

LUIS FORTUNATO MORALES ARANIBAR

**BOLETÍN DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO:**

Interacción ecológica en la proliferación de
nematodos fitoparásitos en *Coffea arabica*
var. Typica



2024



LUIS FORTUNATO MORALES ARANIBAR

**BOLETÍN DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO: Interacción ecológica en
la proliferación de nematodos fitoparásitos
en *Coffea arabica* var. *Typica***



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora y Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba - Perú

Editor Jefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Ejecutivos: Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diseño: El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Dr. Jorge González Aguilera (Brasil), Dr. Leandro Argente Martínez (México), Dra. Suleidi Nápoles Vinent (Cuba) y Dr. Hebert Hernán Soto Gonzales (Perú).

Comité de Publicaciones - Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba

Dr. Luis Enrique Natividad Cerna (Presidente de la Comisión Organizadora)

Dr. Juan Callañaupa Quispe (Vicepresidente de Investigación)

Dr. Juan Francisco Ramírez Veliz (Vicepresidente Académico)

Consejo editorial

Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos

Institución

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB

MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Consejo Científico Técnico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

Catalogación en publicación Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166

A662b

Aranibar, Luis Fortunato Morales

Boletín de investigación y desarrollo: interacción ecológica en la proliferación de nematodos fitoparásitos en *Coffea arabica* var. *Typica* / Luis Fortunato Morales Aranibar. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.
13p.

Reserva en PDF

ISBN 978-65-85756-38-9

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756389>

1. Café. I. Aranibar, Luis Fortunato Morales. II. Título.

CDD 663.9

Índice del catálogo sistemático

I. Café

Todos los derechos reservados.

Reproducción no autorizada de esta publicación, total o parcial, constituye infracción de derechos de autor (Ley N° 28220).



Esta licencia permite a los reutilizadores copiar y distribuir el material en cualquier medio o formato únicamente en forma no adaptada, únicamente con fines no comerciales y siempre que se otorgue el crédito al creador.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

PRESENTACIÓN

Este boletín es el resultado del proyecto de investigación **Innovación Tecnológica de Biofertilización y Biopesticidas en la Recuperación del Cultivo Orgánico de Coffea arabica var. Típica** desarrollado en la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba - Perú, siendo el Dr. Luis Fortunato Morales Aranibar el principal investigadora y Dra. Francisca Elena Yucra Yucra, Dr. Enrique Jotadelo Mamani Mamani, Dra. Marisol Nivia Pilares Estrada, y Mons. Policarpo Quispe Florez, investigadores asociados.

SUMARIO

PRESENTACIÓN	4
RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	0
2. MATERIALES Y MÉTODOS	1
2.1. Área de estudio.....	1
2.2. Condiciones climáticas	1
2.3. Análisis de suelos	1
2.4. Muestreo de suelos y raíces para análisis de nematodos	1
2.5. Análisis de nematodos del suelo y las raíces	1
2.6. Identificación de nematodos fitoparásitos	1
2.7. Análisis estadístico	1
3. RESULTADOS	2
3.1. Caracterización de los Factores Ambientales Físicos y Químicos de las Áreas de Acopio	2
3.2. Identificación de nematodos fitoparásitos	2
3.2. Identificación de nematodos fitoparásitos	2
3.3. Incidencia de Nematodos Fitoparásitos en el Suelo	5
3.4. Incidencia de nematodos fitoparásitos en las raíces.....	5
3.5. Análisis PCA.....	5
3.6. Análisis de correlación de Pearson	6
3.7. Redes de correlación.....	6
4. DISCUSIÓN	9
5. CONCLUSIONES	10
6. REFERENCIAS	11
ÍNDICE	13

RESUMEN

Los nematodos fitoparásitos representan una amenaza significativa para la producción de café en Perú, especialmente para la variedad *Coffea arabica* L. var. *Typica* en Quillabamba, Cusco. Este estudio investigó las interacciones ecológicas que favorecen la proliferación de estos parásitos, evaluando su densidad en suelos y raíces mediante técnicas como el método del canal de Baermann modificado y análisis taxonómicos. Además, se analizaron parámetros físico-químicos del suelo y se aplicaron técnicas de análisis multivariado como el análisis de componentes principales (PCA) y correlaciones de Pearson para explorar las relaciones entre la densidad de nematodos y variables ambientales como la textura del suelo, materia orgánica, pH, altitud, temperatura y humedad. Los resultados revelaron una predominancia del género *Meloidogyne*, con una correlación negativa entre la altitud y la densidad de nematodos, y una correlación positiva entre el pH del suelo y la materia orgánica. Estos hallazgos subrayan la complejidad de los factores que afectan la densidad de nematodos y proporcionan información valiosa para el desarrollo de estrategias de manejo sostenible en la producción de café.

PALABRAS CLAVE:

interacciones biológicas; relaciones ecológicas; factores ambientales; diversidad biológica; análisis multivariado

1. INTRODUCCIÓN

La producción de café (*Coffea arabica* L.) es fundamental en muchos países tropicales, con Brasil liderando la producción mundial en 2021, seguido de cerca por Vietnam e Indonesia, entre otros (Morales-Aranibar et al., 2023a; FAO, 2023). En Perú, la variedad *Typica* es conocida por su alta calidad, aunque enfrenta desafíos significativos debido a plagas como la roya (*Hemileia vastatrix*) y nematodos que causan pérdidas considerables, especialmente en pequeñas parcelas debido a la baja inversión y falta de manejo adecuado (Guevara-Sánchez et al., 2019; MINAGRI, 2015; Mestanza et al., 2015; Garambel-Acurio et al., 2022).

Los nematodos son particularmente problemáticos, afectando las raíces del café y reduciendo la producción de granos. Factores como la composición del suelo, humedad, temperatura y densidad poblacional de nematodos influyen en su desarrollo y proliferación (Coyne et al., 2008; Castillo et al., 2017). Estudios han mostrado que los nematodos pueden prosperar en suelos ácidos y pobres en nutrientes y son sensibles a las variaciones en la humedad y temperatura, adaptando su metabolismo a estas condiciones (Decraemer y Hunt, 2006; Castillo et al., 2017; Sikora y Fernandez, 2005). Conocer estos factores ecológicos es vital para desarrollar estrategias efectivas de manejo integrado y controlar la proliferación de nematodos, minimizando así su impacto en la producción de café. Este estudio busca examinar las interacciones ecológicas que afectan la proliferación de nematodos fitoparásitos en el cultivo de *Coffea arabica* var. *Typica* en Quillabamba, Cusco, Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en ocho zonas productoras de *Coffea arabica* var. *Typica* en Quillabamba, Cusco, Perú, utilizando un GPS para georreferenciar cada sitio de muestreo.

2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Se tomaron mediciones in situ de humedad, temperatura y altitud con termohigrómetros y GPS para caracterizar el ambiente de cada zona.

2.3. ANÁLISIS DE SUELOS

Se determinaron la textura, el contenido de materia orgánica (% MO) y el pH del suelo en cada zona, usando métodos estandarizados como el del hidrómetro y el potenciómetro.

2.4. MUESTREO DE SUELOS Y RAÍCES PARA ANÁLISIS DE NEMATODOS

Se recolectaron muestras de suelo y raíces en zigzag a 15 cm de profundidad. Cada muestra fue homogeneizada y preparada para análisis posterior.

2.5. ANÁLISIS DE NEMATODOS DEL SUELO Y LAS RAÍCES

Se empleó el método de bandeja de Baermann modificado para extraer nematodos, que luego se analizaron en cajas de Petri.

2.6. IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS

Se identificaron los nematodos utilizando claves taxonómicas estándar, centrando en géneros y especies clave como *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp.

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) y correlación de Pearson usando el software Rbio para relacionar la proliferación de nematodos con variables ambientales.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LAS ÁREAS DE ACOPIO

Se analizaron los suelos de ocho localidades, mostrando variaciones en altitud, temperatura, humedad, textura del suelo y pH. Las características más notables incluyen altitudes que varían de 1400 msnm en Aguilayoc a 1866 msnm en Alto Huayanay 01, y un rango de pH cercano a 5, indicando suelos ácidos. Los resultados de estos análisis se resumen en el Tabla 2, destacando las diferencias físicas y químicas que pueden influir en la proliferación de nematodos.

Tabla 2. Análisis físico y químico del suelo en las diferentes zonas de muestreo.

Zona	Altitud (msnm)	T° (°C)	Humedad (%)	Textura de la tierra	pH (KCl)	MOS (%)
Quebrada Honda	1755	23.4	67	franco arenoso	5.15	4.12
Alto Huayanay 01	1866	21.3	84.6	franco arenoso	5.47	7.53
Estacada	1676	25.8	80.9	Franco arcilloso arenoso	5.32	4.89
Centro Huayanay 01	1579	28.1	84.6	Franco arcilloso arenoso	5.18	3.22
Huayanay	1515	27.4	78.5	Franco arcilloso arenoso	5.5	3.35
Alto Huayanay 02	1632	22.5	82.7	franco arenoso	5.51	6.81
Aguilayoc	1400	24.2	85.4	Franco arcilloso arenoso	5.42	6.11
Centro Huayanay 02	1642	28.3	84.4	franco arenoso	5.22	3.33

*T: Temperatura promedio por zona de muestreo, MOS: materia orgánica.

3.2. IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS

Se identificaron tres géneros principales de nematodos fitoparásitos: *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., y *Meloidogyne* spp., cada uno con características distintivas descritas en las Figuras 1 y 2. *Meloidogyne exigua* mostró patrones perineales distintivos, mientras que *Pratylenchus coffeae* se destacó por la estructura de su espermateca y estilete.

3.2. IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS

Se identificaron tres géneros principales de nematodos fitoparásitos: *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., y *Meloidogyne* spp., cada uno con características distintivas descritas en las Figuras 1 y 2. *Meloidogyne*

exigua mostró patrones perineales distintivos, mientras que *Pratylenchus coffeae* se destacó por la estructura de su espermateca y estilete.

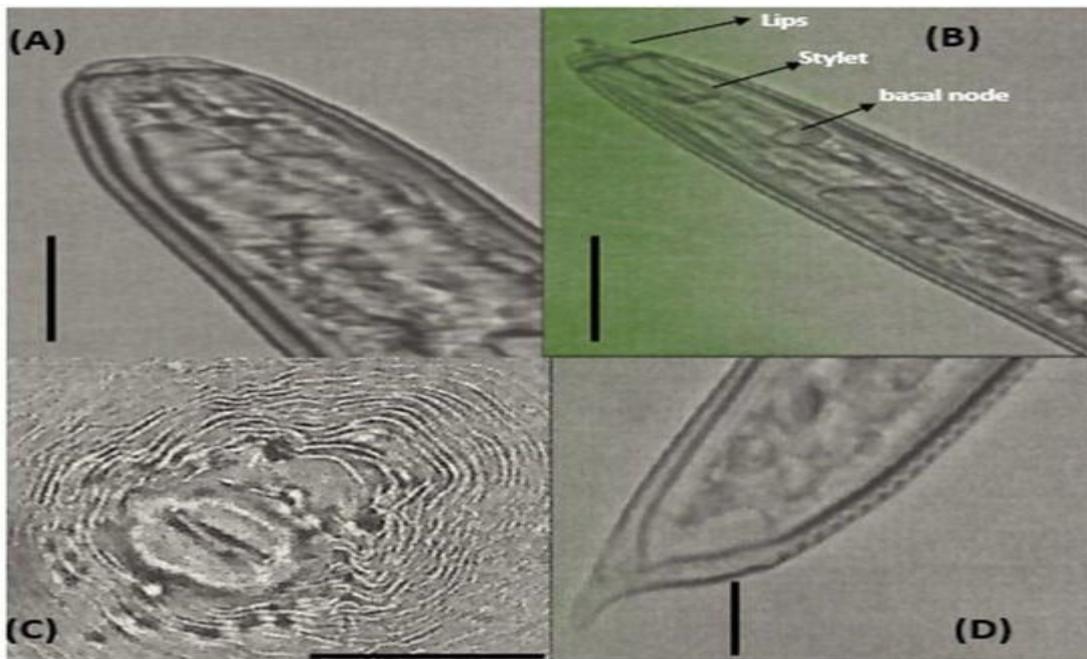


Figura 1. Caracterización morfológica de *Meloidogyne exigua* (A) región anterior de un macho, (B) región anterior de un juvenil de segundo estadio, resaltando el estilete y la boca, (C) patrón perineal de las hembras y (D) región posterior de juveniles de tercer estadio (barra = 20 μ m).

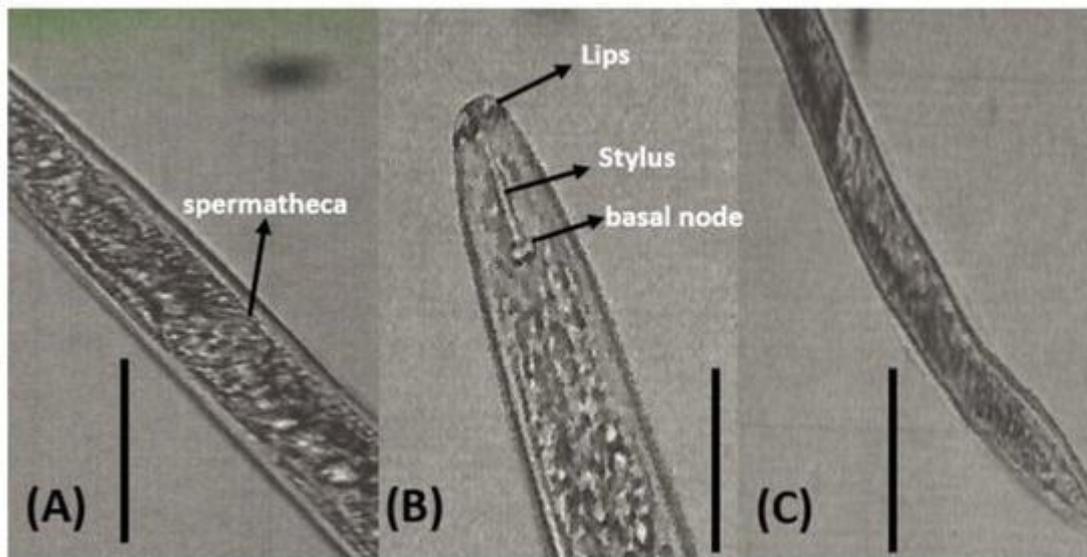


Figura 2. Caracterización morfológica de *Pratylenchus coffeae* : (A) espermateca, destacando su estructura y ubicación dentro del nematodo hembra; (B) región anterior de la hembra, destacando el estilete y la boca; (C) región posterior de la cola femenina (barra = 20 μ m).

Cuadro 4. Población de nematodos por género, identificados en 1 g de raíz según las áreas de estudio.

Género	Huayanay alto 1		Huayanay alto 2		Huayanay Centro 1		Huayanay Centro 2		Huayanay		Quebrada honda	Aguilayoc		Empalizada		
	Promedio	%	Promedio	%	Promedio	%	Promedio	%	Promedio	%	Promedio	%	Promedio	%	Promedio	%
<i>Pratylenchus spp</i>	24	34.3	14	5.9	-	-	20	15.6	-	-	-	-	2	0.9	8	3.9
<i>Rhabditidae spp</i>	34	48.6	36	15.3	12	13.1	38	29.6	22	5.6	-	-	-	-	26	12.9
<i>Meloidogyne spp</i>	12	17.1	186	78.8	80	86.9	70	54.8	368	94.4	96	96	230	99.1	168	83.2
<i>Helicotylenchus spp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-
TOTAL	70	100	236	100	92	100	128	100	390	100	100	100	232	100	202	100

3.3. INCIDENCIA DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL SUELO

Los nematodos *Meloidogyne spp.* resultaron ser los más prevalentes en todas las zonas, con una incidencia particularmente alta en Aguilayoc. Otros géneros como *Dorylaimidae spp.* y *Trichodoridae spp.* también fueron observados, indicando una diversidad nematológica considerable que afecta el cultivo del café.

3.4. INCIDENCIA DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN LAS RAÍCES

Similar a los resultados del suelo, *Meloidogyne spp.* dominó en las raíces en todas las localidades muestreadas. La densidad y prevalencia de estos nematodos en las raíces sugieren un impacto significativo en la salud de las plantas, como se resume en el Cuadro 4.

3.5. ANÁLISIS PCA

El análisis de componentes principales (PCA) reveló que el 63.7% de la variabilidad en los datos se explica por las diferencias ecofisiológicas entre las localidades muestreadas. Este análisis enfatizó la influencia de factores ambientales en la distribución de nematodos fitoparásitos, como se ilustra en la Figura 4.

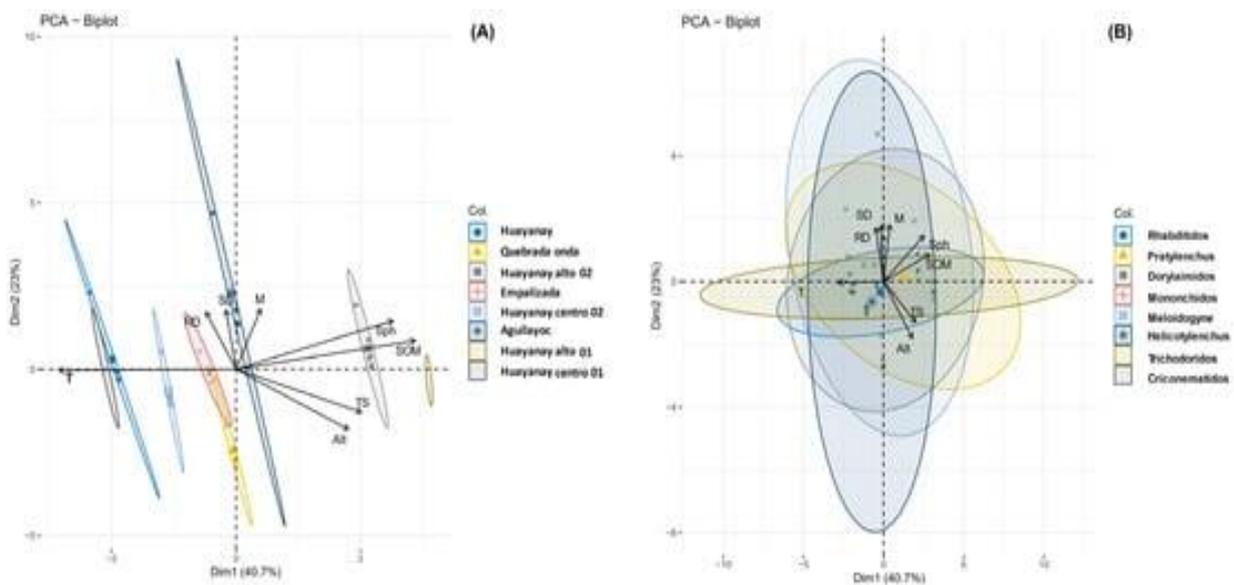


Figura 4. Representación gráfica del resultado de un análisis de componentes principales obtenido al comparar regiones geográficas (A) y géneros y categorías de nematodos fitoparásitos (B) al considerar valores de ocho variables para el cultivo de café. Variables evaluadas: Altitud sobre el nivel del mar (Alt), densidad de nematodos fitoparásitos en el suelo (SD), densidad de nematodos fitoparásitos en la raíz (RD), textura del suelo (TS), pH del suelo (Sph), materia orgánica del suelo (MOS), temperatura de zona (T) y humedad de zona (M).

3.6. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Los análisis mostraron correlaciones significativas entre la altitud, el pH y la materia orgánica del suelo con la presencia y densidad de nematodos. Estos factores críticos ayudan a comprender mejor las condiciones propicias para la proliferación de nematodos en diferentes entornos Figura 5.

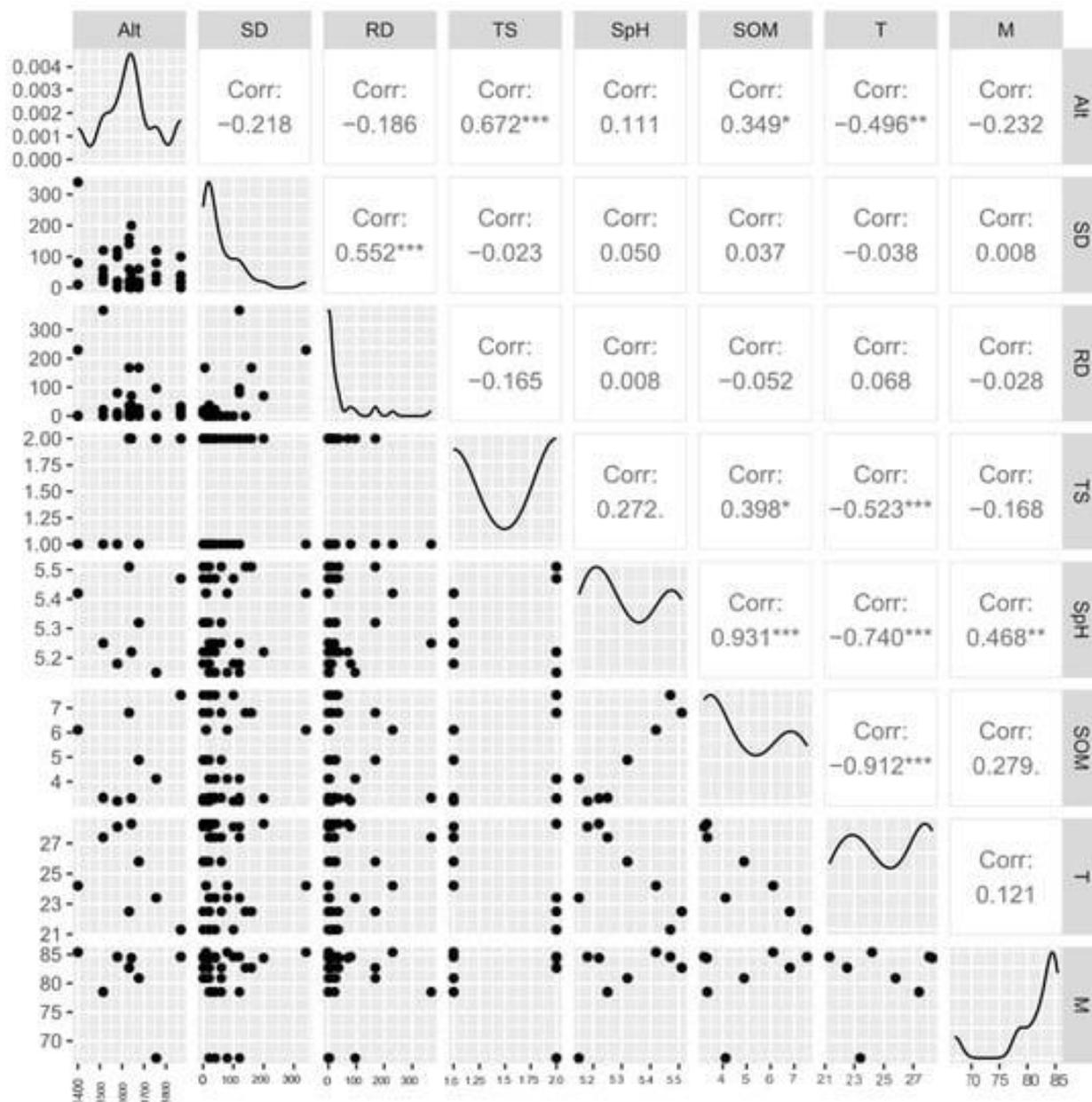


Figura 5. Correlación de Pearson y diagrama de dispersión obtenidos al comparar ocho características evaluadas en café var. *Typica*: altitud sobre el nivel del mar (Alt), densidad de nematodos fitoparásitos en el suelo (SD), densidad de nematodos fitoparásitos en la raíz (RD), textura del suelo (TS), pH del suelo (SpH), materia orgánica del suelo (MOS), temperatura de la zona (T) y humedad de la zona (M). Los valores de correlación con los símbolos *, ** y *** representan diferencias significativas al 0,5, 0,1 y 0,01%, respectivamente.

3.7. REDES DE CORRELACIÓN

Las redes de correlación establecidas indicaron patrones específicos de interacción entre nematodos y variables ambientales para cada género identificado, resaltando las complejas relaciones ecológicas que afectan su distribución y patogenicidad.

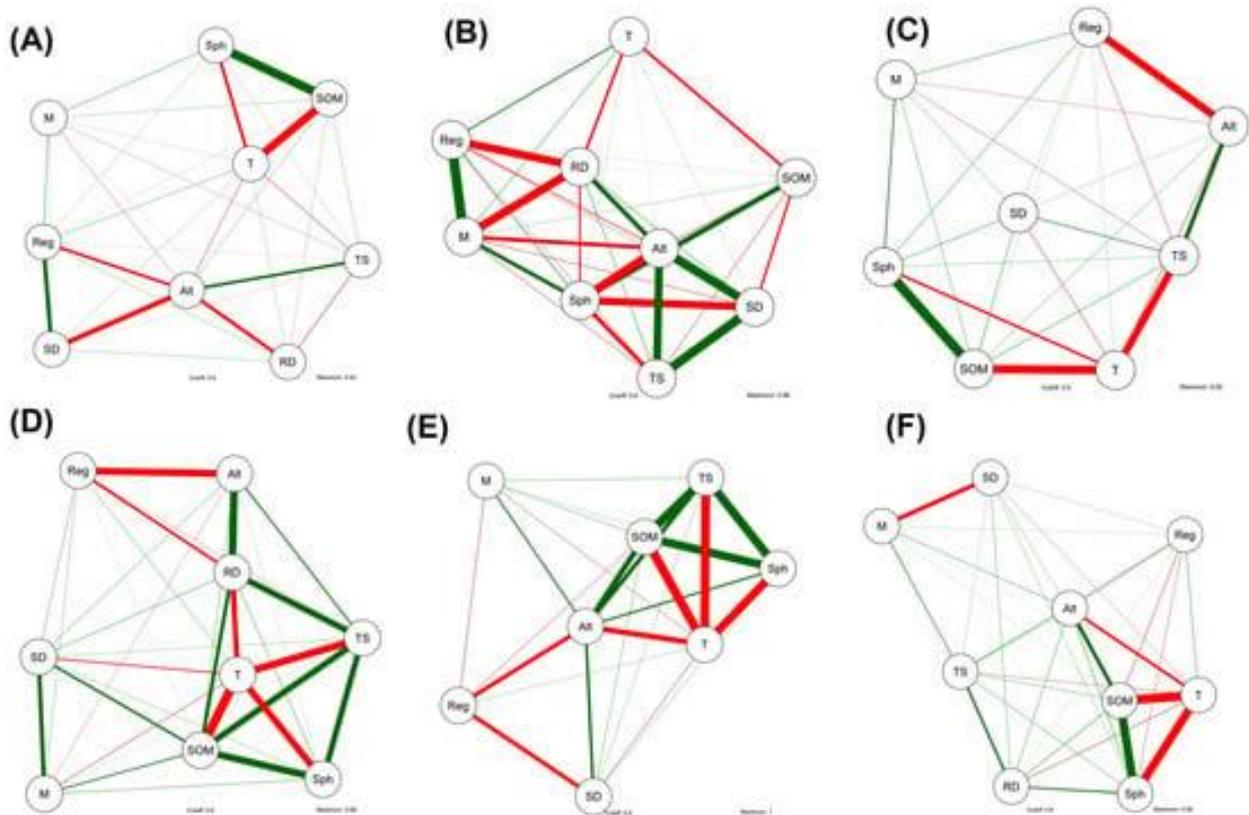


Figura 6. Red de correlación obtenida al establecer correcciones de Pearson: región (Reg), altitud sobre el nivel del mar (Alt), densidad de nematodos fitoparásitos en suelo (SD), densidad de nematodos fitoparásitos en raíces (RD), textura del suelo (TS), pH del suelo (Sph), materia orgánica del suelo (MOS), temperatura de la zona (T) y humedad de la zona (M). Las diferentes redes obtenidas están en relación a los géneros y categorías de nematodos fitoparásitos: (A) *Meloidogyne*, (B) *Helicotylenchus*, (C) *Dorylaimidos*, (D) *Pratylenchus*, (E) *Trichodoridos* y (F) *Rhabditidos*. El grosor de la línea entre más grueso, más cercano a un valor de correlación de 1 o -1, dependiendo del color. Las líneas roja y verde representan correlaciones negativas y positivas, respectivamente.

Para la categoría *Dorylaimidos spp.*, el estudio permitió identificar individuos en siete zonas, las cuales mostraron correlaciones positivas altas ($p > 0.6$) cuando solo se consideró la combinación de las variables Alt y TS, y Sph y SOM (**Figura 6C**). Se obtuvieron correlaciones negativas ($R > 0.6$) y significativas para esta categoría al combinar: Alt y Reg; T y TS; y T y SOM. Para el género *Pratylenchus spp.*, el estudio permitió identificar cuatro zonas, las cuales mostraron correlaciones positivas altas ($R > 0,6$) al considerar la combinación de las variables: Alt y RD; RD y TS; TS y MOS; TS y MOS; TS y Sph; Sph y SOM; SD y SOM; y SD y M (**Figura 6D**). Se obtuvieron correlaciones negativas ($R > 0,6$) y significativas para este género al combinar: T y RD; T y TS, T y Sph; T y MOS; y Reg y Alt (**Figura 6D**). Para la categoría *Trichodoridos spp.*, el estudio permitió identificar cuatro zonas, que mostraron correlaciones positivas altas ($R > 0,6$) al considerar la combinación de las variables: TS y

Sph; TS y MOS; TS y Alt; y SOM y Sph (**Figura 6E**). Se obtuvieron correlaciones negativas ($R > 0,6$) y significativas para este género al combinar: TS y T; T y SOM, T y Sph; T y Alt; Reg y Alt; y Reg y SD (**Figura 6E**). Para la categoría *Rhabditidos* spp., el estudio permitió identificar siete zonas, las cuales mostraron correlaciones positivas altas ($R > 0,6$) al considerar la combinación de las variables: MOS y Sph; y Alt y SOM (**Figura 6F**). Se obtuvieron correlaciones negativas ($R > 0,6$) y significativas para esta categoría al combinar T y Sph; T y SOM, T y Alt; y M y SD (**Figura 6F**). Estos resultados muestran que para cada uno de los géneros y categorías descritos se obtuvo un patrón de interacción diferente, lo que determina su distribución y patogenicidad en los sitios evaluados.

4. DISCUSIÓN

El rendimiento del café en Quillabamba ha sufrido debido a la susceptibilidad de *Coffea arabica* var. *Typica* a plagas y enfermedades, lo que ha motivado la realización de esta investigación. Los resultados destacan una alta incidencia de nematodos fitoparásitos, particularmente de los géneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, y *Pratylenchus*, que son prevalentes en las plantaciones de café en todo el mundo debido a su adaptabilidad a diversos entornos agrícolas (Vieira et al., 2015; Pereira et al., 2019).

La variedad *Meloidogyne*, en particular, se encontró en la mayoría de los sitios muestreados, indicando su presencia significativa y persistente, que a menudo se manifiesta solo cuando las plantas ya están gravemente afectadas (Machado et al., 2023). Esta dificultad para detectar y manejar los nematodos a tiempo es un desafío para los agricultores, que a menudo no tienen los medios para identificar estos patógenos a simple vista (Bustillo, 2003; Garambel-Acurio et al., 2022).

El estudio también reveló la presencia del grupo *Dorylaimidae* spp., conocido por su potencial como control biológico contra nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* spp. (Molina-Bravo et al., 2019; Gutiérrez-Gutiérrez et al., 2019). La correlación entre factores ecológicos y la proliferación de nematodos sugiere que prácticas de manejo agrícola como la rotación de cultivos y la aplicación de productos biológicos podrían influir en la distribución y abundancia de estos nematodos (Rondanelli et al., 2020).

Las evaluaciones realizadas destacaron cómo los factores ambientales, como la textura del suelo, la humedad y la temperatura, juegan un rol crucial en la incidencia y distribución de nematodos. Estos factores pueden favorecer o inhibir la presencia de nematodos, lo que tiene implicaciones directas para las estrategias de manejo y control en las plantaciones de café (Castillo y Vovlas, 2017; Morales-Aranibar et al., 2023a).

Finalmente, los resultados subrayan la necesidad de enfoques de manejo integrado para mitigar el impacto de los nematodos en la producción de café. Se recomienda la implementación de prácticas que ajusten la composición del suelo y mejoren las condiciones de cultivo, lo cual podría reducir significativamente la presencia y el impacto de nematodos fitoparásitos, garantizando así una producción más sostenible y económicamente viable (Decraemer y Hunt, 2006).

5. CONCLUSIONES

El estudio en ocho zonas de cultivo de *Coffea arabica* var. *Typica* reveló tres géneros principales de nematodos fitoparásitos, con *Meloidogyne* spp. como el más común en suelo y raíces. Factores como materia orgánica, textura del suelo, humedad, temperatura y altitud afectan significativamente la densidad de nematodos, lo que es crucial para el manejo eficaz del café. Este conocimiento es vital para diseñar estrategias de control efectivas y sostenibles, aunque se requieren más investigaciones para optimizar las prácticas agrícolas y mitigar el impacto de los nematodos en la producción de café.

6. REFERENCIAS

- Bustillo, A. E. (2003). *Nematodos y Enfermedades del Café*. ICAFE: San José, Costa Rica.
- Castillo, P., & Vovlas, N. (2017). Manejo de nematodos fitoparásitos en café: el papel de la ingeniería del microbioma. *Plant Soil*, 410, 401–418.
- Coyne, P., Nicol, J., & Claudius-Cole, B. (2008). *Nematología práctica de plantas: guía de campo y de laboratorio*. Secretaría. Instituto Internacional de Agricultura Tropical: Cotonú, Benín.
- Decraemer, W., & Hunt, D. J. (2006). Estructura y clasificación. En Perry, R. N., & Moens, M. (Eds.), *Plant Nematology* (pp. 3–32). CABI: Wallingford, Reino Unido.
- FAO. (2023). *Países por producto básico*. Recuperado el 21 de febrero de 2021, de <https://www.fao.org/faostat>
- Garambel-Acurio, S. I., Lima-Medina, I., Loza-Del Carpio, A., & Checahuari Jarata, S. E. (2022). Incidencia de nematodos asociados a las principales zonas productoras de café de la región Puno, Perú. *Bioagro*, 34, 85–96.
- Guevara-Sánchez, M., Bernales del Águila, C. I., Saavedra-Ramírez, J., & Owaki-López, J. J. (2019). Efecto de la altitud sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L.): Comparación entre secado mecánico y tradicional. *Ciencia. Agropecu.*, 10, 505–510.
- Gutiérrez-Gutiérrez, C., Escuer, M., & Verdejo-Lucas, S. (2019). Una revisión de Dorylaimida (Nematoda) de España con descripción de seis nuevas especies. *Zootaxa*, 4729, 1–42.
- Machado, A. C. Z., Kumar, R., & dos Reis Fatobene, B. J. (2023). Problemas de nematodos en el café y su manejo sustentable. En *Nematode Diseases of Crops and Their Sustainable Management* (pp. 641–651). Academic Press: Cambridge, MA, EE. UU.
- Mestanza, O. Q., Oliva, M. L., & Obando, J. J. (2015). *Hemileia vastatrix* en cafetos de las provincias de Leoncio Prado y Huánuco en la región Huánuco. *Perú Café Cacao Res. J.*, 3, 44–50.
- MINAGRI. (2015). *Síntesis Agroeconómica del Café*. Dirección General de Políticas Agrarias: Lima, Perú.
- Molina-Bravo, R., Hernández-Uribe, J. P., & del Prado-Martínez, A. M. (2019). Respuesta de *Coffea arabica* L. cv. Colombia a *Meloidogyne incognita* inoculación en condiciones de sombra y pleno sol. *Ciencia. E Investigación. Agrar.*, 46, 219–227.
- Morales-Aranibar, L., Yucra, F. E. Y., Estrada, N. M. P., Flores, P. Q., Zevallos, R. N. M., Zegarra, J. C. L., Trujillo, U. P., Aranibar, C. G. M., Gonzales, H. H. S., & Aguilera, J. G. (2023). Producción de nuevos biopesticidas a partir de *Cymbopogon citratus* para el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en condiciones de laboratorio y campo. *Plants*, 12, 1166.
- Pereira, A. A. A., Paiva, P. E. B., & Santos, C. M. (2019). *Meloidogyne* spp. en *Coffea arabica* L. cv. Red Catuaí IAC 144 en el estado de Paraná, Brasil. *Tropo. Patol de plantas.*, 44, 331–333.

- Rondanelli, G. M., Longa, C. M. O., Chitarra, W. S., & Rodrigues, F. A. (2020). Biomasa microbiana del suelo y actividad enzimática asociada a plantas de café con diferente resistencia a los nematodos. *Sci. Agric.*, 77, e20180031.
- Sikora, R. A., & Fernandez, E. (2005). *Nematodos parásitos del café*. En *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (pp. 459–485). CABI: Wallingford, Reino Unido.
- Vieira, A. R., Coelho, L. H., Costa, L. M., de Oliveira, A. F., & Campos, V. P. (2015). Presencia y densidad poblacional de nematodos agalladores en campos de café en Brasil. *Australas. Plant Pathol.*, 44, 257–264.

C

café, 7, 0, 4, 6, 7, 10, 11, 15
Coffea arabica, 7, 0, 1, 10, 11, 15
correlación, 7, 1, 6, 7, 8, 10
Cusco, 7, 0, 1, 15

D

diversidad, 7, 4

F

Fitoparásitos, 4

H

Helicotylenchus, 2, 5, 8, 10

I

in vitro, 14

L

localidades, 2, 4, 6

M

materia orgánica, 7, 1, 2, 6, 7, 8, 11

N

Nematodos, 4

P

Perú, 2, 4, 7, 0, 1, 15
Pratylenchus, 1, 2, 3, 5, 8, 10

Q

Quillabamba, 2, 4, 7, 0, 1, 10, 15

S

Suelo, 4

T

Típica, 4
Typica, 7, 0, 1, 7, 10, 11, 15

V

variables, 7, 1, 6, 7, 8

Los nematodos fitoparásitos representan una amenaza significativa para la producción de café en Perú, especialmente para la variedad *Coffea arabica* L. var. *Typica* en Quillabamba, Cusco. Este estudio investigó las interacciones ecológicas que favorecen la proliferación de estos parásitos, evaluando su densidad en suelos y raíces mediante técnicas como el método del canal de Baermann modificado y análisis taxonómicos.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br