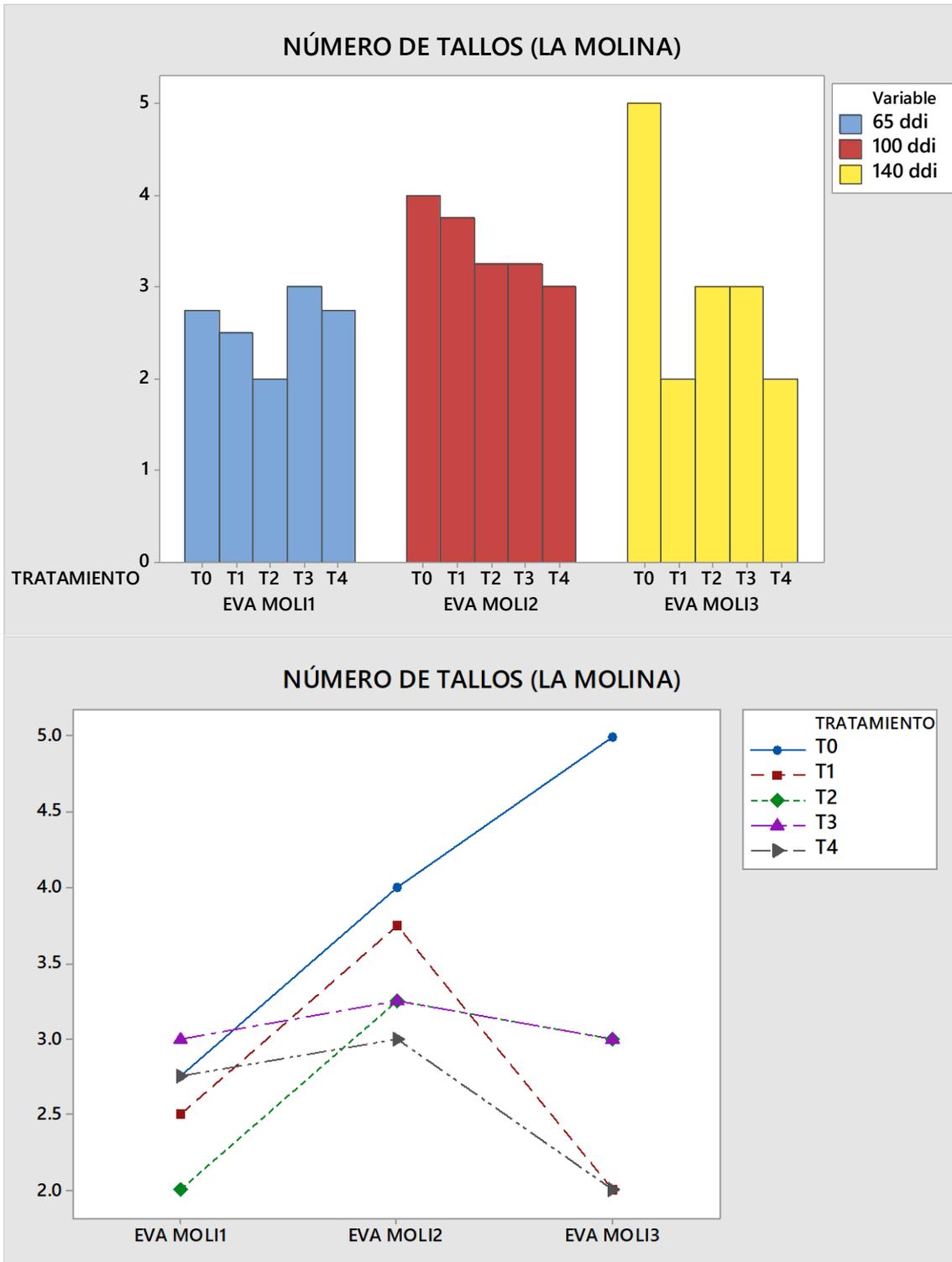


Figura 25: Número de tallos de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina

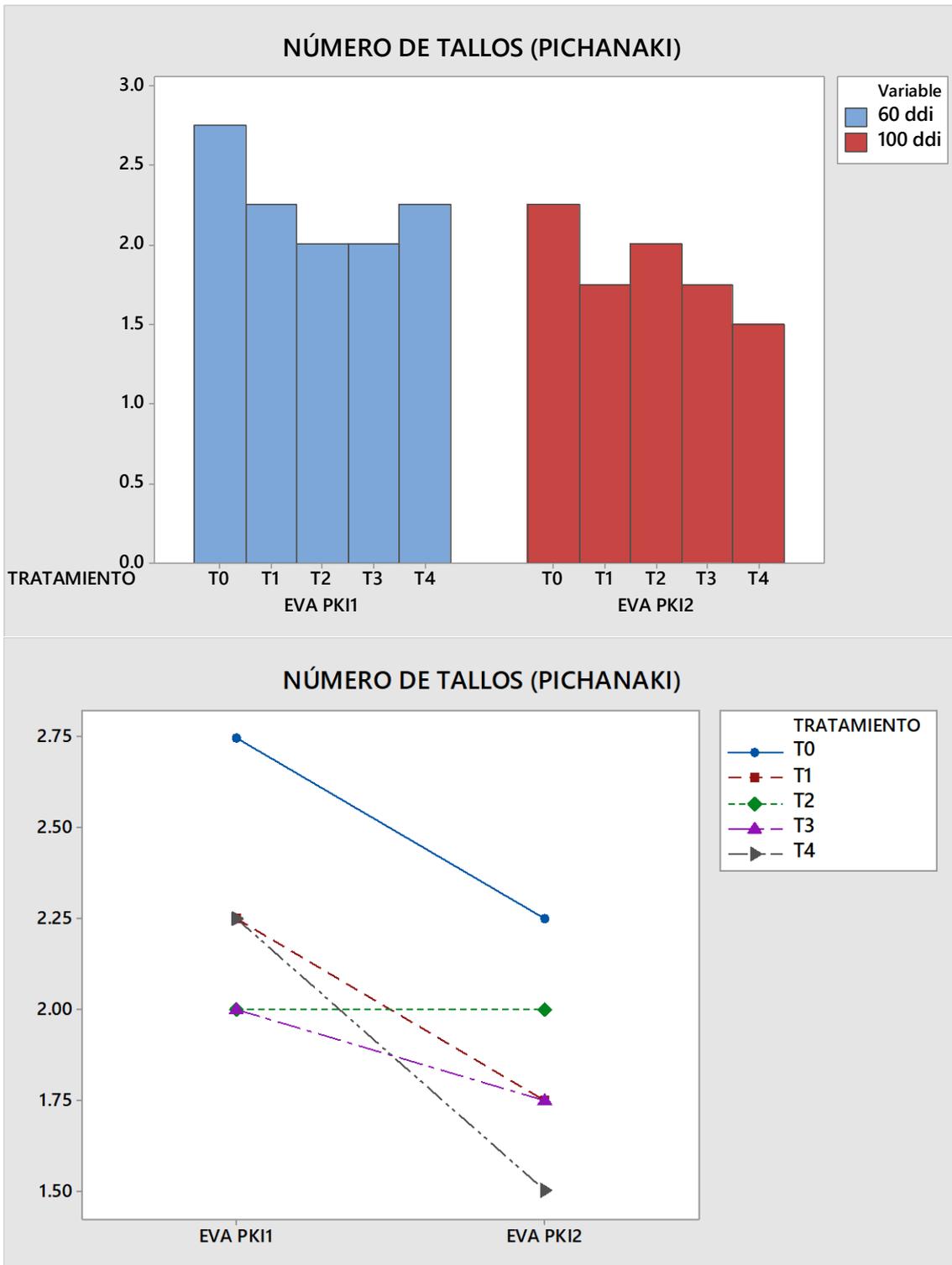


Figura 26: Número de tallos de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

4.3.2 Daño o grado de nodulación

- **Escala del Proyecto Internacional *Meloidogyne* (PIM)**

La escala de PIM asigna los valores de 0 a 5 según el número de nódulos en la raíz de la planta, siendo 0 una raíz sana sin nódulos y 5 raíz con más de 100 nódulos. En las evaluaciones para este parámetro, según el análisis de variancia (Anexo 12), las diferencias entre los tratamientos son altamente significativas, pero, el coeficiente de variabilidad es cero por ciento, a excepción de la primera evaluación de La Molina que presenta 8.9 por ciento, las diferencias altamente significativas se deben al tratamiento testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo), cabe indicar que, la comparación de medias para Tukey son similares para las diferentes cantidades poblacionales inoculadas, T1 (5 huevos/100cc de suelo), T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo). Todos presentaron nodulaciones en la raíz próximos o superiores a 100.

Además, debemos precisar que el coeficiente de variabilidad cero se debe a la uniformidad de los datos obtenidos en la evaluación, esto debido a que las raíces de las plantas inoculadas tuvieron más de 100 nódulos.

La escala del Proyecto Internacional de *Meloidogyne* (PIM), se basa en el número de nódulos que presenta la raíz afectada, sin embargo, se debe tener mucho cuidado en usar esta escala, puesto que, las raíces que presentan más de 100 nódulos son subestimadas en la evaluación.

De lo anterior podemos observar según los resultados en la Figura (27 y 28), y la Tabla (15), que la nodulación de las raíces son mayores a grado 5 según la escala PIM en casi todas las evaluaciones, solo en la primera evaluación de La Molina algunas unidades de muestra tienen una escala de 4, pero, en promedio por tratamiento están muy próximos al grado mayor (5). Además, es pertinente recalcar que, en las dos evaluaciones que se realizaron en Pichanaqui tienen resultados similares, teniendo como raíz con nodulación de grado menor a 5 para la escala PIM el T1 (5 huevos/100cc de suelo), los demás tratamientos que han sido inoculados con *Meloidogyne* spp tienen nodulaciones de grado 5 para la escala PIM.

Los resultados de las evaluaciones arrojan números similares para los tratamientos inoculados, sin embargo, el análisis de variancia muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Esto se debe a que se está considerando el tratamiento testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo) con cero poblaciones.

El objetivo principal de esta escala fue propuesto para ver la susceptibilidad del cultivo al nemátodo, siendo las raíces que presentan nodulación de grado 0 y 1 son altamente resistentes, raíces noduladas con grado 2 para PIM serían consideradas moderadamente resistentes, los que resultan con grado 3 y 4 son considerados plantas susceptibles y las que presenten nodulaciones de grado 5 son aquellas que están consideradas muy susceptibles al ataque de *Meloidogyne* spp. En este caso el jengibre con las que se han trabajado inoculando diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp resultaron ser muy susceptibles al nemátodo en todos los casos o para todos los tratamientos.

Tabla 15: Prueba de comparación de medias de Tukey: Nodulación de raíces de jengibre según la escala PIM, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA						PICHANAQUI			
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4	EVA 5	EVA 6	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4
T0	0.0	B	0.0	B	0.0	B	0.0	C	0.0	C
T1	4.5	A	5.0	A	5.0	A	4.0	B	4.0	B
T2	4.75	A	5.0	A	5.0	A	5.0	A	5.0	A
T3	5.0	A	5.0	A	5.0	A	5.0	A	5.0	A
T4	5.0	A	5.0	A	5.0	A	5.0	A	5.0	A
Pr>F	<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001	
Significancia	**		**		**		**		**	
C.V. %	8.871819		0		0		0		0	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

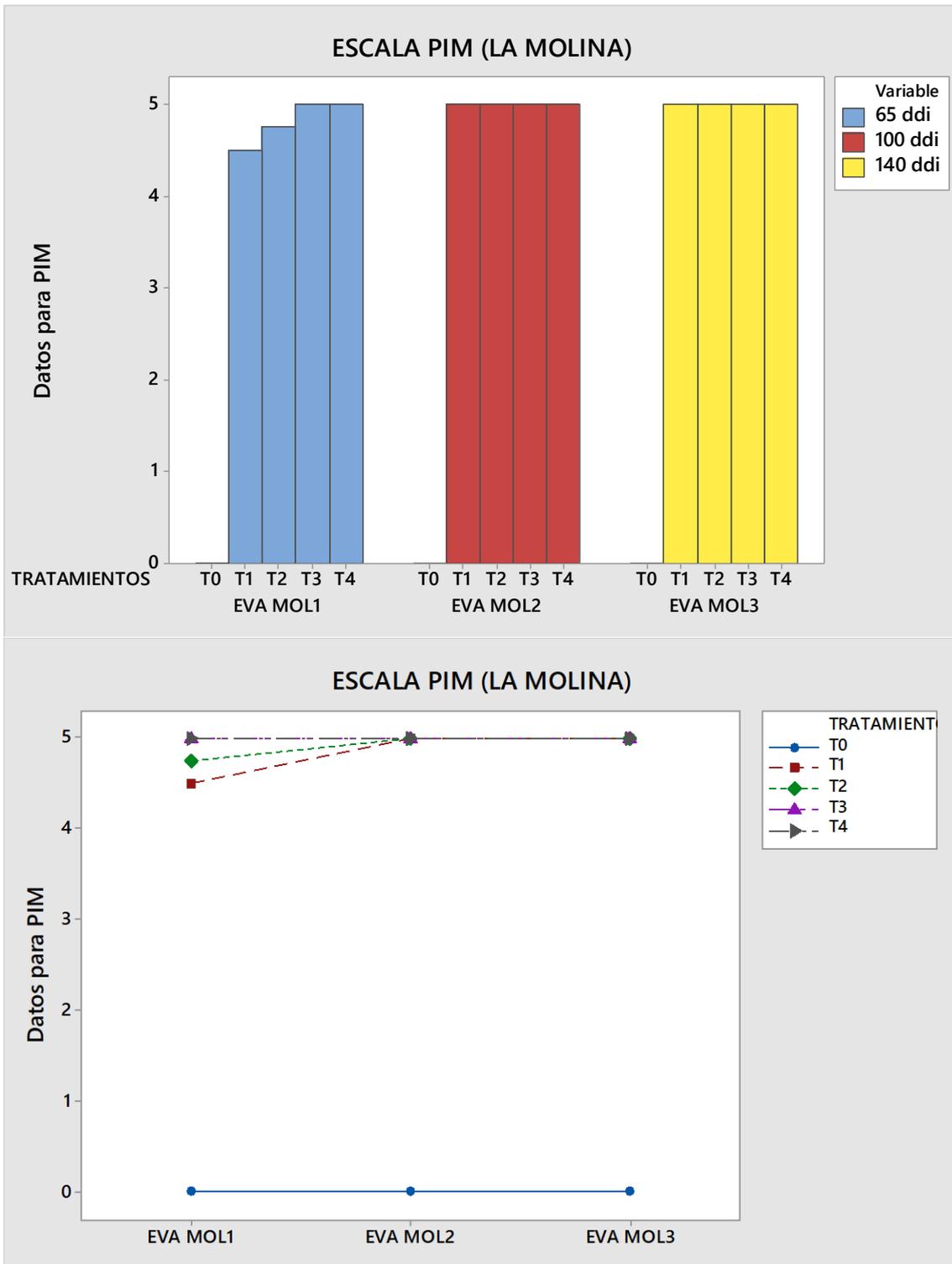


Figura 27: Nodulación PIM raíces de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

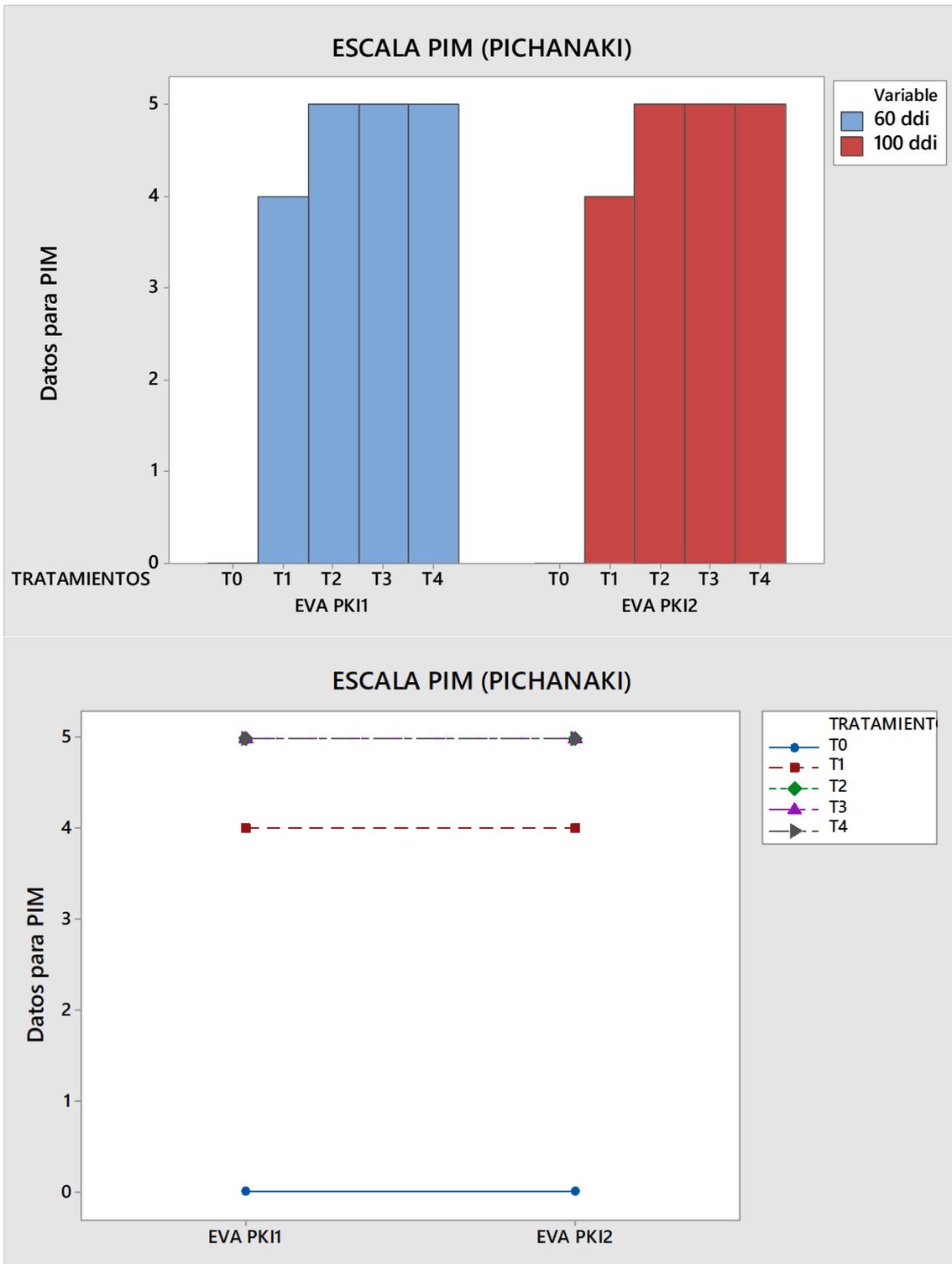


Figura 28: Nodulación PIM raíces de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

- **Escala Zeck**

Es una escala que tiene un rango más amplio en comparación a la escala del PIM, esta escala clasifica según la concentración de nódulos o daños de la raíz. El análisis de variancia para este parámetro se muestra en el Anexo (13), en lo cual podemos observar que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos y el testigo.

- Resultados para la escala Zeck de las plantas evaluadas en La Molina.

Para la primera evaluación de La Molina (Tabla 16), presenta un coeficiente de variabilidad de 10.3 por ciento y, la comparación de medias de Tukey muestra a T1 (5 huevos/100cc de suelo), como el tratamiento con menor nodulado entre los inoculadas con el grado de 3.0; el grado de nodulación para esta escala es directamente proporcional a las cantidades poblacionales inoculadas. T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con grados de 4.25, 5.25 y 6.25 respectivamente que, van de menor a mayor grado de raíz dañada por le nemátodo.

En la segunda evaluación de La Molina, la tendencia se mantiene (el grado de daño es directamente proporcional a la cantidad inoculada), con un coeficiente de variabilidad de 10.7 por ciento, en cuanto a la comparación de medias de Tukey (Tabla 16), el tratamiento T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), aparece con el mayor daño radicular 7.0, los tratamientos T3 (500 huevos/100cc de suelo), con 6.5, T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 6.25 y T1 (5 huevos/100cc de suelo), que representa 5.75 para la escala Zeck.

La comparación de medias de Tukey para la tercera evaluación de La Molina ratifica que los daños según la escala Zeck, son directamente proporcionales a la población inoculada. T0 (0 huevos/100cc de suelo), aparece como cero puesto que, se trata del testigo, las raíces con daños menores entre las diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp es T1 (5 huevos/100cc de suelo), con 3.5 para la escala Zeck, superiores a éste podemos encontrar al T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), representadas con 5.5, 6.0 y 7.75 respectivamente. El coeficiente de variabilidad para esta evaluación es 16.8 por ciento.

- Resultados para la escala Zeck de las plantas evaluadas en Pichanaqui.

La prueba de comparación de media de Tukey muestra para la primera evaluación de Pichanaqui (Tabla 16) que, T1 (5 huevos/100cc de suelo) y T2 (50 huevos/100cc de suelo), ambos con 3.0 son los tratamientos con menor daño radicular, le siguen T3 (500 huevos/100cc de suelo) con 4.25 y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), con un grado de 4.5 son los tratamientos que tiene mayor daño radicular.

Tenemos la comparación de medias de Tukey para la segunda evaluación de Pichanaqui con, T3 (500 huevos/100cc de suelo), de grado 5.0 el mayor daño ocasionado en las raíces del jengibre para esta evaluación. T2 (50 huevos/100cc de suelo), con 3.5 representa el menor daño entre los tratamientos, T1 (5 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), tienen 4.75 y 4.5 según la escala de Zeck.

El grado de las nodulaciones o la presencia de daños ocasionados por *Meloidogyne* spp, se han comportado de manera directa a la cantidad de población inoculada (Figuras 29, 30 y 31). El promedio más alto se obtiene con el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), muy cerca al grado 8 para la escala Zeck, cabe indicar que, con este tratamiento se han encontrado raíces de grado 10 en algunas repeticiones evaluadas sobre todo en la tercera evaluación realizada en La Molina. Ello se puede corroborar al evaluar el parámetro de cantidad o la población de huevos en la raíz, que arroja como cero para el tratamiento T4 y la evaluación mencionada.

La escala Zeck si bien es más amplio en comparación a la escala PIM, es también para tener en cuenta el cuidado y la experiencia al momento de clasificar en una determinada escala o grado, puesto que se hacen de manera visual. Además, debemos tener en cuenta que en este trabajo no se han alcanzado altos grados para la escala Zeck con algunos tratamientos, es porque se ha trabajado con sustrato esterilizado, lo cual quiere decir que no hubo otros patógenos que los nemátodos inoculados que pueden ocasionar daño a la planta, a las que normalmente están expuestos en un campo de producción. En muchas ocasiones, las infecciones producidas por los nemátodos preparan o predisponen a las plantas para la infección por hongos, bacterias y virus, puesto que, las heridas ocasionadas por los nemátodos son una vía de entrada o, son más débiles y mucho más susceptibles frente a estos patógenos. En muchos casos se produce una asociación entre nemátodo-hongo, nemátodo-bacteria, a lo que en algunas ocasiones lo llaman complejo patológico, Taylor y Sasser, (1983), Frápolli (2000), Myers et al (2017). Por lo tanto, en un campo de producción las

escalas o el grado de daño para Zeck hubieran sido mayores que las que muestran en este trabajo (Figuras 30 y 31).

Tabla 16: Prueba de comparación de medias de Tukey: Nodulación de raíces de jengibre según la escala Zeck, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	LA MOLINA						PICHANAQUI			
	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4	EVA 5	EVA 6	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4
T0	0.0	E	0.0	C	0.0	D	0.0	C	0.0	B
T1	3.0	D	5.75	B	3.5	C	3.0	B	4.75	A
T2	4.25	C	6.25	BA	5.5	B	3.0	B	3.5	A
T3	5.25	B	6.5	BA	6.0	B	4.25	A	5.0	A
T4	6.25	A	7.0	A	7.75	A	4.5	A	4.5	A
Pr>F	<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001	
Significancia	**		**		**		**		**	
C.V. %	10.32796		10.73966		16.78599		11.57848		21.51444	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.



Figura 29: Raíces de Jengibre noduladas y evaluadas con la escala de Zeck. Inoculadas con *Meloidogyne* spp (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo).

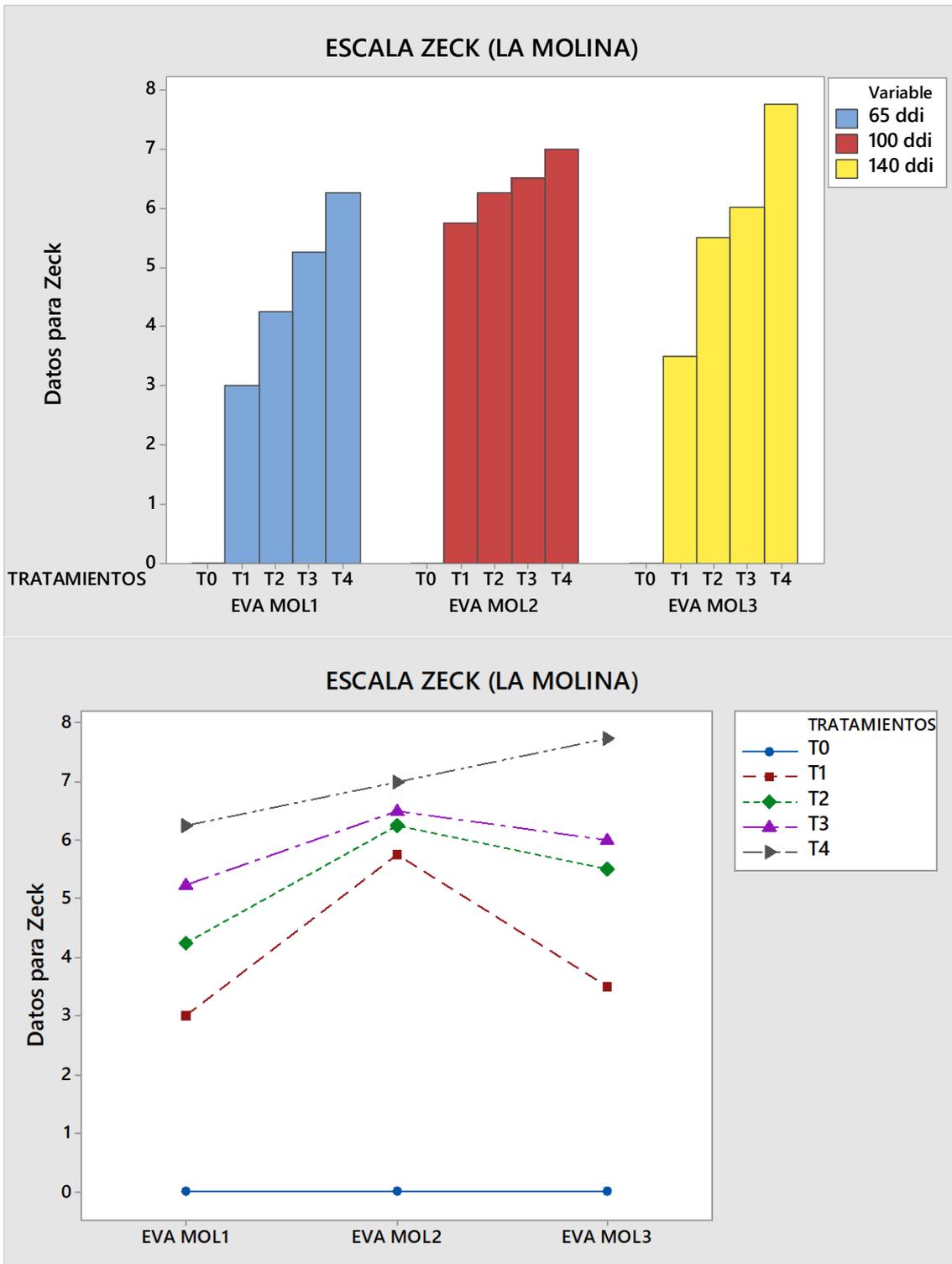


Figura 30: Nodulación ZECK raíces de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

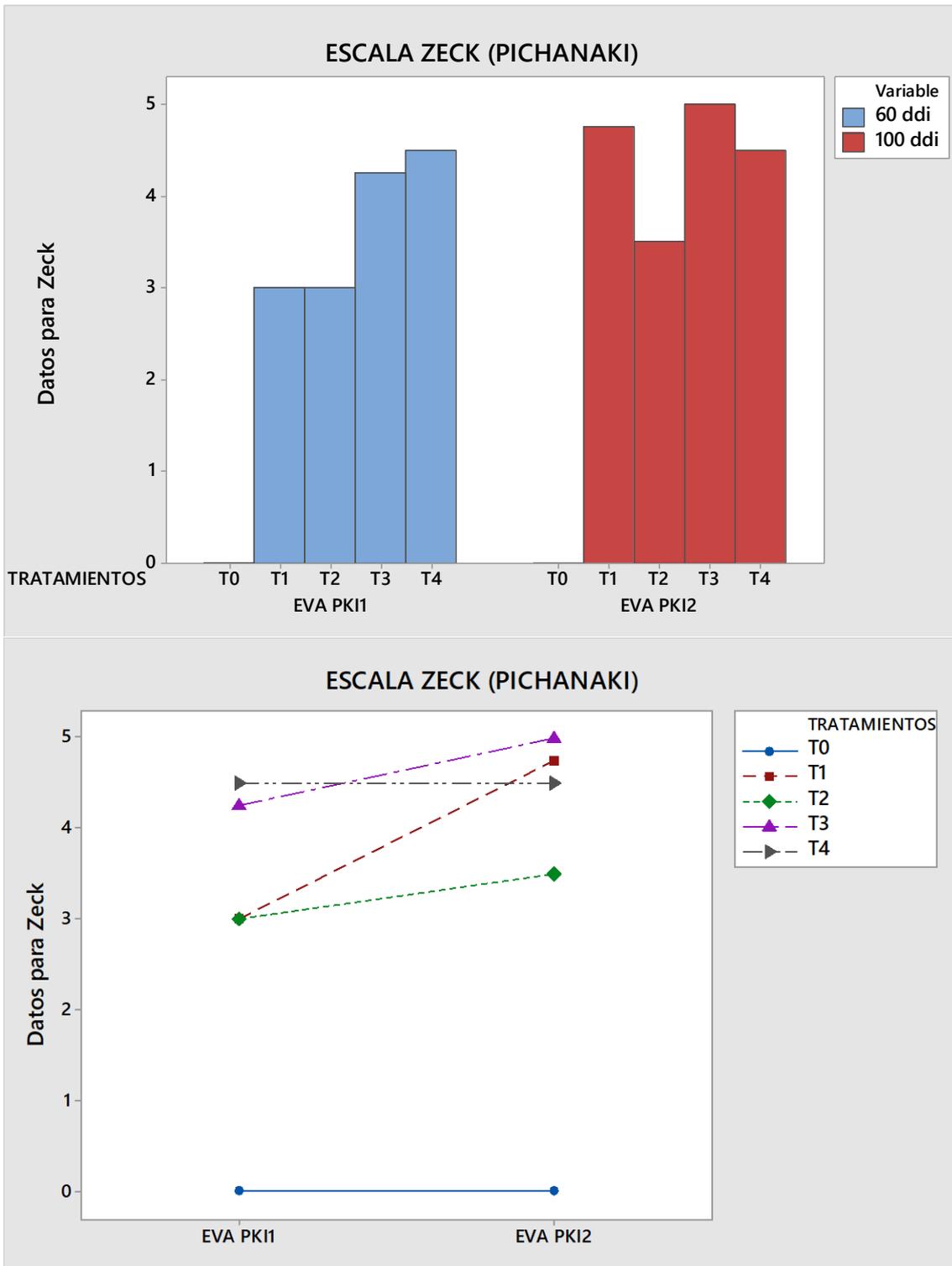


Figura 31: Nodulación ZECK raíces de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

4.3.3 Grado de daño en el rizoma (merma del producto comercial)

- **Peso rizoma y porcentaje daño rizoma**

Estos parámetros solo se hicieron en la tercera evaluación de La Molina. A lo cual el análisis de variancia (Anexo 14 y 15) y la comparación de medias para Tukey (Tabla 17), nos muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Según la comparación de medias de Tukey (Tabla 17) el T0 (0 huevos/100cc de suelo), con 59.8 g es el que tiene un mejor promedio en comparación de los demás tratamientos que han sido inoculadas con *Meloidogyne* spp, en segundo lugar, podemos encontrar T1 (5 huevos/100cc de suelo), que tiene como promedio 36.35 g, el peso del rizoma del jengibre disminuye según la cantidad de nemátodos inoculados. Tenemos a T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) con 20.8, 17.15 y 15.70 g respectivamente, debemos tener en cuenta que, el peso promedio de rizomas que se obtienen en el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) es casi la cuarta parte de del testigo (0 huevos/100cc de suelo). Con ello podríamos presumir que la disminución productiva del cultivo para este caso es en 75 por ciento.

Tabla 17: Prueba de comparación de medias de Tukey: Peso de rizoma y daño rizoma según los tratamientos inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (140 ddi) La Molina

TRATAMIENTO	PESO RIZOMA (g)		DAÑORIZOMA (% dañada)		DAÑORIZOMA (datos transformados)		GRADODAÑO (según escala)	
T0	59.8	A	0.0	C	0.0	C	0.0	C
T1	36.35	B	31.250	B	0.5867	B	2.7500	B
T2	20.875	BC	82.500	A	1.1426	A	5.0000	A
T3	17.15	C	92.500	A	1.3744	A	5.0000	A
T4	15.7	C	92.500	A	1.3295	A	5.0000	A
Pr>F	<.0001		<.0001		<.0001		<.0001	
Significancia	**		**		**		**	
C.V. %	24.95638		12.5523		16.26623		6.298783	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

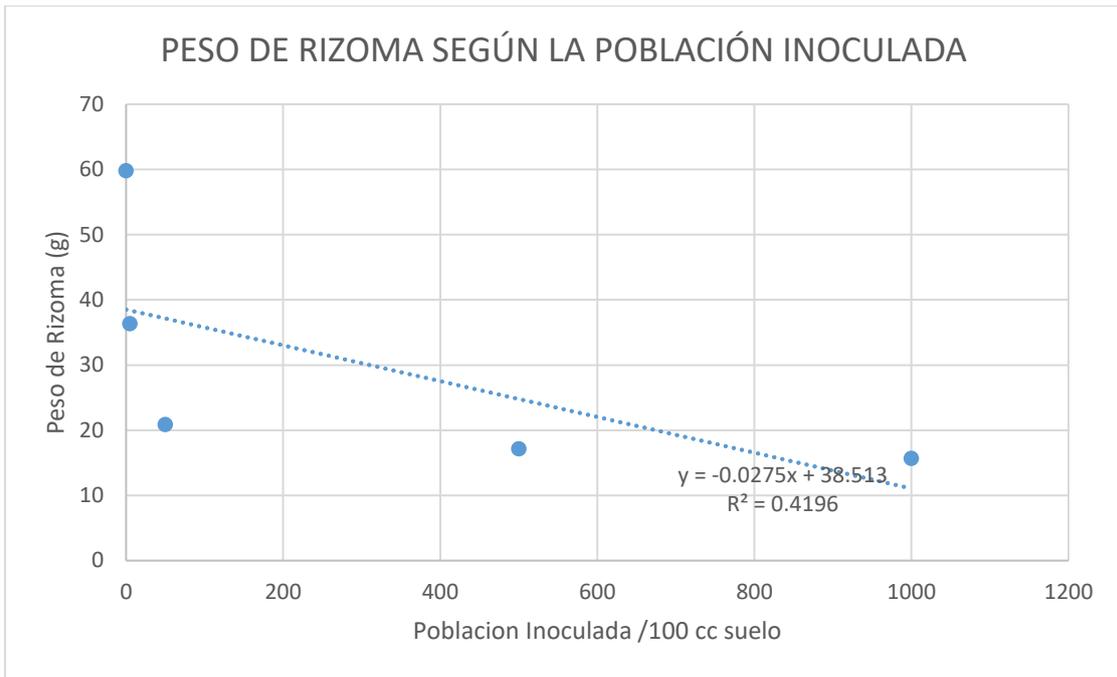


Figura 32: Relación entre la población inoculada de *Meloidogyne* spp. y peso de rizoma (g) de Jengibre (rendimiento).

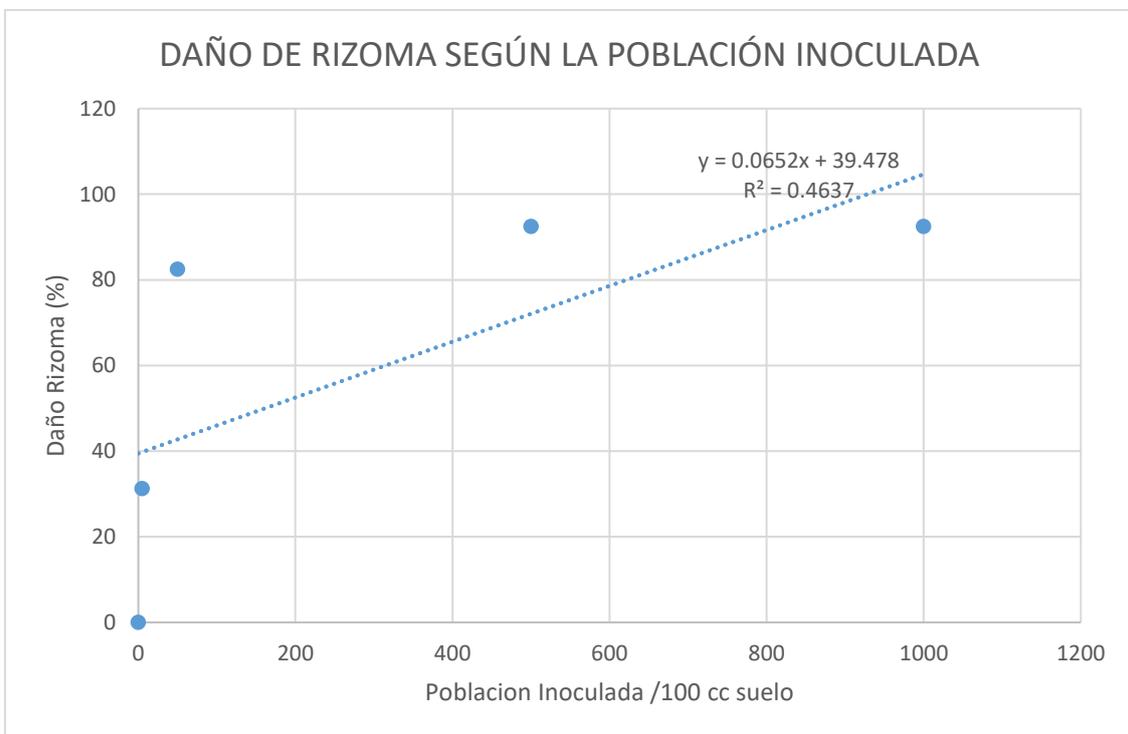


Figura 33: Relación entre la población inicial de *Meloidogyne* spp. y daño de rizoma de jengibre (merma). En porcentaje.

Cabe destacar que la disminución en peso de los rizomas se da con la menor cantidad de nemátodos inoculadas (5 huevos/100cc de suelo), en más de 40 por ciento para este trabajo, esto nos indica que el manejo de *Meloidogyne* spp en el cultivo de jengibre es trascendental.

12.5 por ciento es el coeficiente de variabilidad para el variable daño de rizoma. Además, en la comparación de medias para Tukey (Tabla 17), se observa que los daños son a más de 30 por ciento del rizoma con la menor inoculación, ello sube a medida que la cantidad de nemátodos inoculados aumenta. A partir del T3 (500 huevos/100cc de suelo) al parecer no hay variación en el grado de daño de rizoma, puesto que, con dicho tratamiento se tiene un rizoma con más de 90 por ciento de daño.

Para tener en cuenta el daño de agente causal (nemátodo) es necesario saber la cantidad de merma o la caída en cuanto a producción según el daño, para ello, se toma de referencia a las partes comerciales (rizomas), y son medidos por el peso y la calidad del producto. Se debe citar que, para casos prácticos de la evaluación del daño de rizoma, se elaboró una escala según el grado de daño (Tabla 7). En este trabajo según la escala elaborada se ha podido encontrar que a partir de T2 (50 huevos/100cc de suelo), los daños son de grado 5 (daños a más de 82 por ciento de la superficie del rizoma) expuestas en la Tabla (17). Puesto que, para los requerimientos y/o las exigencias del mercado de exportación, no habría ninguna oportunidad para los productos obtenidos con los tratamientos realizados a diferencia del tratamiento testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo). Los mercados de Norte América y Europa son muy exigentes, sin embargo, los mercados de Chile y Colombia son un tanto tolerantes de hasta 10 por ciento de los rizomas dañadas. Por consiguiente, es pertinente precisar que la escala elaborada para este trabajo nos sirve para decidir el destino comercial del producto, siendo un rizoma de la escala 0 (cero) pueda destinarse a los mercados más exigentes como son Estados Unidos y EU, los rizomas de la escala 1 (uno) se pueden destinar para los mercados latinoamericanos en una proporción mínima. Sin embargo, en el mercado local se comercializa hasta la escala 4 (cuatro). Además, debemos citar que hay un mercado de producto procesado (deshidratado), en lo cual se usa rizomas con daños de hasta el grado 3 (tres). Los rizomas de la escala 5 (cinco) son los que han sido dañados en más del 50 por ciento de la superficie y presentan pudriciones, estos generalmente son la merma de la producción en campo. Según Myers et al, (2017) las partes propensas para la infección de los rizomas serían las bases de las escamas que presenta los rizomas tiernos. Además, es conveniente citar que los daños (agallas, heridas empinadas, verrugas, etc.) son ocasionados

por los nemátodos hembra, que ha sido corroborado en este trabajo en la parte de colección de muestras (Figura 36).

El rendimiento del cultivo depende del manejo que se le da y las condiciones ambientales en las que se encuentra, si estas son favorables la planta podrá alcanzar una adecuada producción sujeta a su potencial genético. 25 a 30 toneladas por hectárea son los rendimientos obtenidos para condiciones de nuestro país, pero, en muchos casos el agricultor cosecha cantidades mucho menores a lo mencionado debido a las condiciones no favorables y la falta de experiencia en el manejo de plagas y enfermedades (Myers *et al* 2017 y Shah & Chacko 1977). En este trabajo se hizo una regresión lineal con los datos obtenidos para ver, cuanto afecta la población de nemátodos inoculadas en el peso final del rizoma y el daño de rizoma, teniendo como resultado para el peso de rizoma la ecuación $Y = -0.0275X + 38.513$ (Figura 32) lo cual nos indica que, por cada nemátodo inoculado, el peso del rizoma ha tenido una reducción en 0.0257 gramos. Por otro lado, la evaluación de daño de rizoma es $Y = 0.0652X + 39.478$ (Figura 33), de la misma forma nos indica que cada nemátodo inoculado ocasiona un daño de 0.0652 por ciento de la superficie del rizoma.

Es pertinente mencionar que, en cuanto al daño de los rizomas por las poblaciones inoculadas se tiene daños con grado 5 (cinco) a partir del tratamiento T2 (50 huevos/100cc de suelo). Puesto que, los rizomas con grado 5 pierden por completo la calidad comercial (merma), por lo que, se podría presumir que a partir de concentraciones similares del *Meloidogyne* spp en campo de producción de jengibre, es probable tener la mayor parte de la producción como merma (Figuras 35 y 36).

Lo anterior refuerza a lo citado por Myers *et al* (2017). Quienes han encontrado reducciones de hasta en un 80 por ciento con poblaciones similares a lo inoculado en este trabajo. Además, ellos citan a Sudha y Sundararaju, (1986). Quienes reportaron pérdidas en rendimiento en un 74 por ciento en un trabajo que realizaron en macetas. Myers *et al* (2017), entienden que, en las plantas severamente infectadas el sistema de brotes colapsa, lo cual reduce el desarrollo de las ramificaciones de los rizomas. Además, los rizomas infectados muestran un crecimiento débil (Figura 36 y 37) y es esponjoso que, al ser inmerso en agua por un periodo de dos a nueve horas retienen mayor cantidad de agua a comparación de los rizomas sanos.

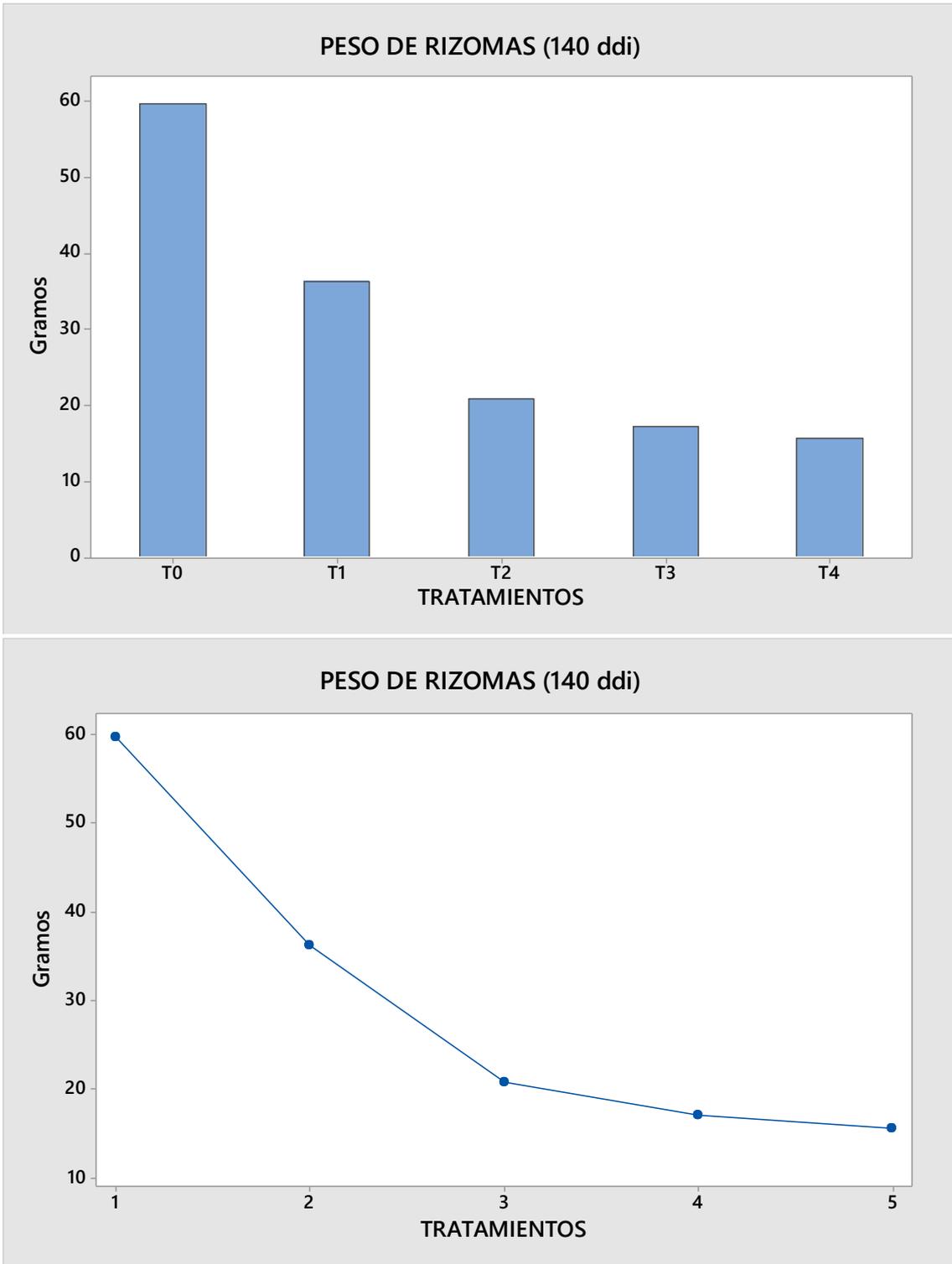


Figura 34: Peso de rizomas de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (140 ddi) La Molina.

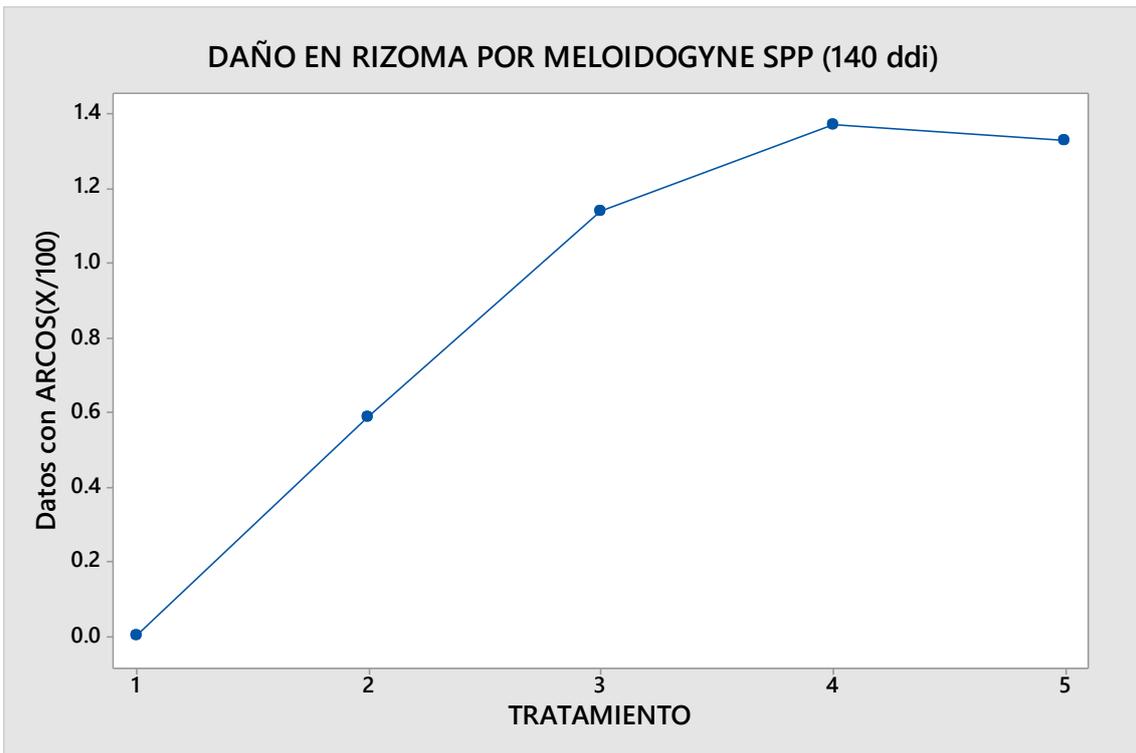
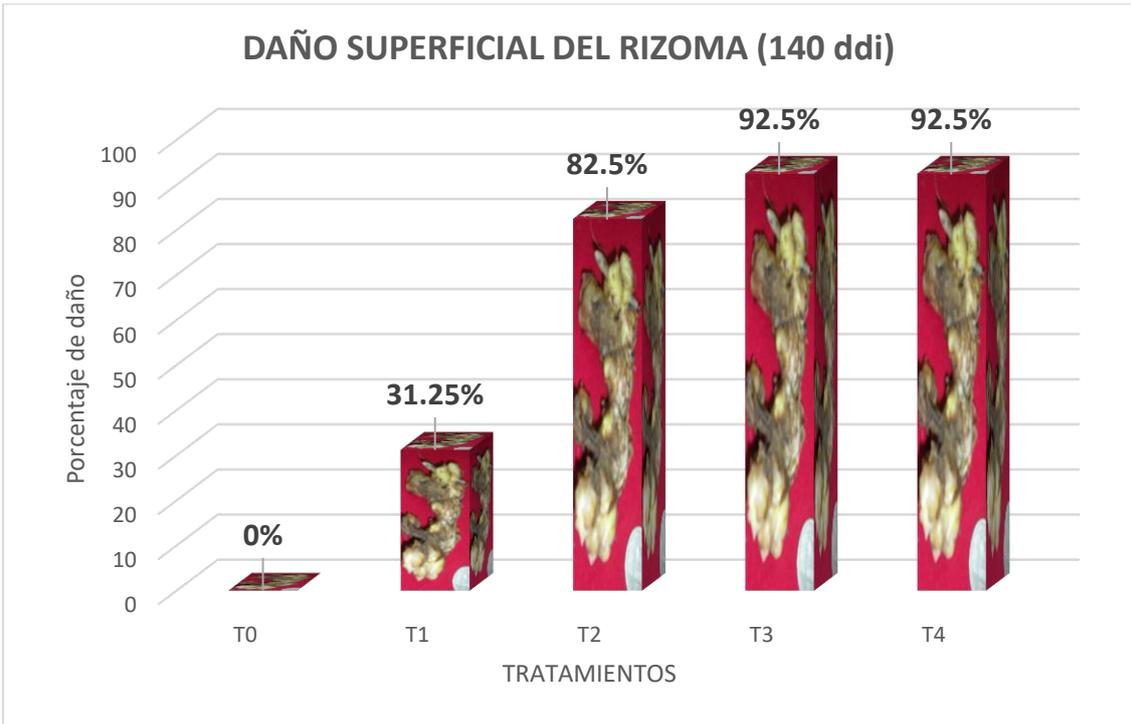


Figura 35: Daño de rizomas de Jengibre, inoculadas con *Meloidogyne* spp. en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (140 ddi) La Molina.



Figura 36: Rizomas de Jengibre con daños severos por *Meloidogyne* spp.



Figura 37: Diferencia de tamaño de rizomas, entre el testigo y los tratamientos inoculadas.

PARÁMETRO DE REPRODUCCIÓN DEL NEMÁTODO

4.4.1 Número de huevos por gramo de raíz (N° huevos/g. Raíz)

En concerniente al parámetro de número de huevos por gramo de raíz, tenemos según el análisis de variancia (Anexo 17) y la comparación de medias de Tukey (Tabla 18A), diferencias altamente significativas entre los tratamientos para todas las evaluaciones.

- Resultados de número de huevos por gramo de raíz de las plantas evaluadas en La Molina.

Para la primera evaluación de La Molina, el análisis de variancia nos muestra que hay una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, además, el coeficiente de variabilidad es 16.1 por ciento. En la comparación de medias de Tukey (Tabla 18A), T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), es el tratamiento que tiene mayor número de huevos por gramo de raíz, más abajo se encuentra el T3 (500 huevos/100cc de suelo), para esta evaluación la población o la concentración de huevos por gramo de raíz es directamente proporcional a las cantidades poblacionales inoculadas.

En la segunda evaluación para La Molina, podemos observar que el coeficiente de variabilidad es 9.2 por ciento y, el análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Tabla 18A), siendo el T3 (500 huevos/100cc de suelo), el tratamiento con mayor presencia de huevos por gramo de raíz, T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se encuentra en el segundo lugar seguido de muy cerca por el T2 (50 huevos/100cc de suelo). En este caso la presencia de huevos por gramo de raíz ya no es directamente proporcional a las cantidades inoculadas como en la primera evaluación.

Tenemos un coeficiente de variabilidad de 17.0 por ciento para la tercera evaluación de La Molina, cabe precisar que, el análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey (Tabla 18A) muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. T2 (50 huevos/100cc de suelo) es el tratamiento con mayor número de huevos por gramo de raíz, T3 (500 huevos/100cc de suelo), es el segundo seguido de muy cerca el T1 (50 huevos/100cc de suelo), sin embargo, debemos destacar que el tratamiento con mayores poblaciones inoculadas (1,000 huevos/100cc de suelo), presenta cero huevos por gramo de raíz al igual que el T0 (0 huevos/100cc de suelo), testigo.

- Resultados de número de huevos por gramo de raíz de las plantas evaluadas en Pichanaqui.

Para la primera evaluación de Pichanaqui tenemos un coeficiente de variabilidad de 7.2 por ciento, la comparación de medias de Tukey y el análisis de variancia nos dice que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Tabla 18A). El T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), es el que tiene la mayor concentración de huevos por gramo de raíz, debemos destacar que, la cantidad de huevos varía directamente proporcional a la población inoculada como se dio en la primera evaluación de La Molina.

En la segunda evaluación de Pichanaqui, se observa que según el análisis de variancia y la comparación de medias para Tukey, hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos, tenemos a T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), como el tratamiento con el mejor promedio o la mayor concentración de huevos por gramo de raíz, sin embargo, en comparación de la evaluación anterior la cantidad de huevos por gramo de raíz disminuye.

La población de huevos en la raíz muestra en el tiempo (Figura 38), un comportamiento relacionado a la cantidad inoculada sobre todo en las primeras evaluaciones, sin embargo, se observa que dicha relación directa se pierde a partir de la segunda evaluación llegando incluso a tener cero individuos en la tercera evaluación de La Molina para el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo). Esto se debe a la mortandad de las hembras de *Meloidogyne* spp por falta de alimento, puesto que, a una cierta cantidad poblacional de nemátodos ya no queda raíces a ser infectadas por los J2. Además, los daños a nivel de las raíces son severos que no permiten el paso de agua ni nutrientes, casi todo el sistema radicular está taponada por las células gigantes de donde se alimenta los nemátodos, las mismas que ocasionan el colapso y la muerte de la planta, esto se puede observar en los resultados de la escala de Zeck.

Para este trabajo se puede observar que, la multiplicación de *Meloidogyne* spp se ha desarrollado de manera normal hasta alcanzar un promedio de 1000 individuos por gramo de raíz (Figuras 38 y 39). Una vez alcanzado el pico de la infestación, comienza a disminuir la oviposición de las hembras, esto seguramente se debe a la falta de alimentos para la población, puesto que, hay alta competencia intraespecífica como también la muerte regresiva de la planta dañada que deja de sintetizar los carbohidratos. Lo anteriormente

citado se cumple para las condiciones de invernadero (La Molina) como para ambiente abierto (Pichanaqui), aunque de manera marcada en las condiciones de invernadero.

Cabe destacar que el pico máximo de la cantidad de huevos de *Meloidogyne* por gramo de raíz; en condiciones de Pichanaqui se da a los 60 días después del inoculado (ddi), sin embargo, en las condiciones del invernadero esto ocurre a los 100 días después de la inoculación (ddi). Esto se debe a la diferencia de temperaturas, la temperatura promedio de Pichanaqui en los meses de marzo a junio oscilan entre 25° C y 30° C, mientras en las condiciones de La Molina, en los meses de octubre a marzo (meses en las que se hizo el trabajo), la temperatura promedio es de 18° C y 25° C. Los días fríos son desfavorables para el desarrollo de los nemátodos, puesto que, los meses de octubre a diciembre en La Molina, tienen temperaturas moderadas a comparación de los meses de enero a marzo que son más cálidos por el verano (anexo; 28).

Cabe precisar que el contenido de la Tabla (18), muestra comparaciones de medias para Tukey, para la cantidad de huevos por gramo de raíz, que son las que se trabaja para los reportes de laboratorio (A). Sin embargo, también se elaboró la parte (B), que muestra la comparación de medias para Tukey del total de huevos por planta evaluada, ello como una alternativa de comparar los coeficientes de variabilidad (que el total de huevos/planta evaluada, tiene menor C.V. que huevos/gramo de raíz), como también en caso se requiera en trabajos futuros.

Tabla 18: Prueba de comparación de medias de Tukey: Número de huevos por gramo de raíz (A), Número de huevos por Planta (B), inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

A															
Tt _o	EVA 1 LA MOLINA			EVA 2 LA MOLINA			EVA 3 LA MOLINA			EVA 1 PICHANAQUI			EVA 2 PICHANAQUI		
	\bar{X} : Huevos/g raíz	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/g raíz	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/g raíz	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/g raíz	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/g raíz	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)	
T0	0	0.0	D	0	0.0	C	0	0.0	C	0	0.0	C	0	0.0	B
T1	9.5	0.9753	C	174.2	2.1758	B	106.5	2.0270	B	146.8	2.1260	B	43.4	1.6253	A
T2	36.3	1.4278	C	515.5	2.6933	A	1039	2.8628	A	1081	2.9843	A	137.9	2.0978	A
T3	180.9	2.2495	B	1213	3.0678	A	168.2	2.2045	B	1385	3.1260	A	162.4	2.1048	A
T4	813.5	2.8770	A	946.4	2.9230	A	0	0.0	C	1465	3.1573	A	367.3	2.2878	A
Pr>F		<.0001			<.0001			<.0001			<.0001			<.0001	
Significancia		**			**			**			**			**	
C.V. %		16.10018			9.213534			17.00319			7.254421			21.1009	
B															
Tto.	EVA 1 LA MOLINA			EVA 2 LA MOLINA			EVA 3 LA MOLINA			EVA 1 PICHANAQUI			EVA 2 PICHANAQUI		
	\bar{X} : Huevos/planta	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/planta	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/planta	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/planta	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)		\bar{X} : Huevos/planta	\bar{X} : con Log ₁₀ (N+1)	
T0	0	0.0	D	0	0.0	C	0	0.0	C	0	0.0	C	0	0.0	B
T1	250	2.3603	C	6600	3.7723	B	2500	3.3890	B	2450	3.3478	B	625	2.7778	A
T2	600	2.6770	C	27400	4.3965	A	15500	4.0863	A	20725	4.2535	A	1175	3.0523	A
T3	3725	3.5580	B	26150	4.3938	A	5500	3.7028	AB	25800	4.3970	A	1875	3.1948	A
T4	14825	4.1573	A	24200	4.3738	A	0	0.0	C	19325	4.2750	A	2450	3.1035	A
Pr>F		<.0001			<.0001			<.0001			<.0001			<.0001	
Significancia		**			**			**			**			**	
C.V. %		8.038443			5.330439			9.431824			5.254145			13.62408	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

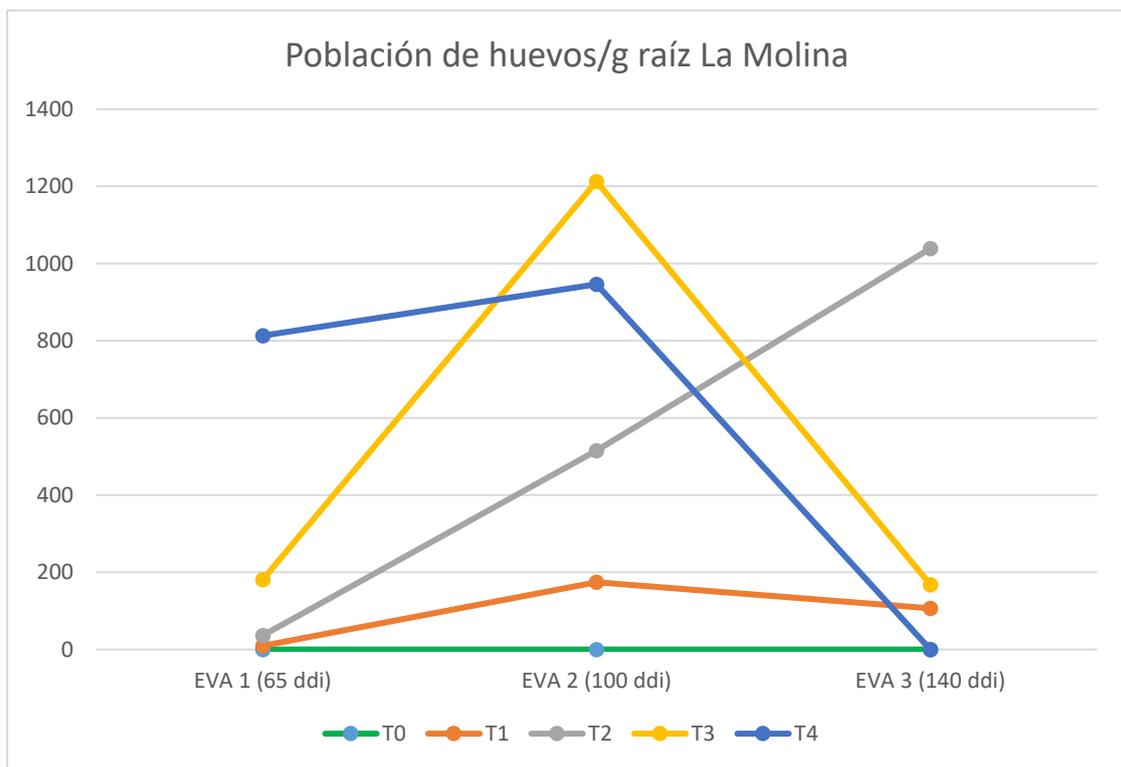
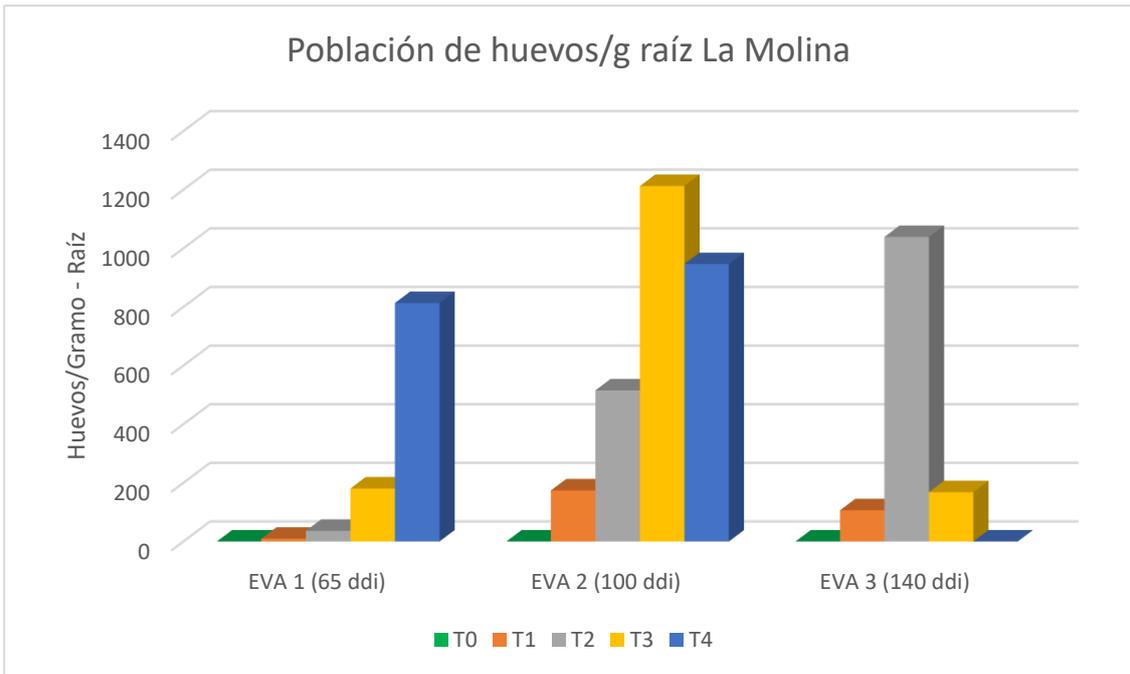


Figura 38: Número de huevos de *Meloidogyne* spp en un gramo de raíz de Jengibre, inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

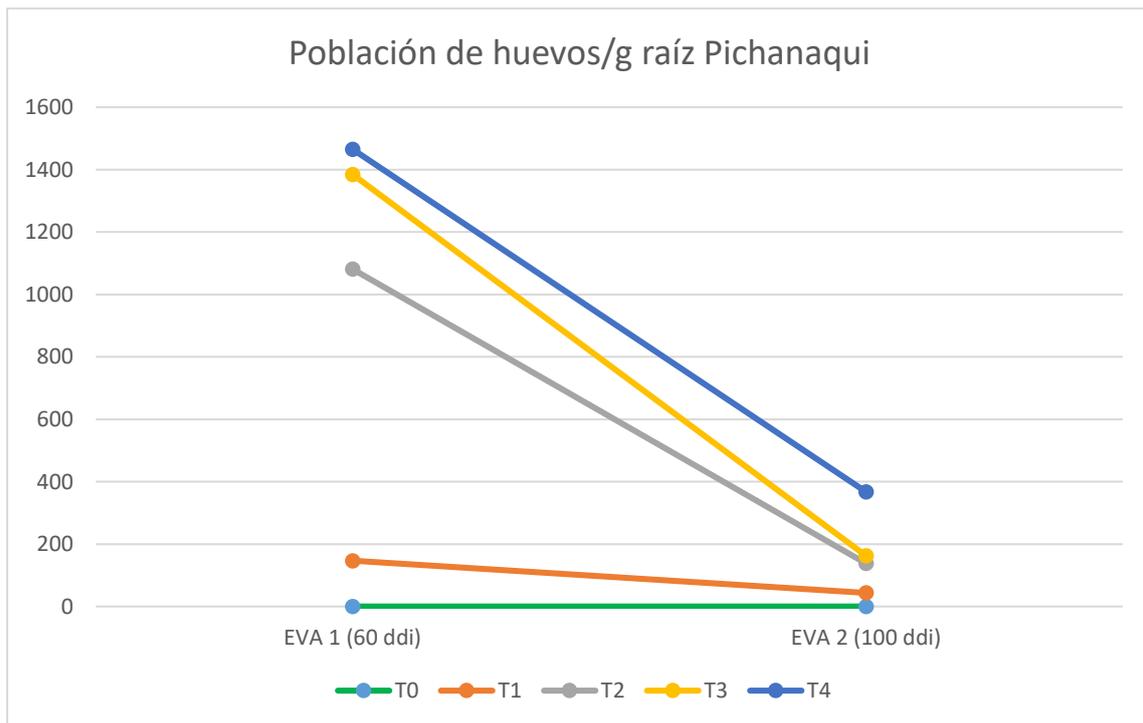
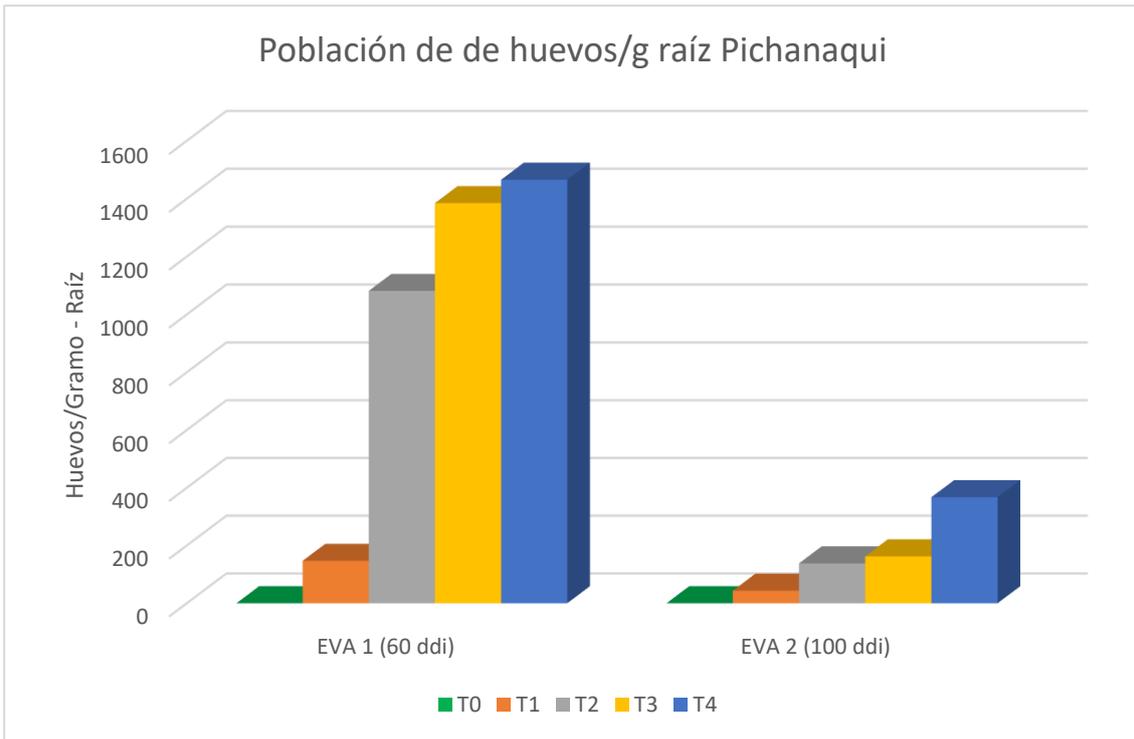


Figura 39: Número de huevos de *Meloidogyne* spp en un gramo de raíz de Jengibre, inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

4.4.2 Número de juveniles 2 (J2) en 100 cc de suelo

El análisis de variancia (Anexo 19) y la comparación de medias por Tukey (Tabla 19A) muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos inoculados y el tratamiento testigo.

- Resultados de número de juveniles del segundo estadio (J2) en 100 cc de suelo, evaluadas en La Molina.

La comparación de medias para Tukey (Tabla 19A), en la primera evaluación de La Molina, muestra que el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), es el que tiene mayor número de J2 en 100 cc de suelo, cabe destacar que también para este parámetro la cantidad de individuos J2 aumenta no directamente proporcional a la cantidad inoculada, debido a que podemos observar semejanzas entre los tratamientos T1 y T2, el coeficiente de variabilidad es de 17.4 por ciento.

En la segunda evaluación de La Molina tenemos que, para la comparación de medias de Tukey (Tabla 19), el T3 (500 huevos/100cc de suelo), es el tratamiento con mayor concentración de nemátodos en 100 cc de suelo en comparación de los demás tratamientos, el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), se encuentra en el segundo lugar en cuanto a número de J2 en 100cc de suelo. El análisis de variancia para esta evaluación muestra que hay diferencias altamente significativas entre el testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo) y los tratamientos que han sido inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Debemos precisar que, para esta evaluación los datos entre las poblaciones inoculadas son más semejantes que los datos obtenidos en la primera evaluación (Figura 40).

El análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey (Tabla 19A), para la tercera evaluación de La Molina, muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 16.9 por ciento, el T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), es el tratamiento con mayor población de J2 en 100 cc de suelo. Sin embargo, debemos citar que la cantidad de juveniles 2 (J2), en 100 cc de suelo, es mucho menor que en las evaluaciones anteriores.

- Resultados de número de juveniles 2 (J2) en 100 cc de suelo, evaluadas en Pichanaqui.

Para la primera evaluación de Pichanaqui, el análisis de variancia muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Se debe tener en cuenta que, la concentración de J2 no es directamente proporcional para esta evaluación (Figura 41), puesto que, el T3 (500 huevos/100cc de suelo), es el que tiene mayor cantidad poblacional de J2 en 100 cc de suelo según las comparaciones de medias de Tukey (Tabla 19A).

En la segunda evaluación de Pichanaqui, los resultados son similares a la primera, incluso la cantidad de J2 en 100 cc de suelo, entre los tratamientos T1 (5 huevos/100cc de suelo), T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) no muestra diferencias significativas más que con el T0 (0 huevos/100cc de suelo). Para esta evaluación tenemos un coeficiente de variabilidad de 17.5 por ciento.

El número de nemátodos (población de juveniles 2 o J2), en 100 cc de suelo presenta un comportamiento no relacionado con respecto a la cantidad inoculada, puesto que, no guarda relación directa la cantidad de nemátodos encontrados en las evaluaciones, con respecto a las cantidades inoculadas, sin embargo, podemos observar que la multiplicación depende de un patrón, este patrón parece estar ligado a la población máxima alcanzada en el tiempo por los nemátodos o, la tolerancia de la planta para las condiciones de este trabajo, el pico de la multiplicación de los nemátodos parece estar en promedio de 250 a 300 individuos (Figuras 40 y 41), para 100 cc de suelo, a partir de ello comienza a disminuir la presencia de los J2 en el suelo; esto se debe a la falta de alimento por la sobrepoblación (competencia intraespecífica) que ocasiona la inanición o la muerte de los individuos.

Taylor y Sasser, (1983). El tiempo de vida de las larvas emergidas varía entre pocos días y pocos meses, muchas larvas que emergen en condiciones adversas (falta de alimentos, temperatura, humedad del suelo, etc.), sobreviven hasta la siguiente campaña. Lo anterior se puede demostrar con los datos obtenidos en este trabajo, para la escala Zeck, muestra que los tratamientos inoculados con altas poblaciones no presentan raíces jóvenes donde puedan penetrar para alimentarse. Además, en el parámetro de huevos por gramo de raíz (Figura 38), se obtuvo cero huevos con el tratamiento mayor en la tercera evaluación, puesto que, la raíz estuvo seriamente dañado; sin embargo, en el suelo encontramos poblaciones de *Meloidogyne* sp J2 (Figura 40), de ello podemos presumir que son las larvas sobrevivientes

que, en campo infectarían a las plantas de la siguiente campaña y reproducirse en alguna planta hospedante.

Es pertinente mencionar que, igual que en el parámetro anterior se hizo tablas (A y B), detalladas en la Tabla (19), muestra comparaciones de medias para Tukey, para la cantidad de juveniles del segundo estadio (J2), en 100 cc de suelo, que son las que se trabaja para los reportes de laboratorio (A). Sin embargo, también se elaboró la parte (B), que muestra la comparación de medias para Tukey del total de juveniles del segundo estadio (J2), por los 2000 cc de suelo (capacidad de los maceteros y bolsas trabajadas), ello como una alternativa de comparar los coeficientes de variabilidad (J2/2000 cc de suelo arrojaron menor C.V. que en J2/100 cc de suelo), y en caso se requiera en trabajos futuros.

Tabla 19: Prueba de comparación de medias de Tukey: Población de juveniles 2 (J2) en 100 cc de suelo (A), J2 en 2000 cc suelo (B) inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

A															
Tto.	EVA 1 LA MOLINA			EVA 2 LA MOLINA			EVA 3 LA MOLINA			EVA 1 PICHANAQUI			EVA 2 PICHANAQUI		
	\bar{X} : J2/100 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/100 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/100 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/100 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/100 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$	
T0	0	0.0	C	0	0.0	B	0	0.0	C	0	0.0	C	0	0.0	B
T1	25	1.3203	B	127.5	1.7650	A	12.5	1.1113	B	12.5	0.9213	B	100	1.9418	A
T2	27.5	1.3395	B	152.5	2.1495	A	15	1.1815	B	70	1.8400	A	105	1.9570	A
T3	85	1.9178	A	195	2.2830	A	20	1.2940	AB	227.5	2.3413	A	137.5	2.0670	A
T4	130	2.1123	A	155	2.1630	A	45	1.5963	A	85	1.813	A	87.5	1.8518	A
Pr>F	<.0001			<.0001			<.0001			<.0001			<.0001		
Significancia	**			**			**			**			**		
C.V. %	17.43497			18.94047			16.90693			23.60065			17.53793		
B															
Tto.	EVA 1 LA MOLINA			EVA 2 LA MOLINA			EVA 3 LA MOLINA			EVA 1 PICHANAQUI			EVA 2 PICHANAQUI		
	\bar{X} : J2/2000 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/2000 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/2000 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/2000 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$		\bar{X} : J2/2000 cc suelo	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(\text{N}+1)$	
T0	0	0.0	C	0	0.0	B	0	0.0	C	0	0.0	C	0	0.0	B
T1	500	2.5963	B	2550	3.0515	A	250	2.3780	B	250	1.8773	B	2000	3.2373	A
T2	550	2.6163	B	3050	3.4475	A	300	2.4530	B	1400	3.1350	AB	2100	3.2523	A
T3	1700	3.2138	A	3900	3.5818	A	400	2.5720	BC	4550	3.6400	A	2750	3.3643	A
T4	2600	3.4100	A	3100	3.4613	A	900	2.8855	A	1700	3.1348	AB	1750	3.1448	A
Pr>F	<.0001			<.0001			<.0001			<.0001			<.0001		
Significancia	**			**			**			**			**		
C.V. %	10.28351			11.92662			8.902785			24.96667			10.70308		

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey

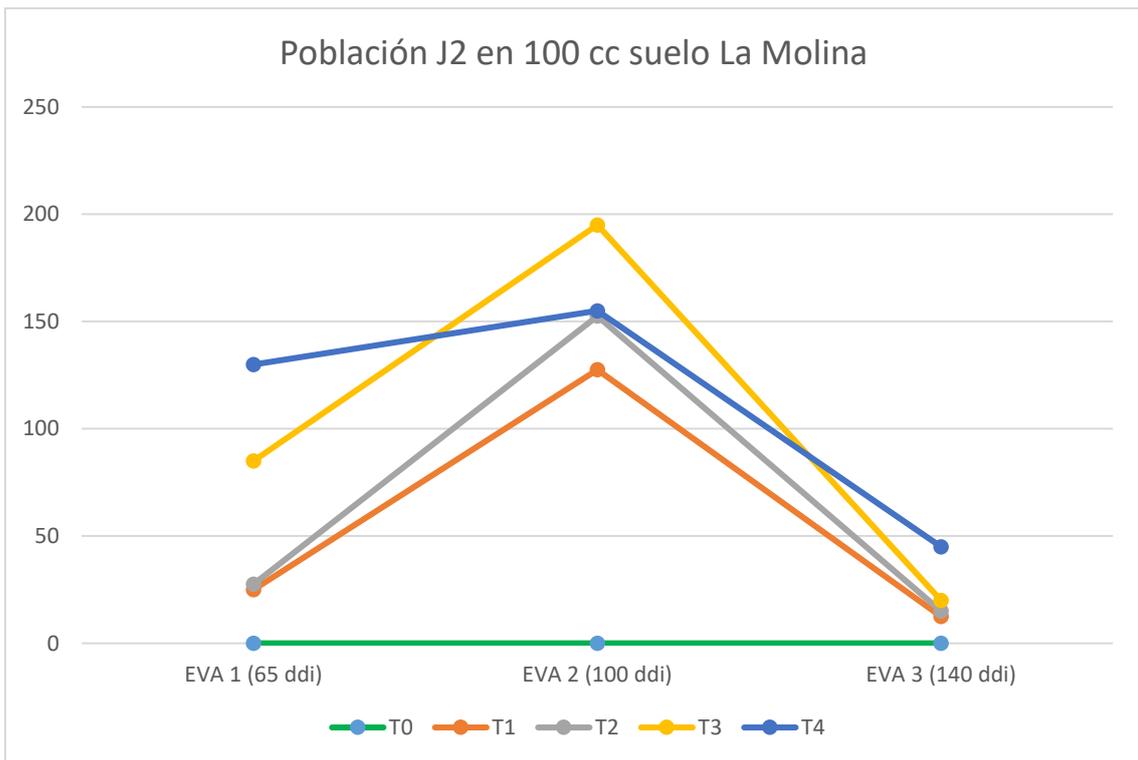
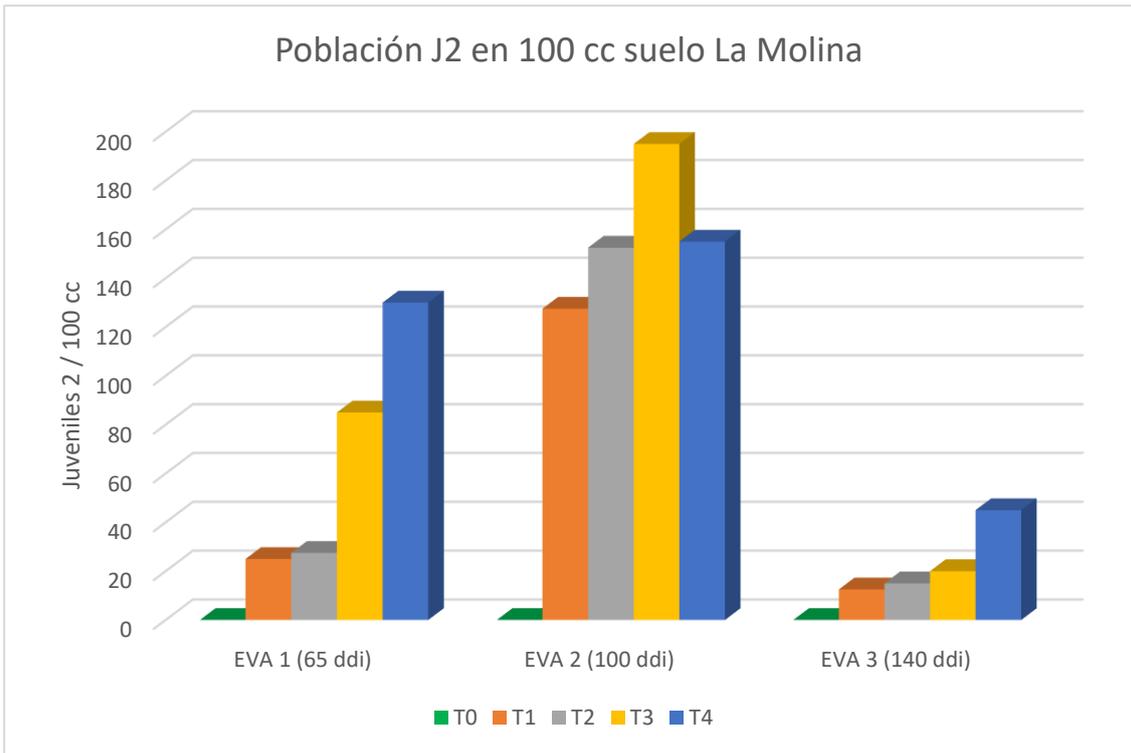


Figura 40: Población de juveniles 2 (J2) de *Meloidogyne* spp en 100 cc de suelo, inoculadas en Jengibre en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

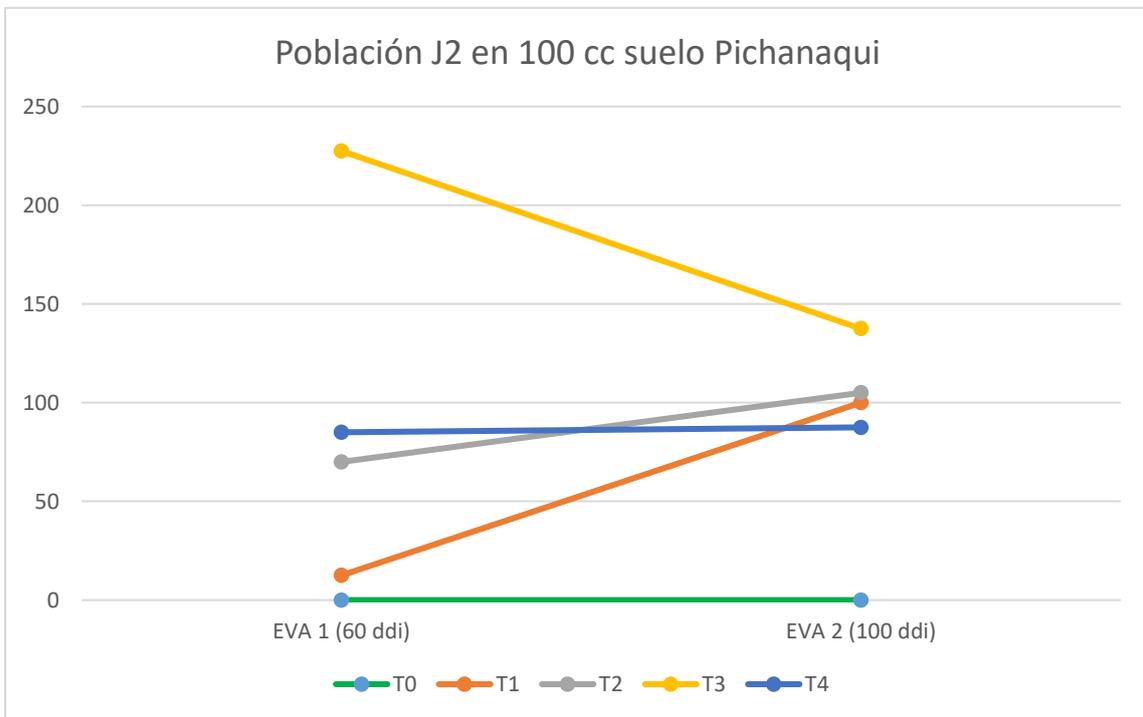
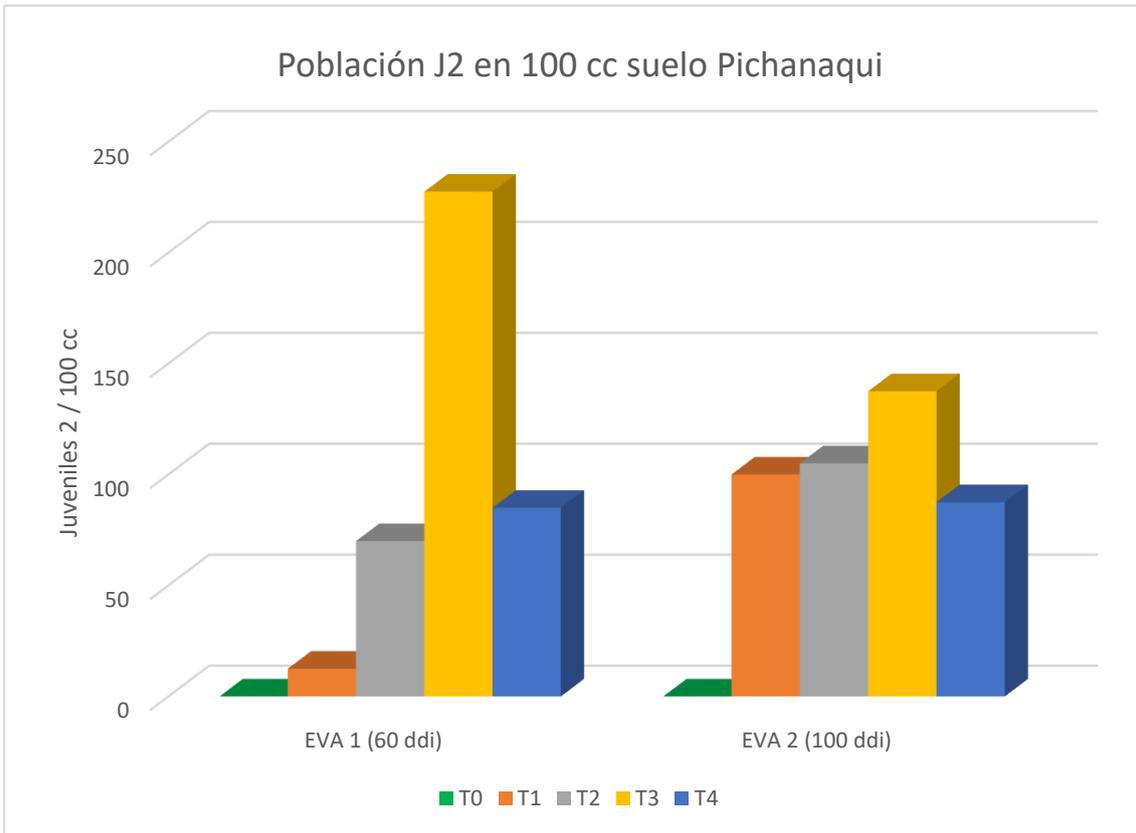


Figura 41: Población de juveniles 2 (J2) de *Meloidogyne* spp en 100 cc de suelo, inoculadas en Jengibre en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

4.4.3 Población final (Pf)

El análisis de variancia (Anexo: 20) como también la comparación de medias de Tukey (Tabla 20) muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos en todas las evaluaciones, tanto para La Molina como también para Pichanaqui.

- Resultados de la población final de *Meloidogyne* spp, evaluadas en La Molina.

Con un coeficiente de variabilidad de 5.2 por ciento, y la comparación de medias de Tukey (Tabla 20), muestra para la primera evaluación de La Molina que, T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) es el tratamiento con mayor densidad poblacional de nemátodos, sin embargo, el T3 (500 huevos/100cc de suelo) que ocupa el segundo lugar no está muy lejos del (T4). También se debe de citar que para esta evaluación la densidad poblacional es directamente proporcional a las cantidades inoculadas, aunque no en la misma razón.

En la segunda evaluación para La Molina, tenemos un coeficiente de variabilidad de 3.6 por ciento, el análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey (Tabla 20), muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El T3 (500 huevos/100cc de suelo), es el que tiene la mayor concentración de nemátodos, cabe indicar que, no hay diferencias significativas entre los tratamientos T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) según la comparación de medias de Tukey, lo que quiere decir que, hay mayor reproducción en los tratamientos que han sido inoculados en menor población de nemátodos y, la reproducción en los tratamientos inoculados con mayor cantidad nemátodos es poco (Figura 42), lo anterior también se puede corroborar en la Tabla (20).

El análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey, muestra para la tercera evaluación de La Molina, que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Tabla 20). Además, es pertinente señalar que en esta evaluación la densidad poblacional de los nemátodos ha tenido una disminución considerable en comparación de la evaluación anterior (Figura 42), T2 (50 huevos/100cc de suelo) es el tratamiento con mayor número de nemátodos a comparación de los demás tratamientos.

- Resultados de la población final de *Meloidogyne* spp, evaluadas en Pichanaqui.

4.6 por ciento es el coeficiente de variabilidad para la primera evaluación de Pichanaqui. El análisis de variancia (Tabla 20), muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Según la comparación de medias de Tukey T3 (500 huevos/100cc de suelo), es el que tiene mayor concentración de nemátodos, sin embargo, debemos de citar que dicho tratamiento comparten la misma letra con los tratamientos T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) y T2 (50 huevos/100cc de suelo) para la comparación de medias de Tukey. También se observa que, la reproducción de los nemátodos es más rápido en estas condiciones si se compara con la primera evaluación de La Molina (Figuras 42 y 43).

El análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey para la segunda evaluación de Pichanaqui, muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos inoculadas y el testigo T0 (0 huevos/100cc de suelo), puesto que, no se observa diferencias para Tukey entre los tratamientos inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. T1 (5 huevos/100cc de suelo), T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), todos están agrupadas con la letra A. El coeficiente de variabilidad para esta evaluación es de 7.8 por ciento.

Las evaluaciones nos muestran que el incremento poblacional de los nemátodos inoculados se da manera progresiva y en proporción directa a la cantidad inoculada, esto se da hasta un determinado punto donde se alcanza la máxima población en que la planta y, las condiciones en las que se trabajó han sido favorables para la reproducción de los nemátodos. Alcanzado este punto máximo, el número de individuos comienza a descender, probablemente porque la sobrepoblación y la competencia interespecífica ocasiona la mortandad de los nemátodos (Taylor y Sasser, 1983), sin embargo, es conveniente precisar que, a medida que la población de los nemátodos inoculados coloniza la raíz de la planta, estas comienzan a decaer en la producción de los fotosintatos por falta de agua y nutrientes que, han sido obstruidos a nivel radicular por las células gigantes de donde se alimentan los nemátodos.

Además de lo citado, según los autores la reproducción de *Meloidogyne* spp es fuertemente afectado por la temperatura, humedad del suelo, textura, pH, oxígeno del suelo, etc. Esto para entender los resultados de las evaluaciones en Pichanaqui, puesto que, las condiciones medio ambientales han sido diferentes en comparación a las que se han manejado en

condiciones controladas (invernadero), en La Molina la temperatura ha sido moderada sobre todo en los primeros meses del trabajo (anexo; 28). En las condiciones de Pichanaqui, las diferencias entre los tratamientos inoculados no han sido muy variables, esto porque, el pico máximo de reproducción de los nemátodos se alcanza casi en todos, en los primeros 60 días después de la inoculación (Figura 43); mientras en La Molina, el pico máximo se alcanza a los 100 días después de la inoculación.

Para casos prácticos y, una rápida comparación entre las poblaciones inoculadas por cada tratamiento y las poblaciones finales en cada evaluación, se incluye los promedios sin hacer las transformaciones respectivas para la comparación de medias, mediante Tukey (Tabla 20). También podemos observar el comportamiento en el tiempo para cada tratamiento (Figuras 42 y 43).

Tabla 20: Prueba de comparación de medias de Tukey: Población final de huevos y J2, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	EVA 1 LA MOLINA		EVA 2 LA MOLINA		EVA 3 LA MOLINA		EVA 1 PICHANAKI		EVA 2 PICHANAKI						
	\bar{X} : Pf	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(N+1)$	\bar{X} : Pf	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(N+1)$	\bar{X} : Pf	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(N+1)$	\bar{X} : Pf	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(N+1)$	\bar{X} : Pf	\bar{X} : con $\text{Log}_{10}(N+1)$					
T0	0	0.0	D	0	0.0	C	0	0.0	D	0	0.0	C	0	0.0	B
T1	750	2.8120	C	9150	3.9597	B	2750	3.4308	B	2700	3.4028	B	2625	3.3790	A
T2	1150	3.0505	C	30450	4.4455	A	15800	4.1048	A	22125	4.2900	A	3275	3.4698	A
T3	5425	3.7310	B	30050	4.45925	A	5900	3.7400	AB	30350	4.4685	A	4625	3.6293	A
T4	17425	4.2328	A	27300	4.43000	A	900	2.8855	C	21025	4.3175	A	4200	3.5395	A
Pr>F		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001	
Significancia		**		**		**		**		**		**		**	
C.V. %		5.21533		3.630891		8.222412		4.576188		7.765267					

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

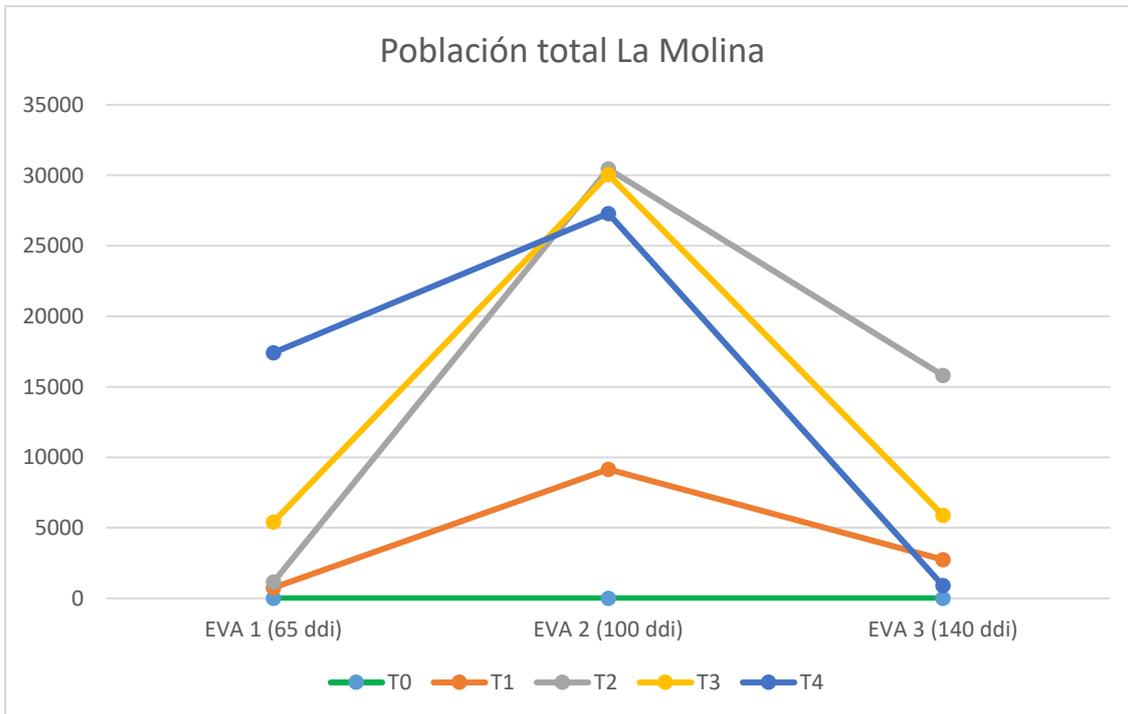
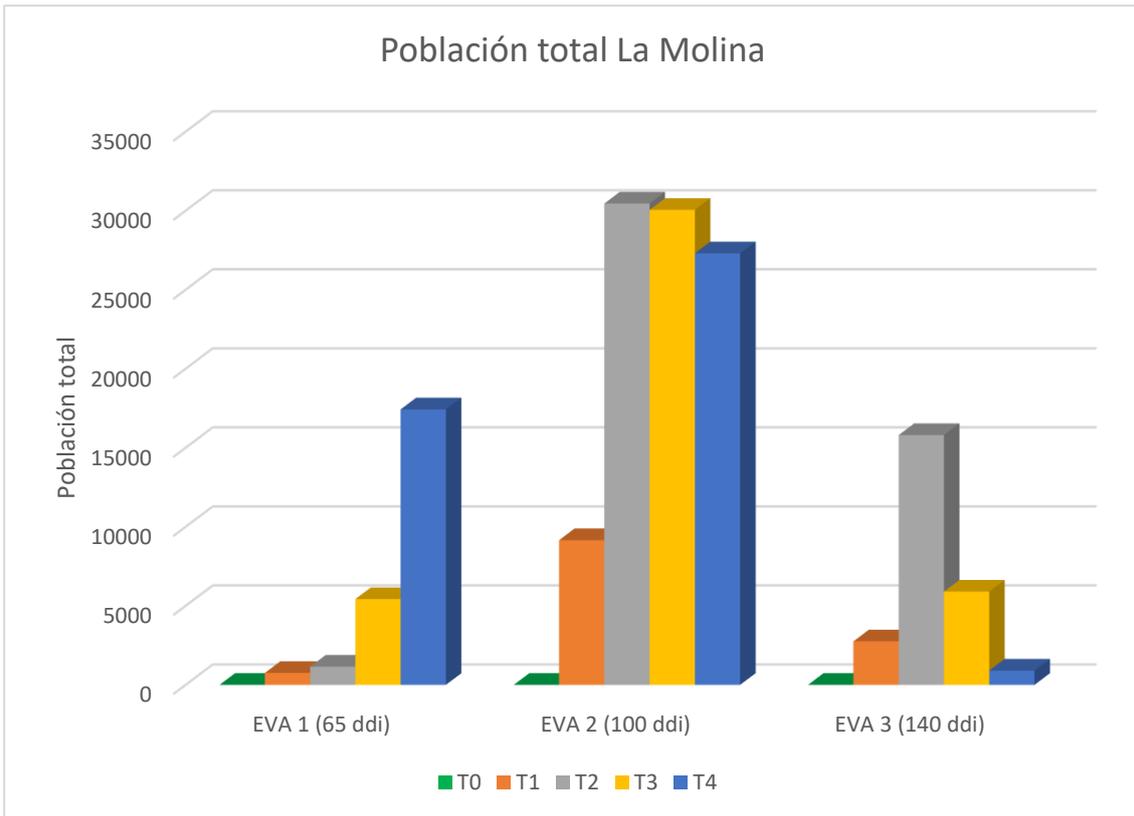


Figura 42: Población total de *Meloidogyne* spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

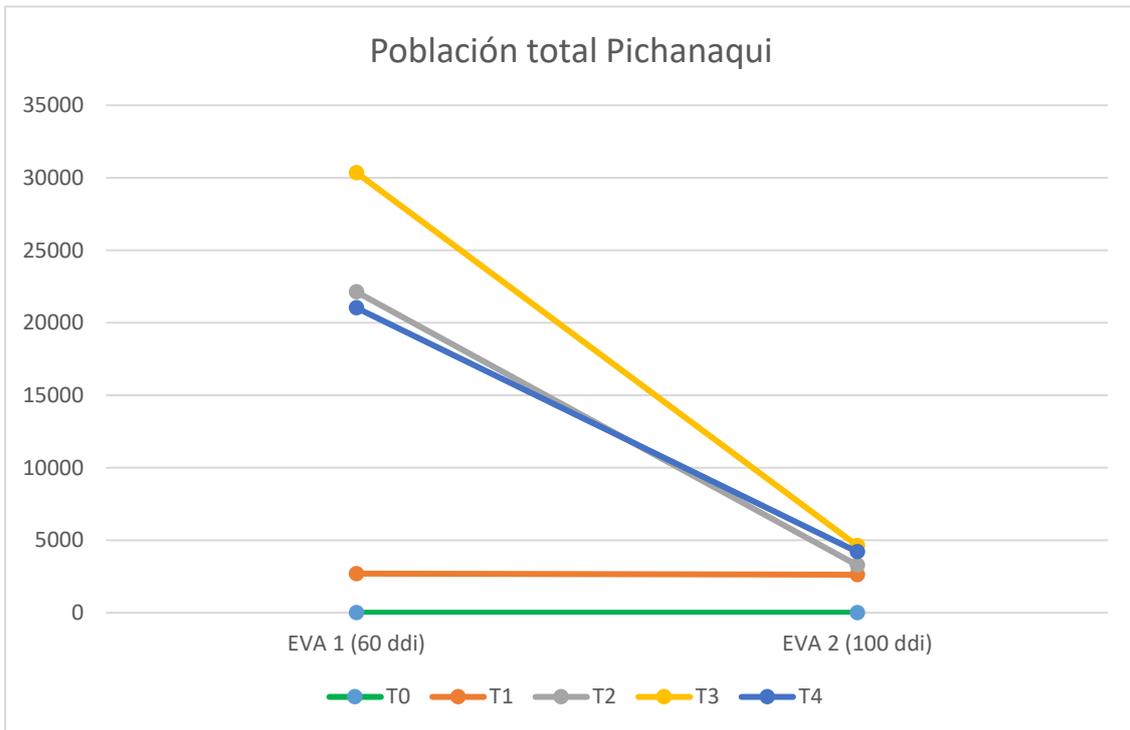
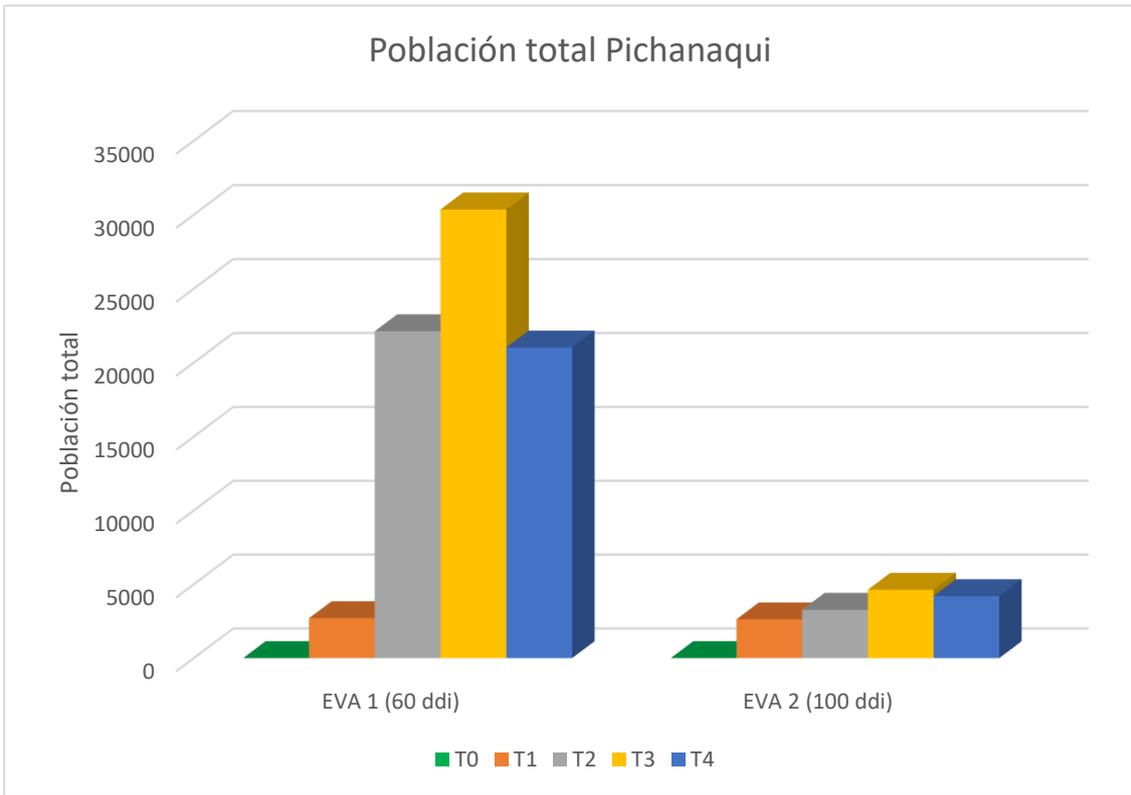


Figura 43: Población total de *Meloidogyne* spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

4.4.4 Tasa de reproducción

El análisis de variancia (Anexo 21) y la comparación de medias de Tukey (Tabla 21) indican que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos y el testigo.

Para la primera evaluación de La Molina tenemos un coeficiente de variabilidad de 22.0 por ciento y, la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 21), muestran que T1 (5 huevos/100cc de suelo), ha tenido una mayor tasa reproductiva, en seguida se encuentra el T2 (50 huevos/100cc de suelo), T4 (1,000 huevos/100cc de suelo) y T3 (500 huevos/100cc de suelo), en el orden decreciente, estos últimos no son diferentes para la prueba de medias de Tukey, puesto que están agrupados con la misma letra B.

En el análisis de variancia y la prueba de comparación de media de Tukey para la segunda evaluación de La Molina, indican que, si hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos, el T1 (5 huevos/100cc de suelo), es el que tiene mayor tasa reproductiva (Figura 43), casi 90 veces de la cantidad inicial (población inoculada). En seguida se observa al T2 (50 huevos/100cc de suelo), con cerca de 40 veces de la cantidad inoculada. Cabe destacar que, la tasa reproductiva para esta evaluación fue inversamente proporcional a la cantidad inoculada. El coeficiente de variabilidad es de 15.6 por ciento (Tabla 21).

Según el análisis de variancia y la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 21), en la tercera evaluación de La molina si hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos, la tasa reproductiva sigue siendo inversamente proporcional a la cantidad de nemátodos inoculadas. El T1 (5 huevos/100cc de suelo), es el tratamiento con mayor tasa reproductiva, seguida por T2 (50 huevos/100cc de suelo), que representa casi 20 veces más de la población inicial o la población inoculada, el coeficiente de variabilidad es de 25.0 por ciento.

Para la primera evaluación de Pichanaqui, tenemos que el análisis de variancia y la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 21), muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. T1 (5 huevos/100cc de suelo), es el tratamiento que tiene una mayor tasa reproductiva, en seguida se encuentra el T2 (50 huevos/100cc de suelo), T3 (500 huevos/100cc de suelo) y T4 (1,000 huevos/100cc de suelo), en el orden decreciente. Se debe de indicar que, el comportamiento de la tasa reproductiva es inversamente proporcional a la cantidad de poblaciones inoculadas de *Meloidogyne* spp.

Con un coeficiente de variabilidad de 27.8 por ciento, el análisis de variancia y la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 21), muestran que si hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos para la segunda evaluación de Pichanaqui. El T1 (5 huevos/100cc de suelo), sigue siendo el de mayor tasa reproductiva, seguidas por los demás tratamientos que presentan una tasa reproductiva inversamente proporcional a la cantidad de la población inoculada.

En el caso del *Meloidogyne* spp. La multiplicación es logarítmica por varias generaciones durante la época de crecimiento de la planta, cada hembra puede depositar 500 huevos y si se estima que el cinco por ciento de 500 huevos producidos viven para reproducirse, los números serían de 25, 625, 15625, (Frápolti, 2000; Taylor y Sasser, 1983), en tan solo cuatro generaciones. Todo ello mientras las condiciones donde se encuentra el nemátodo sean favorables.

En cuanto a la tasa de reproducción de los nemátodos inoculados, podemos observar que sigue un comportamiento indiferente en cuanto a las cantidades inoculadas, ya que, no guarda una relación directa la población final con la población inoculada en cada tratamiento, mas bien, se observa que sigue a una tendencia de, a mayor número de nemátodos inoculados, son menores las posibilidades de la reproducción, esto refuerza lo señalado por. Tapia (1994). Sin embargo, no debemos dejar de recalcar que con el T1 (5 huevos / 100 cc de suelo) tiene una mejor reproducción (Figuras 44 y 45), pero, hasta cierto punto donde alcanza el pico de la población que la planta pueda hospedar. A partir de este pico, comienza a disminuir la población de nemátodos como se ha demostrado en los parámetros evaluados (población en raíz y población en suelo).

Cabe destacar que como caso práctico y, una rápida comparación de promedios entre las poblaciones finales (Pf) y las poblaciones inoculadas (Pi), por tratamiento en cada evaluación, se incluye los promedios sin hacer las transformaciones (Tabla 21). Además, los promedios transformados muestran mejor diferenciación en las figuras con líneas (Figura 44 y 45).

Tabla 21: Prueba de comparación de medias de Tukey: Tasa de reproducción según los tratamientos inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* sp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

TRATAMIENTOS	EVA 1 LA MOLINA		EVA 2 LA MOLINA		EVA 3 LA MOLINA		EVA 1 PICHANAQUI		EVA 2 PICHANAQUI							
	\bar{X} : Pf/Pi	\bar{X} : con $\sqrt{(N+1)}$	\bar{X} : Pf/Pi	\bar{X} : con $\sqrt{(N+1)}$	\bar{X} : Pf/Pi	\bar{X} : con $\sqrt{(N+1)}$	\bar{X} : Pf/Pi	\bar{X} : con $\sqrt{(N+1)}$	\bar{X} : Pf/Pi	\bar{X} : con $\sqrt{(N+1)}$						
T0	0	1.0	B	0	1.0	C	0	1.0	B	0	1.0	B	0	1.0	B	
T1	7.50	2.8383	A	91.50	9.6088	A	27.50	5.3133	A	27.00	5.2078	A	26.25	5.1105	A	
T2	1.15	1.4635	B	30.45	5.5010	B	15.80	3.9495	A	22.13	4.6705	A	3.28	2.0375	B	
T3	0.54	1.2418	B	3.01	1.9898	C	0.59	1.2580	B	3.04	2.0003	B	0.46	1.2068	B	
T4	0.87	1.3665	B	1.37	1.5363	C	0.05	1.0223	B	1.05	1.4310	B	0.21	1.0983	B	
Pr>F	<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001		<.0001	
Significancia	**		**		**		**		**		**		**		**	
C.V. %	22.04678		15.60213		25.05875		26.94017		27.78026		27.78026		27.78026		27.78026	

Valores de la misma columna con letras iguales, estadísticamente no presentan diferencias con un $\alpha = 0.05$ mediante la prueba de Tukey.

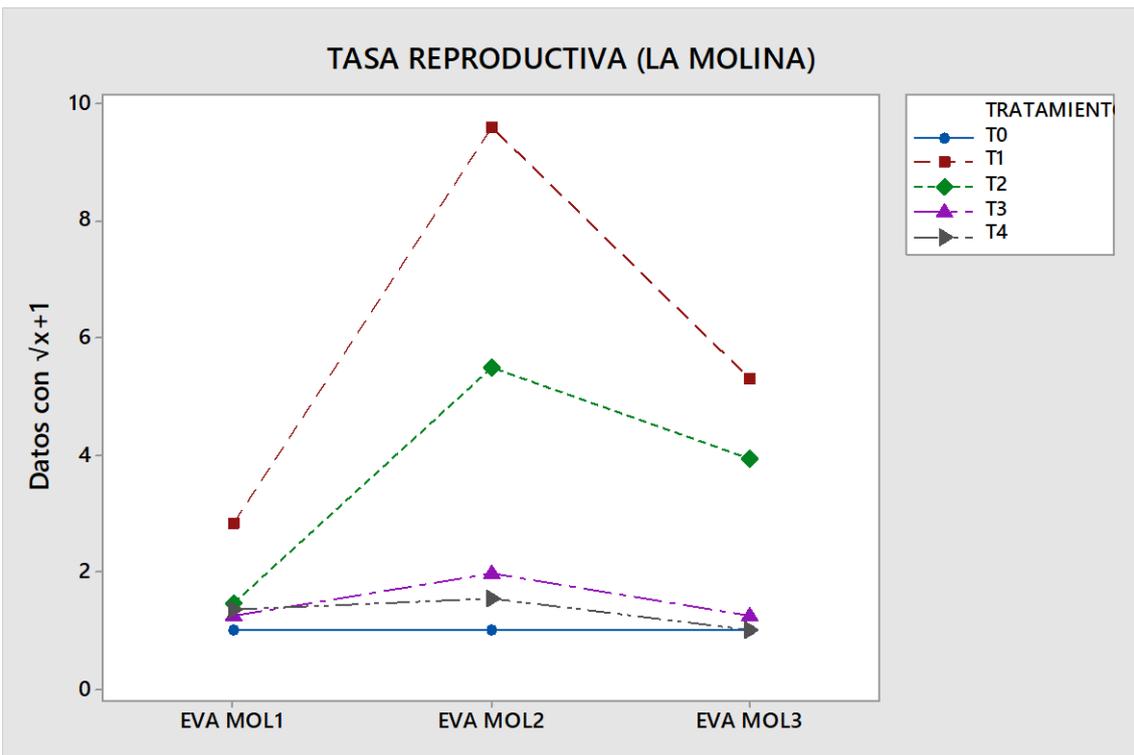
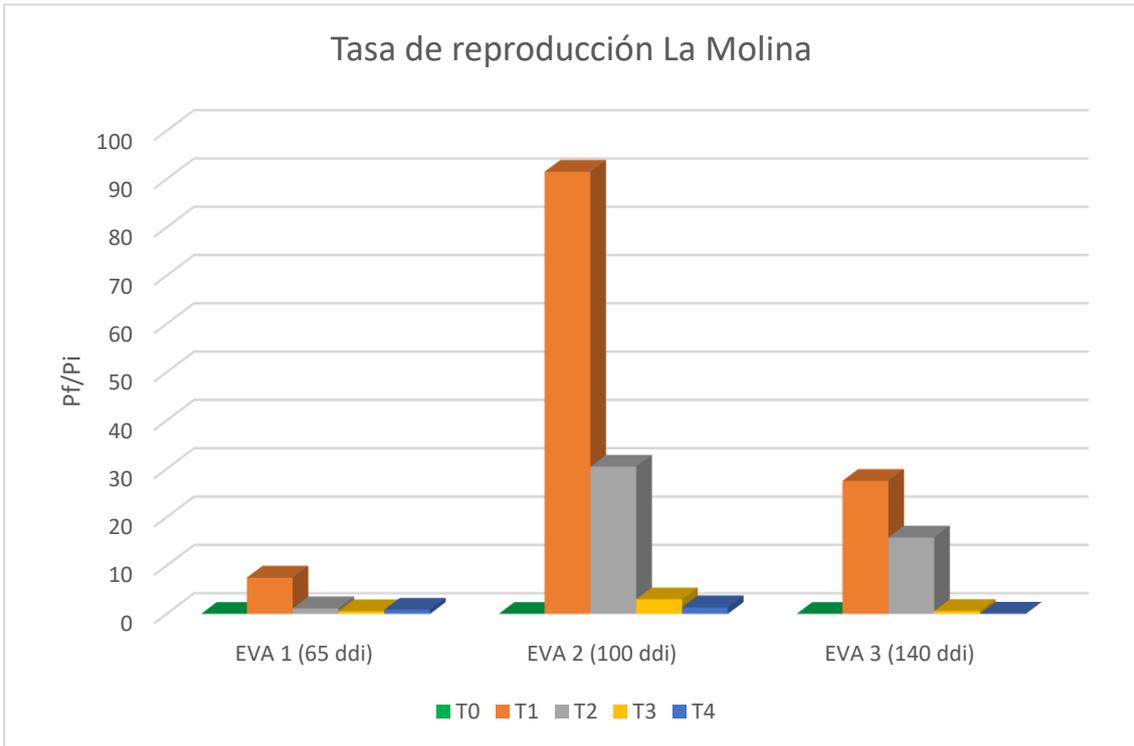


Figura 44: Tasa reproductiva (Pf/Pi) de *Meloidogyne* spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina.

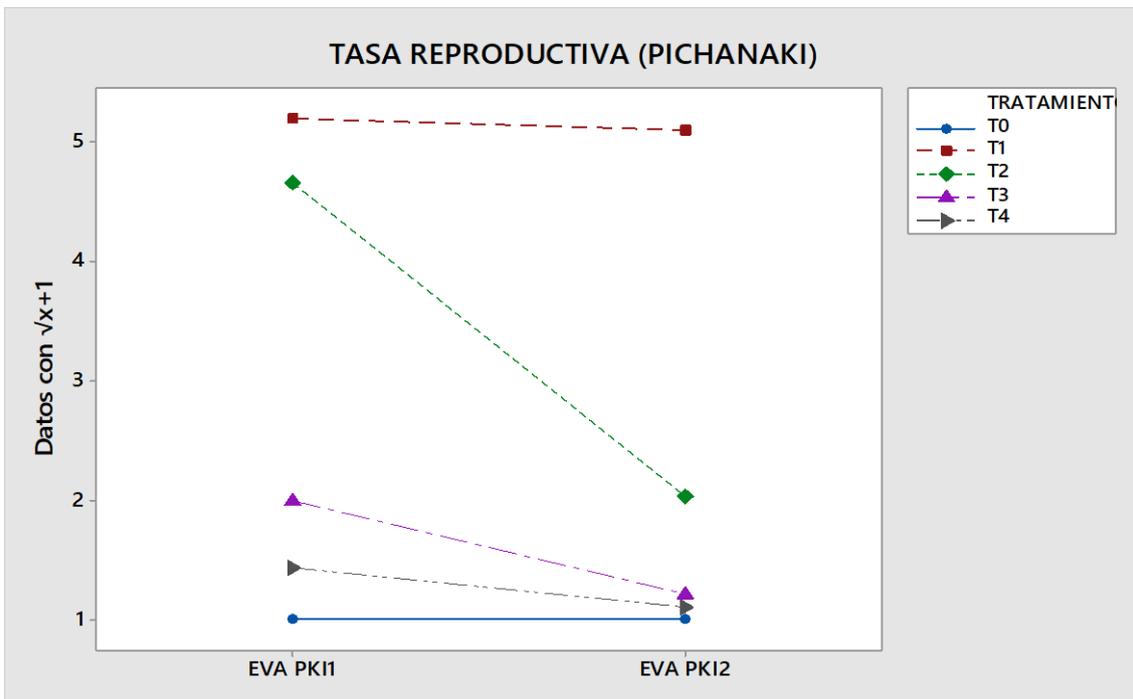
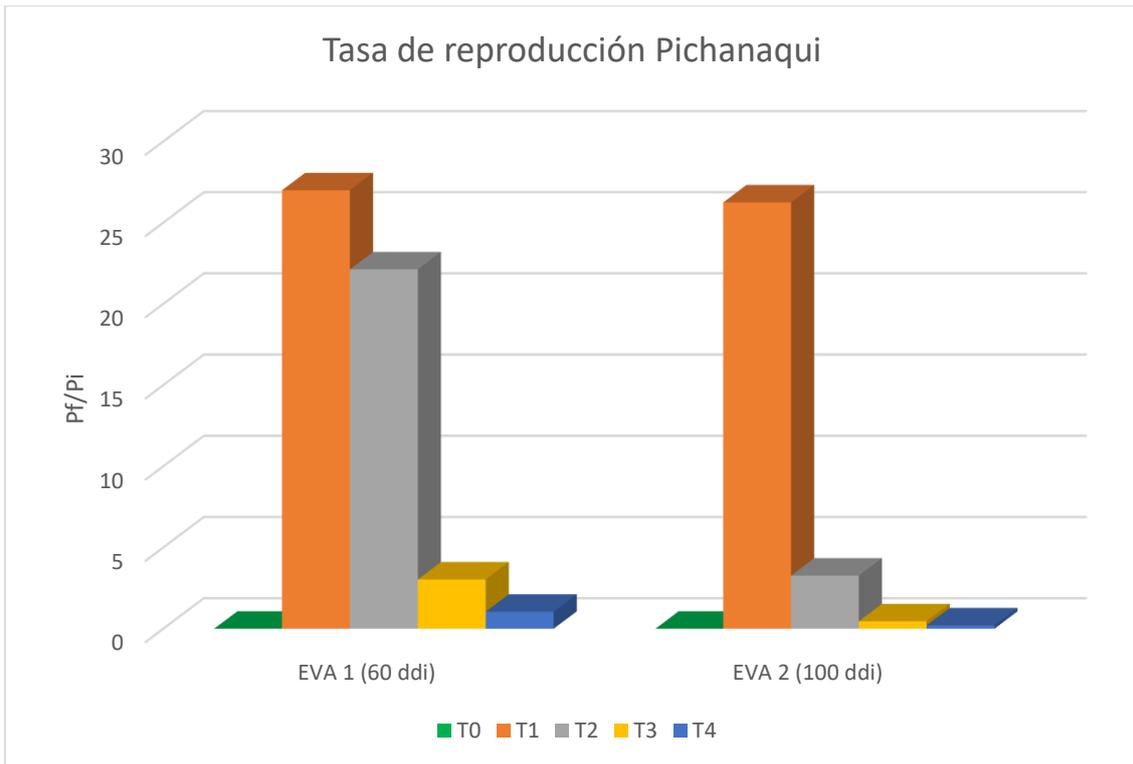


Figura 45: Tasa reproductiva (Pf/Pi) de *Meloidogyne* spp en Jengibre inoculadas en diferentes cantidades poblacionales. Evaluadas (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

4.5 EFICIENCIA DEL HOSPEDANTE PARA LA REPRODUCCIÓN DEL NEMÁTODO (Pf/Pi).

Considerando que con 60 días después de la inoculación (ddi), se podrá tener al menos un ciclo reproductivo del inóculo, puesto que, la población encontrada en las evaluaciones es muestra de la reproducción del inóculo en la planta hospedante (Jengibre). Para tener la eficiencia del hospedante, se han dividido la población encontrada en cada evaluación y cada tratamiento, entre la población inoculada en cada tratamiento (Pf/Pi; Pf = Población final; Pi = Población inicial o la población inoculada). Tabla (22).

Para ver la eficiencia del hospedante se tendrá que relacionar la división obtenida con el siguiente método.

$Pf/Pi < 1.5$ la planta es un hospedante no eficiente

$Pf/Pi > 1.5$ la planta es un hospedante eficiente

Cabe precisar que, para tener decisiones acertadas sobre la eficiencia del hospedante, hay que tener muy en cuenta, el momento de la evaluación, y la cantidad de inóculo. Para nuestro caso, se puede ver en la Tabla (22), la segunda evaluación de La Molina y, primera evaluación de Pichanaqui tienen los mejores resultados. Sin embargo, se tomarán los datos de la tercera evaluación de La Molina, puesto que, es para esta evaluación que tenemos los datos de peso rizoma y daño.

Tabla 22: Eficiencia de Jengibre en la reproducción de *Meloidogyne* spp. Inoculadas en diferentes cantidades poblacionales y evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui

TRATAMIENTOS	EVALUACIONES					Pf/Pi	Eficiencia del Hospedante
	MOL-1	MOL-2	MOL-3	PQI-1	PQI-2		
T0	0	0	0	0	0	0	
T1	7.50	91.50	27.50	27.00	26.50	> 1.5	Eficiente
T2	1.15	30.45	15.80	22.13	3.28	> 1.5	Eficiente
T3	0.54	3.01	0.59	3.04	0.46	> 1.5*	Eficiente
T4	0.87	1.37	0.05	1.05	0.21	< 1.5**	No Eficiente

* Para algunas evaluaciones se comporta como no eficiente porque la tasa reproductiva es menor a 1.5

** En las divisiones anteriores se demuestra la eficiencia del cultivo como hospedante a *Meloidogyne* spp. La división < 1.5 se obtiene porque la población inoculada es muy alta para las condiciones de este trabajo, además, esta población está cerca al pico máximo que la planta pueda soportar (para este trabajo y ya tratado anteriormente).

4.6 REACCIÓN DE JENGIBRE FRENTE A *Meloidogyne* spp.

El daño del nemátodo a la parte comercial del Jengibre (rizomas) para las poblaciones inoculadas son altamente significativas estadísticamente (Tabla 17, Figura 33 y 35). Para definir la susceptibilidad, tolerancia, hipersusceptible y resistencia de la planta, según el criterio de Canto – Sáenz, se hizo la tabla 23 a manera de resumen, para ver los efectos significativos o no significativos de las poblaciones inoculadas en la planta de jengibre. Los datos de la tabla (23), fueron tomados de la tercera evaluación de La Molina.

Tabla 23: Resumen de algunas variables de la tercera evaluación y su significancia en la comparación de medias para Tukey.

VARIABLES	T0	T1	T2	T3	T4	significancia
Altura planta (cm)	141.25 A	120 AB	113 B	119 AB	97.50 B	**
Peso fresco aérea (g)	119.45 A	88.05 AB	71.05 B	82.55 B	60.60 B	**
Peso fresco raíz (g)	47.90 A	24.58 CB	17.20 C	32.08 B	12.83 C	**
Nº tallos o brotes	5 A	2 B	3 B	3 B	2 B	**
Peso rizoma (g)	59.50 A	36.35 B	20.87 BC	17.15 C	15.70 C	**
Daño rizoma (%)	0.0 C	31.25 B	82.50 A	92.50 A	92.50 A	**

** Hay diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

De la tabla (23), podemos destacar que, la comparación de medias para Tukey para las diferentes variables, presentan diferencias significativas, además, para definir la susceptibilidad, tolerancia, hipersusceptibilidad y la resistencia de la planta; debemos tener en cuenta la reducción en la producción y, daño del nemátodo a la parte comercial o de interés económico del cultivo (rizomas). Ello sólo se pudo obtener en la tercera evaluación de La Molina.

Por lo tanto, teniendo las tablas (22), eficiencia del hospedante > 1.5 y, la tabla (23) donde el daño o merma según la comparación de medias, son altamente significativos. Podremos ubicar al jengibre en el cuadro de reacción de la planta frente a *Meloidogyne* spp, Según el criterio propuesta por V. Dropkin y modificada por Canto-Sáenz (1985).

Es pertinente precisar que los variables, peso de rizoma y porcentaje de daño del rizoma, son las que se consideraron para ver la susceptibilidad del cultivo, puesto que, es donde se pueda cuantificar el rendimiento cultivo, limitada por *Meloidogyne* spp. El rizoma en la parte comercial del cultivo o de interés para el agricultor.

Tabla 24: Calificación de la reacción de Jengibre al género *Meloidogyne* spp, propuesta por V. Dropkin y modificada por Canto-Sáenz.

Eficiencia del hospedante a la reproducción de <i>Meloidogyne</i> spp.	Daño del nemátodo a la planta	
	Estadísticamente significativo	Estadísticamente no significativo
Eficiente (Pf/Pi > 1.5)	<u>SUSCEPTIBLE</u> • Jengibre (T1 y T2)	<u>TOLERANTE</u>
No eficiente (Pf/Pi < 1.5)	<u>HIPERSUSCEPTIBLE</u> • Jengibre (T3 y T4)	<u>RESISTENTE</u>

V. CONCLUSIONES

- Son tres las especies que parasitan al cultivo de jengibre en la zona de la selva central del Perú, predomina *Meloidogyne exigua* (55 por ciento de la muestra) *Meloidogyne incognita* (35 por ciento de la muestra) *Meloidogyne javanica* (10 por ciento de la muestra), los cuales fueron determinados mediante la observación de los patrones perineales. La predominancia de la especie *Meloidogyne exigua*, se deba probablemente a que el cultivo de jengibre se siembra en los campos que anteriormente han sido manejados con café (especie que predomina en el cultivo de café) y, sea la mejor adaptada a la zona.
- Según los parámetros evaluados para este trabajo, hubo diferencias estadísticas a la menor cantidad de inóculo. Por lo que, el cultivo de Jengibre es muy susceptible al ataque de *Meloidogyne* spp. En este trabajo se ha podido demostrar que con 5 huevos inoculados en 100 cc de suelo (T1), la reducción en peso del rizoma es alrededor del 40 por ciento y, el daño del rizoma mayor a 2 para la escala elaborada. Con 50 huevos inoculados en 100 cc de suelo (T2) se alcanzó el máximo daño para la escala elaborada y, el peso de rizoma es cada vez menor. Además, con T 3 y T4 se comporta como hipersusceptible.
- La temperatura juega un papel importante en el desarrollo planta – nemátodo, a temperaturas moderadas (menores a 20° C) y, a una baja población de nemátodos, la planta responde con un estímulo a favor del desarrollo foliar y radicular, mientras a temperaturas mayores a 20° C; la reproducción del nemátodo se da en proporciones logarítmicas, con ello la colonización y el daño a la planta se multiplica.
- En los parámetros indirectos y directos los efectos (daños) de los nemátodos inoculados en la planta de Jengibre mostraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, los que se manejaron bajo invernadero tuvieron mejores diferencias que los que han sido instalados en ambiente abierto (Pichanaqui) para los parámetros indirectos.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar determinación de especies con otros métodos más avanzados como el análisis molecular, para complementar y hacer el mapeo de especies y razas de éstas en la zona.
- Seguir con la investigación en el manejo de plagas, enfermedades, fertilización, mejoramiento genético, etc. de este importante cultivo, puesto que, no se encuentra publicaciones para las condiciones del Perú, sin embargo, hoy en día es uno de los cultivos más importantes al igual que el café en la zona de Selva Central del País. Además, está considerado como el producto estrella, por la acogida en el mercado externo, desde antes y durante la pandemia del Covid - 19.
- Realizar trabajos similares en condiciones de campos comerciales para determinar el efecto negativo en el cultivo. Además, incluir una densidad menor con la que se pueda determinar el umbral de daño económico para las condiciones del Perú.
- Hacer trabajos para determinar las pérdidas económicas que ocasionan estas especies y patógenos asociados a estas en la producción de Jengibre.
- Realizar trabajos orientados al manejo y control del nemátodo, con productos que puedan ser apropiadas para la producción orgánica como también la producción convencional.
- Para el criterio de eficiencia del hospedante se debe considerar el momento de la evaluación y la cantidad de inóculo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, GN.** 2005 Fitopatología. (traducido de Plant Pathology por Gúzman, M. 2010) segunda edición. México, México. Limusa. 856 p.
- Agrios GN.** 2005 Plant Pathology. 5 th ed. Printed in the United States of America. 903 p.
- Agrodata** (en línea) <http://www.agrodataperu.com/category/jengibre-kion-exportacion> (revisado: Marzo 2023).
- Barker K. R., Carter C. C. and Sasser J. N.** 1985 An Advanced Treatise on Meloidogyne. Volume II: Methodology. Department of Plant Pathology and the United States Agency for International Development. North Carolina State University.
- Bruneton, J.** 2001. Farmaconogía, Fitoquímica, Plantas Medicinales. Segunda edición. Zaragoza, España. Acrimia S.A.
- Canto-Sáenz, M.** 2010. Separatas del Curso de Nematología. Lima, Perú. Escuela de Posgrado. Especialidad de Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Céspedes, M.** 1996. Nematología Agrícola. Primera edición, ed. Trillas p. 301.
- Cucho S., F.** 2015. Exportación de filtrantes de jengibre con miel y limón al mercado de Estados Unidos. (Miami). Tesis Lic. USMP. Lima– Perú.
- Eisenback, J. D.** 1985. Diagnostic Characters useful in the Identification of the four most common species of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). p. 95 – 112.
- Eisenback, J. D. and Hirschmann, H.** 1981. Identification of *Meloidogyne* Species on the Basis of Head Shape and Stylet Morphology of the Male. Journal of Nematology. 13(4) p. 512 – 521.
- Eisenback, J.D. and H.H. Triantaphyllou.** 1991. Root knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. W. R. Nickle, ed. Manual of Agricultural Nematology. New York. 191 – 274 p.

- Eisenback, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J. N. y Triantaphyllou, A. C.** 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nemátodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una Clave Pictórica. International *Meloidogyne* Project. Raleigh, North Carolina.
- Enriquez, AM; Prieto, EP; De Los Rios, E; Ruiz, SG.** 2012. Estudio Farmacognóstico y Fitoquímico del Rizoma de *Zingiber officinale* Roscoe “jengibre” (en línea). Rev. Med. Vallejana. Vol. 5, N° 1: 50 – 64. Consultada 12 Set. 2020. Disponible en: <http://dica.minec.gob.sv>
- Enciso, A.S,** 2000. Iniciación a la Nematología. Agricultura, Suelo y Ambiente. Granada – España. 42 p.
- Farfán Menéndez, MD.** 2011. Comportamiento de Nemátodo del Nodulo *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chiwood, 1949 con 12 productos químicos. Tesis Ph.D. Lima, Perú, UNALM. 57 p.
- Ferraz, L. C. C. B. y BROWN, D. J. F.** 2016. Nematología de Plantas; Fundamentos e Importância. Sao Paulo – Brasil. Norma Editora. 251 p.
- Frápolli, E.** 2000. Los nemátodos fitoparasitos. Sevilla – España. Novograf. S.A. 35 p.
- García Aranda, TM.** 1992. Identificación de Especies de *Meloidogyne* en Cafeto en Villa Rica – Pasco. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM. 68 p.
- García Bastidas, F; Obando, J; Betancourt, GC.** 2004. Reconocimiento de Especies de *Meloidogyne* en Tomate de Árbol (*Solanum betaces*) y Lulo (*Solanum quitoense*) en la Zona Norte del Departamento de Nariño – Colombia. Revista de Ciencias Agrarias. 21(2) 12 p.
- García Rodríguez, FM.** 2011. Reacción de 7 Cultivares de *Capsicum* L. a Diferentes Densidades Poblacionales del Nemátodo del Nódulo, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White 1919) Chitwood 1949, a nivel de invernadero. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM. 121 p.
- Gómez, B; Cortés, S; Izquierdo, T.** 2013. Efecto del extracto hidroalcohólico de *Zingiber officinale* Roscoe (jengibre) en modelo de hepatotoxicidad en ratas. Revista Cubana de Plantas Medicinales. p. 14 Artículo disponible en: <http://scielo.sld.cu>

- Gómez T. J. y Martín R. A.** 1967. Problemas Nematológicos en Cultivos de Costa, Sierra y Selva del País. *Revista Peruana de Entomología* 10(1). 32 – 39 p.
- González Chavarría, L; Solís Orozco, E; Valverde Flores, N; Chávez Hernández, E.** 1996. Producción y Comercialización de Semillas de Jengibre (*Zingiber officinale*). Consejo Nacional de Producción. San José – Costa Rica. 30 p.
- Guerra López, R.** 2017. Manual de Nemátodos Fitoparásitos (Identificación de Especies). Agrocalidad. Ecuador – Quito. 199 p.
- Handoo Z. A; Skantar A. M; Carta L. K; and Erbe E. F.** 2005. Morphological and Molecular Characterization of a New Root-Knot Nematode, *Meloidogyne thailandica* n. sp. (Nematoda: Meloidogyidae), Parasitizing Ginger (*Zingiber* sp.). *Journal of Nematology* 37(3). 343 – 353 p.
- Huerta Zavala, BR.** 1988. *Meloidogyne* sp. en Espárrago y su Variación Poblacional en un Comparativo de Nematicidas. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM. 55 p.
- Julca A; Echevarria C; Ladera Y; Borjas R; Cruz R; Bello S; Crespo R.** 2013. Una revisión sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*) algunas experiencias y recomendaciones para el Perú. UNALM – IRD – Selva. Lima – Perú. 39 p.
- Krusberg, L.R. and Hirschmann, H.** 1958. Results of a survey of occurrence and frequency of plant parasitic nematodes in Perú. *Plant. Dis. Rptr.* 42; 599 – 608 p.
- Lindsey D. L; Clayshulte M. S.** 1982. Influence of Initial Population Densities of *Meloidogyne incognita* on Three Chile Cultivars. *Journal of Nematology* 14(3) p. 353 – 358.
- Midagri.** 2020. El Jengibre o Kion Peruano, una estrella que vuelve (*Zingiber officinale*); nota técnica N° 9. Dirección general de políticas agrarias. Lima – Perú. 39 p.
- Midagri Junín.** (En línea). www.agrojunin.gob.pe/estadisticas (revisado marzo 2023).
- Montalvo, A.** 1991. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 403 p.
- Mostacero, J.** 2011. Plantas medicinales del Perú, Taxonomía, Ecogeografía, Fenología y Etnobotánica

- Morales, A.** 2007. El Cultivo de Jengibre (*Zingiber officinale*). Ministerio de Agricultura y Ganadería República de Costa Rica. San José, Costa Rica. 13 p.
- Myers RY; Mello, CL; Keith, LM.** 2017. Evaluation of Edible Ginger and Turmeric Cultivars for Root-Knot Nematode Resistance. NEMATROPICA vol 47 (1). 99 – 105 p.
- Ocampo R. y Valverde R.** 2000. Manual de Cultivo y Conservación de Plantas Medicinales. San José – Costa Rica. 148 p.
- Okorochoa EOA; Ogbuji RO; Onyenobi F; Okorochoa CG.** 2014. Relationship between Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica* Inoculum Densities and Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Scholars Academic Journal of Biosciences. University of Nigeria, Nsukka – Nigeria. En línea. www.semanticscholar.org/
- Peña R. y Paez J.** Fitopatología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Consultado 23 Oct. 2019. Disponible en: <https://virtual.uptc.edu.co>
- Peraza Padilla, W.** 2013. Identificación Morfológica, Morfométrica y Molecular de *Meloidogyne incognita* en Higuera (*Ficus carica* L.) en Costa Rica. Revista Agronomía Mesoamericana 24 (2). p. 337 – 346.
- Perea, S. y Trujillo, L.** 2014. Evaluación del efecto del uso de la mostaza como biofumigante de suelo de cultivos hortícolas (en línea). Consultado 09 nov. 2019. Disponible en www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones
- Perry, RN., Moens, M. y Starr, JL.** 2009. Root-knot Nematodes. UK by the MPG Books Group. 1 – 88 p.
- PROMPEX.** 1998. Promoción de Exportaciones de Productos Agrícolas de la Selva. Lima, p.
- Ramón, J. y Acosta N.** 1984. Nemátodos diagnóstico y combate. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico. 68 p.
- Ravindran, PN and Nrimal Babu, K.** 2005. Ginger The Genus Zingiber. CRC. Washington, EE.UU. (Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles). 552 p.
- Ruano, R; Lemus, B; Sagastume, H; Milian, F.** 1992. Manual Práctico Para el Cultivo de Jengibre (*Zingiber officinale*). ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas). Guatemala. 19 p.

- Salazar Antón, W. y Guzmán Hernández, TJ.** 2013. Efecto de Poblaciones de *Meloidogyne* sp. En el Desarrollo y Rendimiento del Tomate. *Agronomía Mesoamericana* 24 (2). p. 419 – 426.
- Sasser, JN; Eisemback, JD and Carter, CC.** 1983. The International *Meloidogyne* Project- Its Goals and Accomplishments. *Revista Phytopathol.* 21. p. 271 – 288.
- Shah Jaisukh, J. and Chacko Raju, E.** 1977. Histopathology of Ginger (*Zingiber officinale*) Infected by Soil Nematode *Meloidogyne* sp. *Phyton Austria* 16(2). 79 – 84 p.
- Smith Mike; Stirling Graham; Lal Autar, M.** 2012. Improving Farming Systems for Managing soil-borne pathogens of ginger in Fiji and Australia. Australian Center for International Agricultural Research. 37 p.
- Talavera Rubia, MF.** 2004. Manual de Nematología. Mallorca – España. Grafiques Llopis S.A. 27 p.
- Tapia Ramírez, F.** 1994. Comportamiento de tres niveles poblacionales de *Meloidogyne incognita* en algunos cultivares comerciales de Esparrago (*Asparagus officinalis*). Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú, UNALM 167 p.
- Taylor, AL. y Sasser, JN.** 1983. Biología, Identificación y Control de los Nemátodos de Nódulo de la Raíz. Universidad del Estado de Carolina del Norte. (traducido al español por Centro Internacional de la Papa, CIP). 111 p.
- Trade Map.** (En línea). www.trademap.org/Index.aspx jengibre, sin triturar ni pulverizar (revisado marzo 2023)
- Trujillo, EE.** 1964. Diseases of Ginger (*Zingiber officinale*) in Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station. University of Hawaii. 15 p.
- Varas Huaroto, N.** 2018. Caracterización de Poblaciones Peruanas del Nemátodo del Nódulo de la Raíz (*Meloidogyne* spp.) en Vid (*Vitis vinífera* L.). Tesis Mg. Sc. Lima, Perú UNALM. 62 p.
- Vera Obando, NY.** 2014. Técnica Molecular de PCR para Identificar las Principales Especies de *Meloidogyne* spp. En Poblaciones Provenientes del Perú. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú, UNALM. 91 p.

Vergel Colon, DM; Leguizamón J; Cortina H; Torres E. 2000. Reconocimiento y Frecuencia de *Meloidogyne* spp. En una Localidad de la Zona Central Cafetalera de Colombia. Revista Cenicafe 51 (4) p. 285 – 295.

Yeves, A. et al. 1991 Manual de Laboratorio Diagnostico de Hongos, Bacterias y Nemátodos Fitopatógenos. (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación) Madrid, España. 485 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Primera evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con *Meloidogyne* spp (La Molina).

	Altura (cm)	Pfaerea (g)	Raíz larg. (cm)	Pfraíz (g)	N° brotes	Pseco (g)	Pb raíz	Pbsuelo (2000 cc)	ZECK	PIM	Pb total
T0	126	82.5	38	31.3	3	9.2	0	0	0	0	0
T0	119	78.7	32	28.5	2	9.2	0	0	0	0	0
T0	101	69.7	39	23.3	3	8.3	0	0	0	0	0
T0	103	61.8	37	27.9	3	6.6	0	0	0	0	0
T1	80	60.5	25	32.2	2	3.8	300	1000	3	4	1300
T1	94	44.2	27	23.6	3	5.7	300	600	3	4	900
T1	97	63.2	27	33.4	2	6.7	100	200	3	5	300
T1	76	42.2	31	22.9	3	4.1	300	200	3	5	500
T2	59	43.8	38	15.3	2	4.3	1200	200	4	4	1400
T2	65	57.6	32	15.4	2	3.1	700	200	4	5	900
T2	98	60.3	26	27.8	2	5.3	300	600	4	5	900
T2	76	42	37	18.5	2	4.5	200	1200	5	5	1400
T3	88	39.6	26	25.6	3	4	4800	1000	5	5	5800
T3	72	41.2	25	20.1	3	4.8	3100	2200	5	5	5300
T3	74	32.4	25	18	3	4.2	4400	1800	6	5	6200
T3	84	34.1	27	18.9	3	3.2	2600	1800	5	5	4400
T4	66	29.2	18	18.6	2	3.6	11200	2800	7	5	14000
T4	70	32.6	14	15.9	3	3	13600	2600	6	5	16200
T4	100	42.6	18	16.2	3	3.6	21500	2000	6	5	23500
T4	80	30.6	14	27.7	3	4.3	13000	3000	6	5	16000

Evaluación 65 días después de la inoculación (ddi).

Tratamientos con *Meloidogyne* spp. (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo)

Anexo 2: Segunda evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con *Meloidogyne* spp (La Molina).

	Altura (cm)	Pfaerea (g)	Raíz larg. (cm)	Pfraíz (g)	N° brotes	Pseco (g)	Pb raíz	Pbsuelo (2000 cc)	ZECK	PIM	Pb total
T0	136	133.6	36	36.4	4	15	0	0	0	0	0
T0	133	121.2	26	34.3	4	16.3	0	0	0	0	0
T0	130	150	37	40.8	4	13.1	0	0	0	0	0
T0	133	157.8	35	33.9	4	17.6	0	0	0	0	0
T1	148	95.2	25	45.6	3	9.5	8000	1000	6	5	9000
T1	121	106.4	33	28.2	4	12.6	8000	1000	6	5	9000
T1	143	84.8	23	45.2	4	9.9	2400	8000	5	5	10400
T1	153	125.8	32	43.3	4	15.7	8000	200	6	5	8200
T2	145	122	36	49	3	13.5	25200	1600	7	5	26800
T2	150	112.2	33	62.8	3	16.8	30400	3800	6	5	34200
T2	155	106	37	56.1	4	14.3	42000	4600	6	5	46600
T2	118	61.2	31	38.1	3	9.8	12000	2200	6	5	14200
T3	102	50	22	24.1	3	10.2	36000	3000	7	5	39000
T3	120	124.4	20	23.9	4	13.4	18600	4000	7	5	22600
T3	99	57.4	21	16.4	3	13.2	17000	3400	6	5	20400
T3	102	68	26	21.4	3	5.2	33000	5200	6	5	38200
T4	60	60.8	19	43.1	3	9.8	27000	1800	6	5	28800
T4	100	46.4	13	25	3	8.6	24800	4200	7	5	29000
T4	83	33.8	17	17	3	5.8	29000	2200	8	5	31200
T4	73	89.4	19	34.7	3	8.9	16000	4200	7	5	20200

Evaluación 100 días después de la inoculación (ddi).

Tratamientos con *Meloidogyne* spp. (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo)

Anexo 3: Tercera evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con *Meloidogyne* spp (La Molina).

	Altura (cm)	Pfaerea (g)	Raíz larg. (cm)	Pfraíz (g)	Nº brotes	Pseco (g)	Pb raíz	Pbsuelo (2000 cc)	ZECK	PIM	Pb total
T0	133	127.8	30.1	53	7	15.8	0	0	0	0	0
T0	146	132.4	43.4	43.2	6	13.2	0	0	0	0	0
T0	150	112.1	36.7	50.4	3	14.2	0	0	0	0	0
T0	136	105.5	35.7	45	4	17.5	0	0	0	0	0
T1	108	109.1	25.2	33	2	12.3	3000	200	4	5	3200
T1	133	95.7	36.9	32	2	10.5	3000	400	4	5	3400
T1	132	71.5	35.5	15.6	2	10.2	2000	200	3	5	2200
T1	107	75.9	30	17.7	2	11.5	2000	200	3	5	2200
T2	117	71.7	28.2	14.4	4	11	21000	200	6	5	21200
T2	115	67.2	21.8	18.9	2	8.2	16000	400	6	5	16400
T2	102	68.7	31.7	12.8	3	8.2	22000	200	5	5	22200
T2	120	76.6	21.7	22.7	3	8.2	3000	400	5	5	3400
T3	110	88.7	26.7	27	3	9.3	4000	600	6	5	4600
T3	117	63.6	31.2	28.1	3	9	3000	400	6	5	3400
T3	134	70.3	19.3	39.2	3	12.1	6000	200	6	5	6200
T3	118	107.6	32.2	34	3	11.7	9000	400	6	5	9400
T4	116	79.9	27.6	12.4	2	3.8	0	600	9	5	600
T4	87	46.9	13.7	12.3	2	5.8	0	400	6	5	400
T4	87	57.6	35.3	13.8	2	7	0	800	7	5	800
T4	100	58	10.9	12.8	2	6.1	0	1800	9	5	1800

Evaluación 140 días después de la inoculación (ddi).

Tratamientos con *Meloidogyne* spp. (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo)

Anexo 4: Primera evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con *Meloidogyne* spp (Pichanaqui).

	Altura (cm)	Pfaerea (g)	Raíz larg. (cm)	Pfraíz (g)	N° brotes	Pseco (g)	Pb raíz	Pbsuelo (2000 cc)	ZECK	PIM	Pb total
T0	60	44	35	18	2	5	0	0	0	0	0
T0	62	35	32	21	3	4.1	0	0	0	0	0
T0	64	47	32	18	3	5.1	0	0	0	0	0
T0	63	48	34	18	3	5.1	0	0	0	0	0
T1	56	31	36	18	2	3.5	2400	0	3	4	2400
T1	48	26	34	13	2	3.2	1700	400	3	4	2100
T1	52	30	31	20	3	2.8	1400	400	3	4	1800
T1	51	26	28	17	2	2.8	4300	200	3	4	4500
T2	52	32	32	21	2	3.2	39800	1200	3	5	41000
T2	53	29	35	17	2	2.8	20400	1800	3	5	22200
T2	50	27	33	16	2	2.6	10000	1600	3	5	11600
T2	54	35	32	21	2	3.6	12700	1000	3	5	13700
T3	60	33	33	18	2	3.7	17800	2600	4	5	20400
T3	62	33	31	21	2	3.4	30600	4800	4	5	35400
T3	57	31	29	17	2	3.4	33600	5600	5	5	39200
T3	61	30	31	19	2	3.4	21200	5200	4	5	26400
T4	45	25	30	13	3	2.6	24200	600	5	5	24800
T4	47	41	33	12	2	4.4	13800	3600	4	5	17400
T4	63	40	40	19	2	4.8	22800	1000	4	5	23800
T4	65	42	39	10	2	4.6	16500	1600	5	5	18100

Evaluación 60 días después de la inoculación (ddi).

Tratamientos con *Meloidogyne* spp. (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo)

Anexo 5: Segunda evaluación del ensayo para determinar el comportamiento del jengibre inoculado con *Meloidogyne* spp (Pichanaqui).

	Altura (cm)	Pfaerea (g)	Raíz larg. (cm)	Pfraíz (g)	N° brotes	Pseco (g)	Pb raíz	Pbsuelo (2000 cc)	ZECK	PIM	Pb total
T0	63	35	35	19.6	2	2.1	0	0	0	0	0
T0	61	21	33	10.6	2	3.5	0	0	0	0	0
T0	56	27	33	18.3	2	1.9	0	0	0	0	0
T0	62	27	36	15.6	3	4	0	0	0	0	0
T1	46	23	31	13.2	1	2.3	500	800	4	4	1300
T1	52	16	28	14.1	2	2.6	800	1400	5	4	2200
T1	47	21	32	16.6	2	2.4	400	2200	5	4	2600
T1	48	16	33	14.5	2	2	800	3600	5	4	4400
T2	42	23	30	10.7	2	2.5	1400	3400	4	5	4800
T2	51	9	27	6.4	2	2.5	1600	3000	4	5	4600
T2	44	21	29	9.9	2	1.8	900	1000	3	5	1900
T2	49	28	27	10	2	2.5	800	1000	3	5	1800
T3	47	16	30	10.3	2	2.6	3900	1400	5	5	5300
T3	55	19	29	13.2	1	2.7	800	2200	4	5	3000
T3	56	18	27	12.3	2	2.6	1200	1600	5	5	2800
T3	46	16	28	14.2	2	2.4	1600	5800	6	5	7400
T4	53	17	25	5.1	2	2.8	800	2600	6	5	3400
T4	55	23	24	6.8	2	2.8	200	1400	3	5	1600
T4	51	27	23	8.7	1	2.7	2600	400	4	5	3000
T4	53	20	26	6.3	1	2.4	6200	2600	5	5	8800

Evaluación 100 días después de la inoculación (ddi).

Tratamientos con *Meloidogyne* spp. (T0 = 0, T1 = 5, T2 = 50, T3 = 500, T4 = 1000 / 100 cc de suelo)

Anexo 6: Análisis de variancia sobre los datos de Altura de Planta de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	3649.3	912.325	5.43	0.0066	**	15.00618
		Error	15	2521.5	168.1				
		Total	19	6170.8					
	Segunda	Tratamiento	4	11953.7	2988.425	17.49	<.0001	**	10.87593
		Error	15	2563.5	170.9				
		Total	19	14517.2					
	Tercera	Tratamiento	4	3949.3	987.325	7.85	0.0013	**	9.474279
		Error	15	1887.5	125.833333				
		Total	19	5836.8					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	351.5	87.875	3.36	0.0375	*	9.091035
		Error	15	392.25	26.15				
		Total	19	743.75					
	Segunda	Tratamiento	4	473.8	118.45	9.22	0.0006	**	6.913577
		Error	15	192.75	12.85				
		Total	19	666.55					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 7: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Fresco Aereo de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	3921.548	980.387	14.15	<.0001	**	16.8371
		Error	15	1039.4	69.293333				
		Total	19	4960.948					
	Segunda	Tratamiento	4	15910.392	3977.598	6.6	0.0029	**	25.76068
		Error	15	9044.28	602.952				
		Total	19	24954.672					
	Tercera	Tratamiento	4	7959.568	1989.892	9.3	0.0006	**	17.3482
		Error	15	3211.2	214.08				
		Total	19	11170.768					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	590.5	147.625	6.1	0.004	**	14.36801
		Error	15	363.25	24.2166667				
		Total	19	953.75					
	Segunda	Tratamiento	4	245.3	61.325	2.34	0.1023	NS	24.20908
		Error	15	393.25	26.2166667				
		Total	19	638.55					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 8: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Seco Aereo de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	Nº Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	57.265	14.31625	14.56	<.0001	**	19.5412
		Error	15	14.7525	0.9835				
		Total	19	72.0175					
	Segunda	Tratamiento	4	123.733	30.93325	4.08	0.0196	*	23.02547
		Error	15	113.755	7.5836667				
		Total	19	237.488					
	Tercera	Tratamiento	4	191.382	47.8455	22.12	<.0001	**	14.30766
		Error	15	32.45	2.1633333				
		Total	19	223.832					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	9.157	2.28925	7.17	0.002	**	15.25623
		Error	15	4.7925	0.3195				
		Total	19	13.9495					
	Segunda	Tratamiento	4	0.892	0.223	0.85	0.5133	NS	20.00175
		Error	15	3.9175	0.26116667				
		Total	19	4.8095					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 9: Análisis de variancia sobre los datos de Medida de la raíz más larga de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui

Lugar	Nº Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	995.7	248.925	23.71	<.0001	**	11.65601
		Error	15	157.5	10.5				
		Total	19	1153.2					
	Segunda	Tratamiento	4	875.7	218.925	14.98	<.0001	**	14.13373
		Error	15	219.25	14.616667				
		Total	19	1094.95					
	Tercera	Tratamiento	4	508.863	127.21575	2.53	0.0837	NS	24.69463
		Error	15	752.935	50.195667				
		Total	19	1261.798					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	43.5	10.875	1.29	0.3181	NS	8.800061
		Error	15	126.5	8.4333333				
		Total	19	170					
	Segunda	Tratamiento	4	208.7	52.175	20.87	<.0001	**	5.396378
		Error	15	37.5	2.5				
		Total	19	246.2					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 10: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Fresco Raíz de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	315.772	78.943	3.33	0.0387	*	21.13064
		Error	15	355.9975	23.7331667				
		Total	19	671.7695					
	Segunda	Tratamiento	4	2038.408	509.602	7.66	0.0014	**	22.68093
		Error	15	998.0975	66.539833				
		Total	19	3036.5055					
	Tercera	Tratamiento	4	3061.523	765.38075	24.2	<.0001	**	20.89589
		Error	15	474.4625	31.630833				
		Total	19	3535.9855					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	83.3	20.825	2.91	0.0574	NS	15.41181
		Error	15	107.25	7.15				
		Total	19	190.55					
	Segunda	Tratamiento	4	233.747	58.43675	10.96	0.0002	**	19.53625
		Error	15	79.985	5.3323333				
		Total	19	313.732					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 11: Análisis de variancia sobre los datos de Número de Brotes de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	2.3	0.575	3.45	0.0345	*	15.70186
		Error	15	2.5	0.16666667				
		Total	19	4.8					
	Segunda	Tratamiento	4	2.7	0.675	4.5	0.0138	*	11.22604
		Error	15	2.25	0.15				
		Total	19	4.95					
	Tercera	Tratamiento	4	24	6	7.5	0.0016	**	29.81424
		Error	15	12	0.8				
		Total	19	36					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	1.5	0.375	2.5	0.0867	NS	17.21326
		Error	15	2.25	0.15				
		Total	19	3.75					
	Segunda	Tratamiento	4	1.3	0.325	1.5	0.252	NS	25.16079
		Error	15	3.25	0.21666667				
		Total	19	4.55					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 12: Análisis de variancia sobre los datos de la escala PIM a la nodulación de raíces de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	Nº Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	74.8	18.7	160.29	<.0001	**	8.871819
		Error	15	1.75	0.11666667				
		Total	19	76.55					
	Segunda	Tratamiento	4	80	20	Infty	<.0001	**	0
		Error	15	0	0				
		Total	19	80					
	Tercera	Tratamiento	4	80	20	Infty	<.0001	**	0
		Error	15	0	0				
		Total	19	80					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	75.2	18.8	Infty	<.0001	**	0
		Error	15	0	0				
		Total	19	75.2					
	Segunda	Tratamiento	4	75.2	18.8	Infty	<.0001	**	0
		Error	15	0	0				
		Total	19	75.2					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 13: Análisis de variancia sobre los datos de la escala Zeck a la nodulación de raíces de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	Nº Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	93.5	23.375	155.83	<.0001	**	10.32796
		Error	15	2.25	0.15				
		Total	19	95.75					
	Segunda	Tratamiento	4	133.3	33.325	111.08	<.0001	**	10.73966
		Error	15	4.5	0.3				
		Total	19	137.8					
	Tercera	Tratamiento	4	140.2	35.05	60.09	<.0001	**	16.78599
		Error	15	8.75	0.5833333				
		Total	19	148.95					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	51.2	12.8	109.71	<.0001	**	11.57848
		Error	15	1.75	0.11666667				
		Total	19	52.95					
	Segunda	Tratamiento	4	68.2	17.05	29.23	<.0001	**	21.51444
		Error	15	8.75	0.58333333				
		Total	19	76.95					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 14: Análisis de variancia sobre los datos de Peso Rizoma de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (140 ddi) La Molina.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	tercera	Tratamiento	4	5524.95	1381.2375	24.68	<.0001	**	24.95638
		Error	15	839.4075	55.9605				
		Total	19	6364.3575					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Anexo 15: Análisis de variancia sobre los datos de Daño de Rizomas de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (140 ddi) La Molina.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	tercera	Tratamiento	4	5.50276357	1.37569089	66.14	<.0001	**	16.26623
		Error	15	0.3120102	0.02080068				
		Total	19	5.81477376					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad.

Los datos de Daño de Rizomas (porcentaje de la superficie dañada) por *Meloidogyne*, fueron transformadas con Arsin(RQT).

Anexo 16: Análisis de variancia sobre los datos de Población de Huevos en la raíz de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.I.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	40.6157975	10.1539494	241.28	<.0001	**	8.043315
		Error	15	0.6312655	0.04208437				
		Total	19	41.247063					
	Segunda	Tratamiento	4	58.5027987	14.6256997	448.65	<.0001	**	5.330439
		Error	15	0.48898694	0.03259913				
		Total	19	58.9917857					
	Tercera	Tratamiento	4	67.6143233	16.9035808	380.19	<.0001	**	9.431824
		Error	15	0.6669155	0.04446103				
		Total	19	68.2812388					
PICHANAQUI	Primera	Tratamiento	4	55.7807728	13.9451932	476.88	<.0001	**	5.254145
		Error	15	0.43863575	0.02924238				
		Total	19	56.2194086					
	Segunda	Tratamiento	4	29.8055013	7.45137533	68.23	<.0001	**	13.62408
		Error	15	1.63818125	0.10921208				
		Total	19	31.4436826					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad.

Los valores de la evaluación, han sido transformados con $\text{Log}_{10}(N+1)$

Anexo 17: Análisis de variancia sobre los datos de Población de Huevos por gramo de raíz de Jengibre, inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	19.9531513	4.98828782	84.86	<.0001	**	16.10018
		Error	15	0.8817485	0.05878323				
		Total	19	20.8348998					
	Segunda	Tratamiento	4	25.4226747	6.35566868	158.71	<.0001	**	9.213534
		Error	15	0.60068025	0.04004535				
		Total	19	26.023355					
	Tercera	Tratamiento	4	28.3928408	7.0982102	121.96	<.0001	**	17.00319
		Error	15	0.87302175	0.05820145				
		Total	19	29.2658626					
PICHANAQUI	Primera	Tratamiento	4	28.8134367	7.20335918	263.61	<.0001	**	7.254421
		Error	15	0.4098935	0.02732623				
		Total	19	29.2233302					
	Segunda	Tratamiento	4	14.1339888	3.5334972	30.12	<.0001	**	21.1009
		Error	15	1.759477	0.11729847				
		Total	19	15.8934658					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Los valores de la evaluación, han sido transformados con $\text{Log}_{10}(N+1)$

Anexo 18: Análisis de variancia sobre los datos de Población de J2 en 2000 cc de suelo, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	primera	Tratamiento	4	30.0888175	7.52220438	126.79	<.0001	**	10.28938
		Error	15	0.88993425	0.05932895				
		Total	19	30.9787518					
	segunda	Tratamiento	4	37.3157613	9.32894033	89.41	<.0001	**	11.92662
		Error	15	1.5651355	0.10434237				
		Total	19	38.8808968					
	tercera	Tratamiento	4	21.7709632	5.4427408	162.18	<.0001	**	8.902785
		Error	15	0.503393	0.03355953				
		Total	19	22.2743562					
PICHANAQUI	primera	Tratamiento	4	34.5675053	8.64187633	24.95	<.0001	**	24.96667
		Error	15	5.1961175	0.34640783				
		Total	19	39.7636228					
	segunda	Tratamiento	4	33.8893912	8.4723478	109.43	<.0001	**	10.70308
		Error	15	1.161329	0.07742193				
		Total	19	35.0507202					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Los valores de la evaluación, han sido transformados con $\text{Log}_{10}(N+1)$

Anexo 19: Análisis de variancia sobre los datos de Población de J2 en 100 cc de suelo, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	10.9045377	2.72613442	50.1	<.0001	**	17.43497
		Error	15	0.81623125	0.05441542				
		Total	19	11.720769					
	Segunda	Tratamiento	4	14.5865648	3.6466412	36.36	<.0001	**	18.94047
		Error	15	1.504517	0.10030113				
		Total	19	16.0910818					
	Tercera	Tratamiento	4	0.9222843	1.48057108	48.2	<.0001	**	16.90693
		Error	15	0.4607265	0.0307151				
		Total	19	6.3830108					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	13.8512875	3.46282188	32.24	<.0001	**	23.60065
		Error	15	1.61134025	0.10742268				
		Total	19	15.4626278					
	Segunda	Tratamiento	4	12.3161915	3.07904788	40.95	<.0001	**	17.53793
		Error	15	1.1278295	0.07518863				
		Total	19	13.444021					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Los valores de la evaluación, han sido transformados con $\text{Log}_{10}(N+1)$

Anexo 20: Análisis de variancia sobre los datos de Población Total de nemátodos, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	43.26556	10.81639	520.06	<.0001	**	5.21533
		Error	15	0.31197775	0.02079852				
		Total	19	43.5775378					
	Segunda	Tratamiento	4	60.5278193	15.1319548	959.38	<.0001	**	3.630891
		Error	15	0.2365885	0.01577257				
		Total	19	60.7644078					
	Tercera	Tratamiento	4	43.3037767	10.8259442	199.63	<.0001	**	8.222412
		Error	15	0.8134625	0.05423083				
		Total	19	44.1172392					
PICHANAKI	Primera	Tratamiento	4	57.125063	14.2812658	627.84	<.0001	**	4.576188
		Error	15	0.34119875	0.02274658				
		Total	19	57.4662618					
	Segunda	Tratamiento	4	39.4330425	9.85826063	208.01	<.0001	**	7.765267
		Error	15	0.7108945	0.04739297				
		Total	19	40.143937					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Los valores de la evaluación, han sido transformados con $\text{Log}_{10}(N+1)$

Anexo 21: Análisis de variancia sobre los datos de Tasa Reproductiva de nemátodos, inoculadas en jengibre con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas (65, 100 y 140 ddi) La Molina y (60 y 100 ddi) Pichanaqui.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Primera	Tratamiento	4	8.3725625	2.09314062	17.21	<.0001	**	22.04678
		Error	15	1.8247135	0.12164757				
		Total	19	10.197276					
	Segunda	Tratamiento	4	211.182844	52.7957111	140.63	<.0001	**	15.60213
		Error	15	5.6313703	0.3754247				
		Total	19	216.814215					
	Tercera	Tratamiento	4	63.9654603	15.9913651	40.47	<.0001	**	25.05875
		Error	15	5.9275185	0.3951679				
		Total	19	69.8929788					
PICHANAQUI	Primera	Tratamiento	4	60.1225333	15.0306333	25.29	<.0001	**	26.94017
		Error	15	8.9166285	0.5944419				
		Total	19	69.0391618					
	Segunda	Tratamiento	4	48.3118933	12.0779733	35.81	<.0001	**	27.78026
		Error	15	5.0594775	0.3372985				
		Total	19	53.3713708					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad

Los valores de la evaluación han sido transformados con $\sqrt{(N+1)}$

Anexo 22: Análisis de variancia al Grado de Daño de rizoma de Jengibre (escala elaborada), inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas a los 140 ddi en La Molina.

Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Tercera	Tratamiento	4	78.2	19.55	391	<.0001	**	6.298783
		Error	15	0.75	0.05				
		Total	19	78.95					

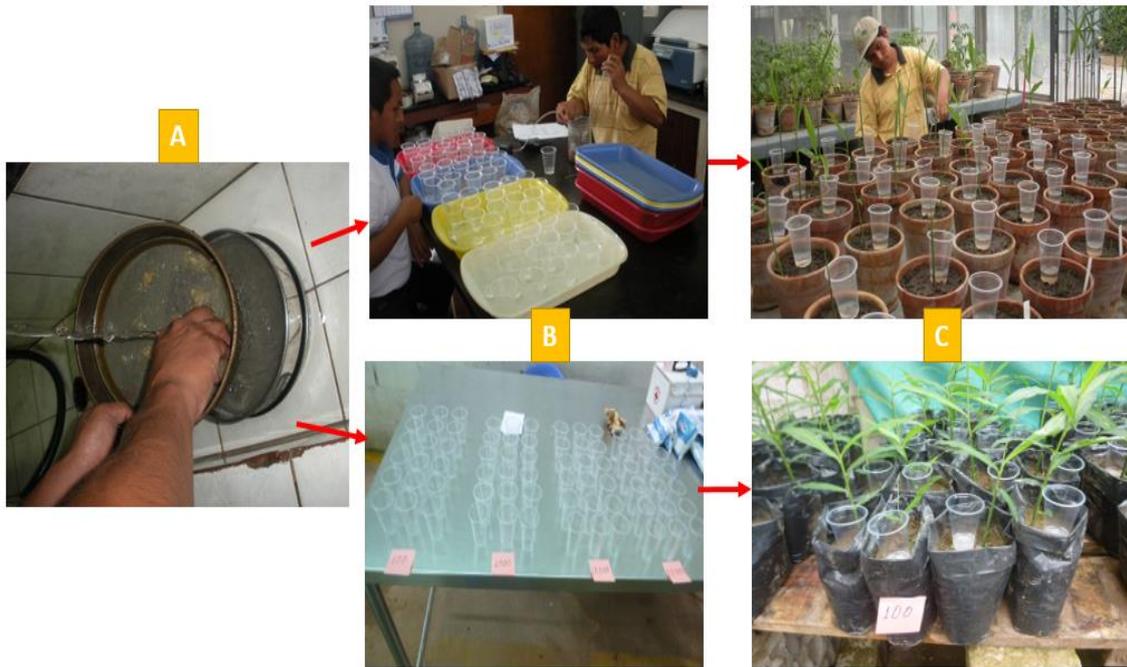
Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad.

Anexo 23: Análisis de variancia al Grado de Daño de rizoma de Jengibre (%) inoculadas con diferentes cantidades poblacionales de *Meloidogyne* spp. Evaluadas a los 140 ddi en La Molina.

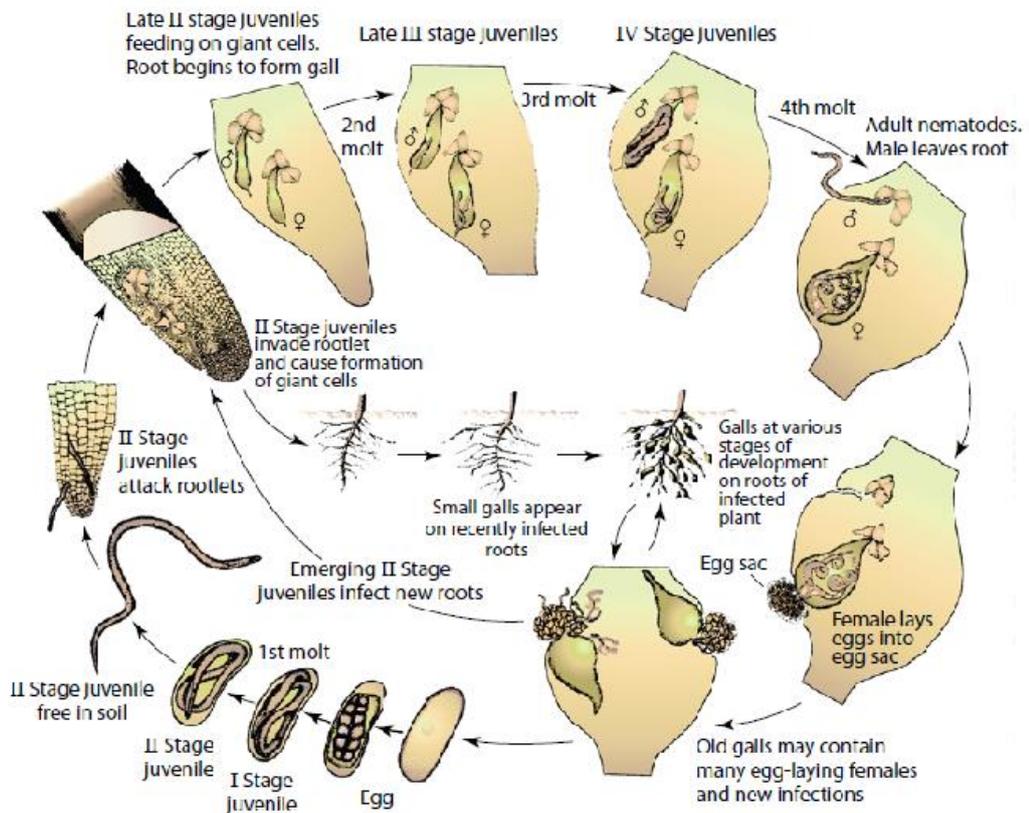
Lugar	N° Eva	F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F-Valor	Pr>F	Significación	C.V.
LA MOLINA	Tercera	Tratamiento	4	28180	7045	125.24	<.0001	**	12.5523
		Error	15	843.75	56.25				
		Total	19	29023.75					

Alpha = 0.05, Pr>F: p-valor, ** Altamente significativos, * Significativo, NS: no significativo, C.V: Coeficiente de variabilidad.

Anexo 24: Inoculación del ensayo de jengibre con *Meloidogyne* spp. en La Molina y Pichanaqui.



Anexo 25: Ciclo biológico del genero *Meloidogyne*.



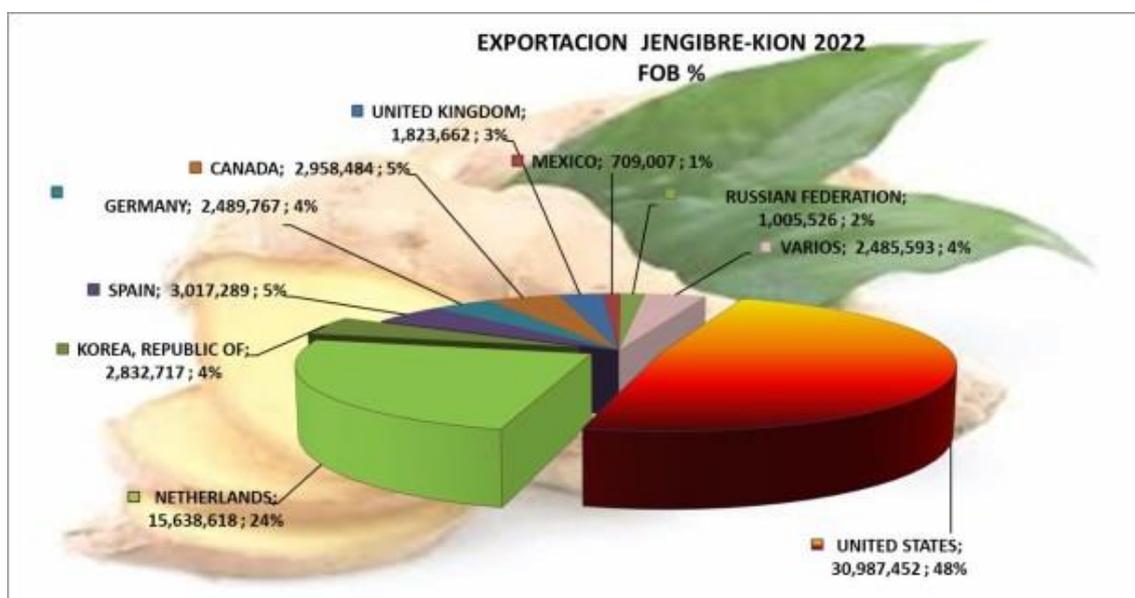
FUENTE: Agrios, (2005).

Anexo 26: Exportaciones de Jengibre Peruano en los dos últimos años (2021 - 2022)

EXPORTACIONES JENGIBRE (KION)			11			12
MES	2,022			2,021		
	FOB	KILOS	PREC. PROM	FOB	KILOS	PREC. PROM
ENERO	6,967,401	5,369,332	1.30	7,684,996	2,870,030	2.68
FEBRERO	8,152,478	6,102,096	1.34	11,748,657	4,196,811	2.80
MARZO	4,710,825	3,565,871	1.32	5,348,803	2,362,508	2.26
ABRIL	2,672,075	2,038,895	1.31	1,944,237	1,212,491	1.60
MAYO	2,507,168	1,986,462	1.26	2,191,852	1,491,583	1.47
JUNIO	3,854,188	3,095,518	1.25	5,573,952	3,645,217	1.53
JULIO	5,984,227	4,867,949	1.23	7,803,172	5,231,597	1.49
AGOSTO	6,266,322	5,115,362	1.23	7,283,717	5,240,059	1.39
SEPTIEMBRE	7,755,841	5,754,802	1.35	7,436,746	5,375,751	1.38
OCTUBRE	7,732,045	7,059,763	1.10	11,621,753	8,662,626	1.34
NOVIEMBRE	7,345,544	6,347,592	1.16	11,624,734	8,435,449	1.38
DICEMBRE				9,090,876	6,781,953	1.34
TOTALES	63,948,114	51,303,642	1.25	89,353,496	55,506,074	1.61
PROMEDIO MES	5,813,465	4,663,967		7,446,125	4,625,506	
% CRECIMIENTO ANUAL	-22%	1%	-23%	-4%	23%	-22%

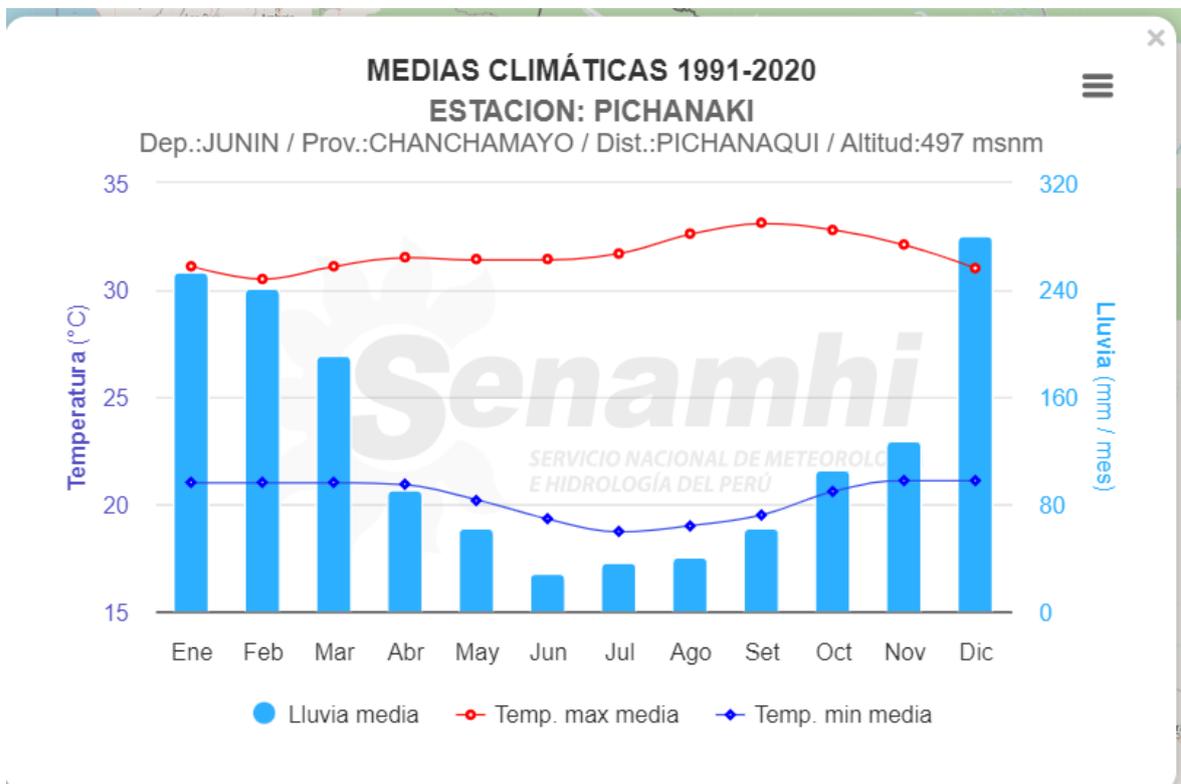
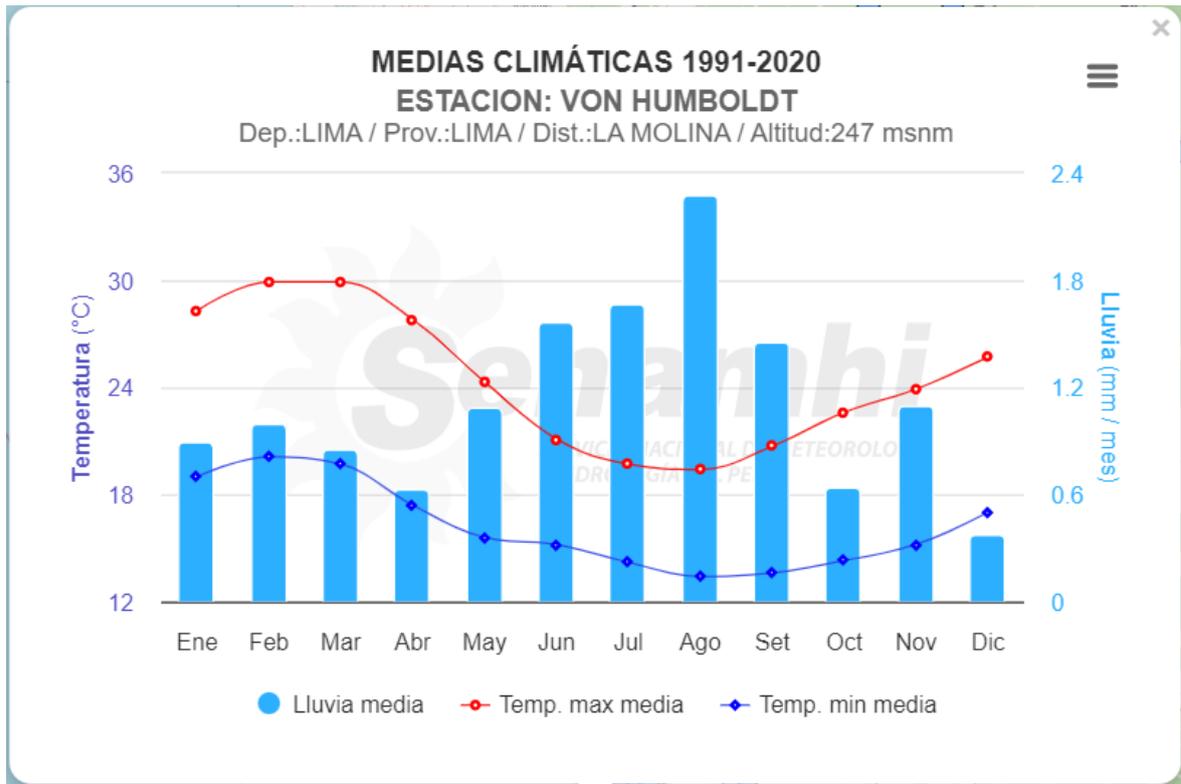
Fuente: Agrodata revisado marzo (2023)

Anexo 27: Principales países de destino del Jengibre Peruano (Año; 2022)



Fuente: Agrodata revisado marzo (2023)

Anexo 28: Medias climáticas de La Molina y Pichanaqui entre los años 1991 - 2020.



Fuente: www.senamhi.gob.pe/?dp=lima&p=normales-estaciones (abril 2023).