

# INCIDENCIA DE NEMATODOS ASOCIADOS A LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DE CAFÉ EN LA REGIÓN PUNO, PERÚ

Sthewart I. Garambel-Acurio<sup>1</sup>, Israel Lima-Medina<sup>2</sup>,  
Alfredo Loza-Del Carpio<sup>1</sup> y Shadam E. Checahuari Jarata<sup>1</sup>

## RESUMEN

El ámbito amazónico de la región Puno es una de las principales zonas productoras de café en el Perú, altamente susceptibles a nematodos fitoparásitos que pueden afectar la producción y propiciar el ingreso de otras plagas y enfermedades. Por ello se plantea como objetivos reseñar géneros de nematodos parásitos y de vida libre que se asocian al cultivo de café, identificar la especie del género *Meloidogyne* y evaluar incidencias poblacionales de nematodos asociados al cultivo según la altitud del lugar en las principales zonas productoras de la región, en los distritos de San Juan del Oro, San Pedro de Putina Punco y San Gabán. Se evaluaron 129 muestras de 11 campos de cultivo, entre altitudes de 800 y 1416 msnm, que fueron procesadas por el método de fluctuación centrífuga en solución de sacarosa. Se identificaron los siguientes ocho géneros de nematodos fitoparásitos: *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Mesocriconema* spp., *Dorylaimus* spp., *Tylenchus* spp., *Hemicycliophora* spp., así como nematodos de vida libre, entre ellos el género *Mononchus* spp. Por medio de la prueba de electroforesis de isoenzima se identificó a *Meloidogyne exigua*. No se encontró diferencia de incidencia entre el género *Meloidogyne* spp. y nematodos de vida libre. Los géneros *Helicotylenchus* y *Mesocriconema* disminuyeron sus poblaciones a mayor altitud.

**Palabras clave adicionales:** Electroforesis, fitoparásitos, *Meloidogyne*

## ABSTRACT

### Incidence of nematodes associated with the main coffee producing areas in the Puno region, Peru

The Amazon area of the Puno region is one of the main coffee producing areas in Peru, highly susceptible to phytoparasitic nematodes that can affect production and promote the entry of other pests and diseases. In this way, the objectives are to identify nematodes associated with coffee cultivation, identify species of the genus *Meloidogyne*, and evaluate the population incidences of nematodes according to the altitude of the farm in the main producing areas of the Puno-Peru region. A total of 129 samples from 11 crop fields in the districts of San Juan del Oro, San Pedro de Putina Punco and San Gabán were evaluated, at altitudes of 800 to 1416 meters above sea level. The samples were processed by the centrifugal fluctuation method in sucrose solution. The following eight genera of parasitic nematodes were identified: *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Mesocriconema* spp., *Dorylaimus* spp., *Tylenchus* spp., *Hemicycliophora* spp., as well as free-living nematodes, like the genus *Mononchus* spp. By isoenzyme analysis (esterase), *Meloidogyne exigua* was identified. No difference was found between the incidence of the genus *Meloidogyne* spp. and free-living nematodes. On the other hand, the genera *Helicotylenchus* and *Mesocriconema* decreased their population at higher altitudes.

**Additional keywords:** Electrophoresis, *Meloidogyne*, phytoparasites

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del café cuenta con las especies *Coffea arabica* y *C. canephora* (var. Robusta), y en el Perú prevalece la primera (Vergara, 2012). Este cultivo tiene importancia económica y

social debido a que las familias caficultoras dependen de su comercialización para su sustento (Julca et al., 2016) además de ser uno de los principales productos agrarios exportados. La baja producción de café se atribuye a la edad del cultivo (mayor a 15 años), plagas y

Recibido: Febrero 6, 2021

Aceptado: Diciembre 6, 2021

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

e-mail: sthewarsiga@gmail.com (autor de correspondencia); aloza@unap.edu.pe; elvischecahuari@gmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. e-mail: ilima@unap.edu.pe

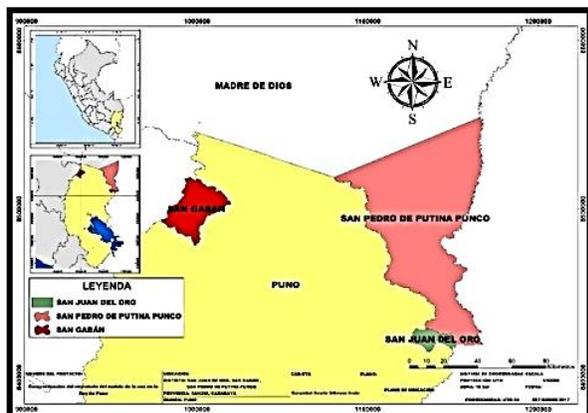
enfermedades (roya amarilla y la broca del café) (MINAGRI, 2015) y nematodos fitoparásitos (Bustillo, 2003). Los problemas que afronta la producción de café es el escaso conocimiento e incorrecta identificación de los nematodos fitoparásitos que provocan un bajo rendimiento y producción del cultivo (Talavera, 2003).

Por las razones anteriores los objetivos de este trabajo fueron los siguientes: a) reseñar géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre que se asocian al cultivo de café, b) identificar en ese grupo a la especie del género *Meloidogyne*, y c) evaluar las incidencias poblacionales de los nematodos. En todos los casos, las asociaciones al cultivo de café se realizaron según altitud en las principales zonas productoras de la región Puno, en Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se llevó a cabo en la región Puno, Perú. Se recolectaron 129 muestras de suelo de los distritos San Juan de Oro (60 muestras), San Pedro de Putina Punco (60 muestras) y San Gabán (9 muestras) (Figura 1).

**Sitios de muestreo.** En San Juan de Oro se tomaron tres zonas de cultivo como Challuma, Yanamayo y San Martín, en San Pedro de Putina Punco se tomaron cinco zonas Chunchumayo, Huaranca, Santa fe, Arco Punko y Tunki Pata y en San Gabán se tomaron tres zonas San Garani, Churumayo y Casahuiri.



**Figura 1.** Ubicación de los distritos evaluados: San Gabán, San Pedro de Putina Punco, San Juan de Oro en el cultivo de café de la región Puno

**Muestreo de suelos.** La colecta de muestras se realizó en forma de zigzag. Se tomaron 500 g de suelo por muestra, colocados en una bolsa rotulada. Las muestras de suelo fueron procesadas por el método de fluctuación centrífuga en solución de sacarosa procesadas en el laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Una vez procesados los nematodos fueron identificados utilizando un microscopio óptico. Para ello se observaron las características morfológicas y morfométricas (longitud de cuerpo y estilete) de 20 individuos (juveniles y adultos según el procedimiento de Hunt y Handoo (2009).

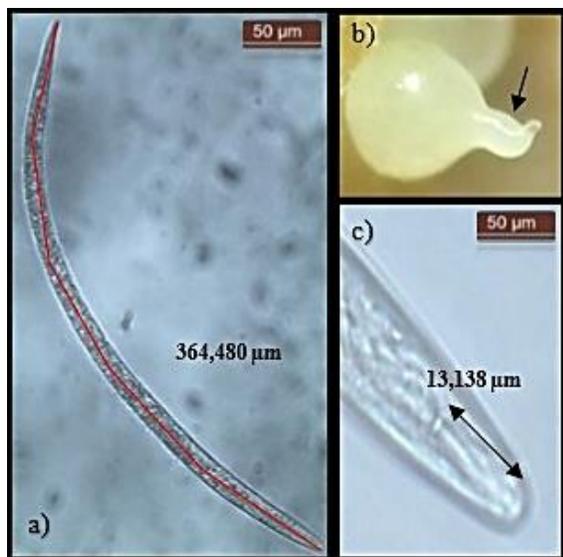
**Muestreo de raíz.** Se tomaron muestras de raíces de todos los distritos evaluados para la identificación del género *Meloidogyne* las cuales se procesaron según el método de Jenkins (1964) y la técnica de licuadora con centrífuga de Coolen y D'Herde (1972). La identificación de especies del género *Meloidogyne* se realizó por análisis electroforético de isoenzimas (Carneiro y Almeida, 2001) y corte perineal (Hartman y Sasser, 1985), estos procesos se realizaron en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

**Incidencia de nematodos por altitud.** Los cálculos realizados en Excel y el programa estadístico Rstudio 4.0.3 permitieron obtener el ANOVA y las pruebas de Tukey para el total de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre para los rangos de altitud. Adicionalmente, se realizó un análisis de regresión para determinar la relación entre el total de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre.

## RESULTADOS

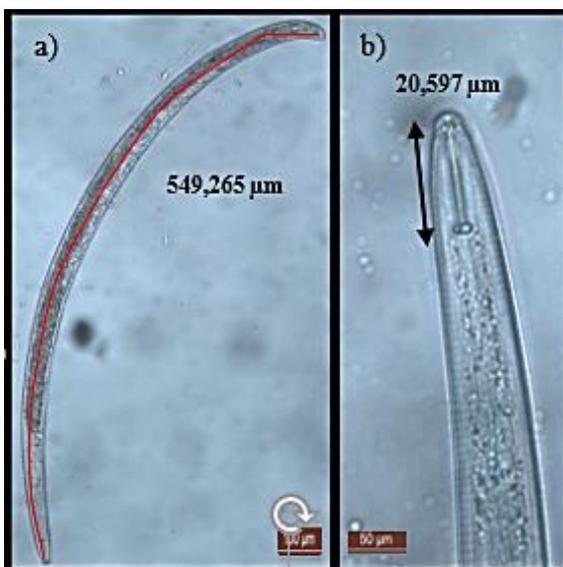
**Identificación de géneros.** Se identificaron ocho géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café en los distritos de San Juan de Oro, San Pedro de Putina Punco y San Gabán de la región Puno.

- Género *Meloidogyne*. Cola de forma conoide, terminación en punta estrecha y redondeada (Figura 2a); longitud de cuerpo de 364,480  $\mu\text{m}$  y estilete de 13,138  $\mu\text{m}$  (Figura 2b). Las hembras extraídas de las raíces presentan forma de pera (piriforme) con un cuello alargado y de coloración blanquecina (Figura 2c).



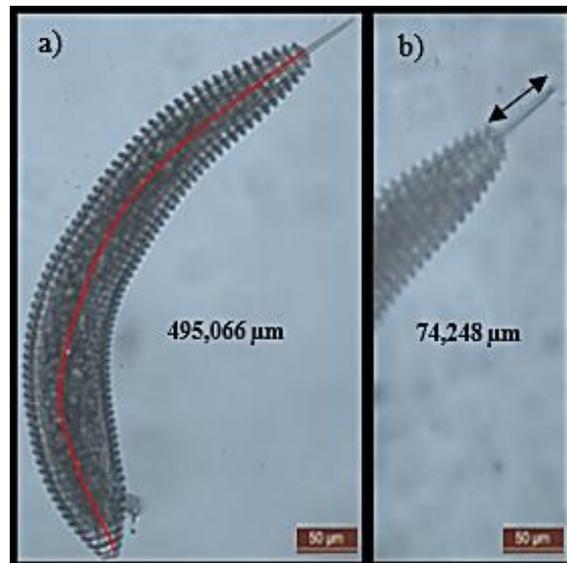
**Figura 2.** Género *Meloidogyne*; a) Longitud de cuerpo. b) Hembra adulta de *M. exigua*, detallando el cuello alargado. c) Longitud del estilete

- Género *Helicotylenchus*. Estructura cefálica desarrollada, la cabeza es alta, cónica y redondeada; presenta una vulva en la parte media del cuerpo (muy notorio), estilete robusto, cola con terminación curvada (Figura 3a); longitud del cuerpo de 549,265 µm (Figura 3a) y de estilete de 20,597 µm (Figura 3b).



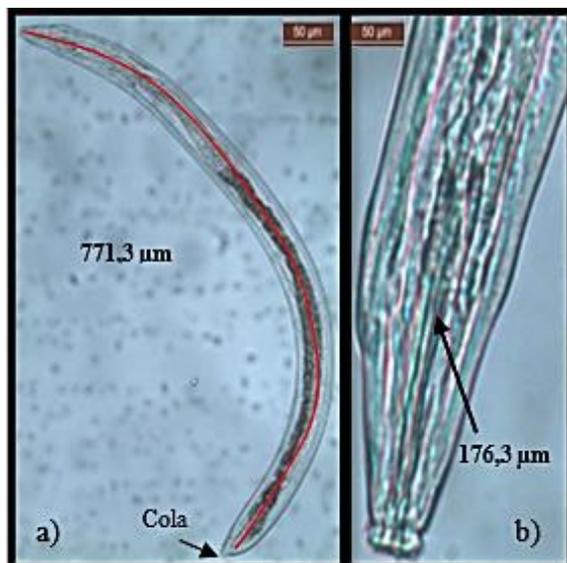
**Figura 3.** Género *Helicotylenchus*; a) Longitud del cuerpo de la hembra, b) Longitud del estilete

- Género *Mesocriconema*, presenta una cutícula gruesa, anillada (altamente definida) y un cuerpo corto con longitud de 495,066 µm (Figura 4a) y longitud de estilete de 74,248 µm (Figura 4b).



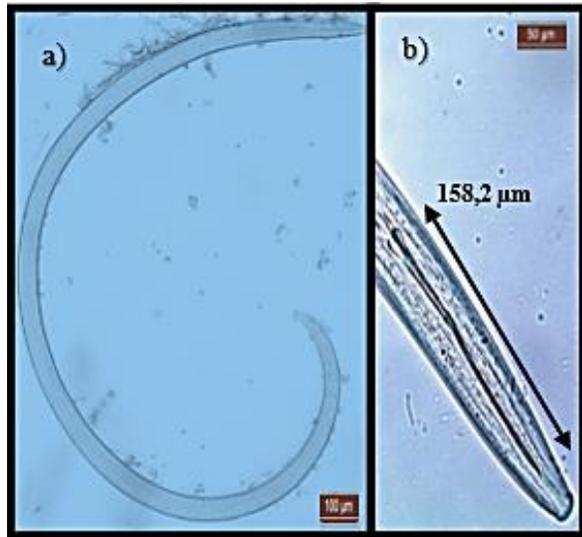
**Figura 4.** Género *Mesocriconema*; a) Longitud de cuerpo; b) Longitud del estilete

- Género *Dorylaimus* tiene una longitud de cuerpo de 771,3 µm (Figura 5a), longitud de estilete de 176,3 µm (presenta odontoestilete) (Figura 5b) y la terminación de la cola es ligeramente curvada.



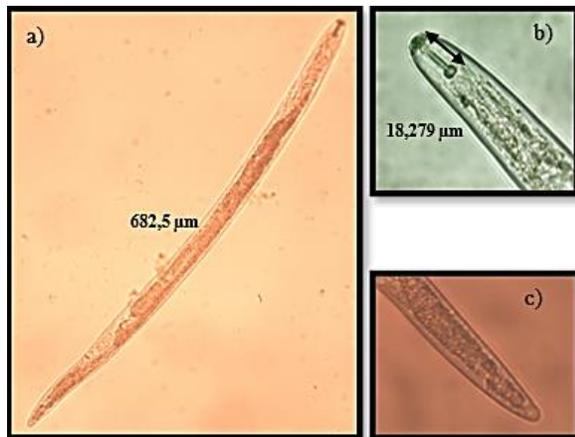
**Figura 5.** Género *Dorylaimus*; a) Longitud de cuerpo; b) Vista del estilete (odontoestilete)

- Género *Xiphinema*, presenta un cuerpo vermiforme muy largo (Figura 6a) y una longitud de estilete de 158,2  $\mu\text{m}$  (Figura 6b).



**Figura 6.** Género *Xiphinema*; a) Longitud de cuerpo; b) Longitud del estilete (odontostilete)

- Género *Pratylenchus* presentan el cuerpo vermiforme, cilíndrico, con una cabeza con la región labial baja, con presencia de una vulva casi en la terminación de la cola muy notoria (Figura 7c) y la cola con forma redondeada la longitud del cuerpo es de 682,555  $\mu\text{m}$  (Figura 7a) y longitud de estilete de 18,279  $\mu\text{m}$  (Figura 7b).



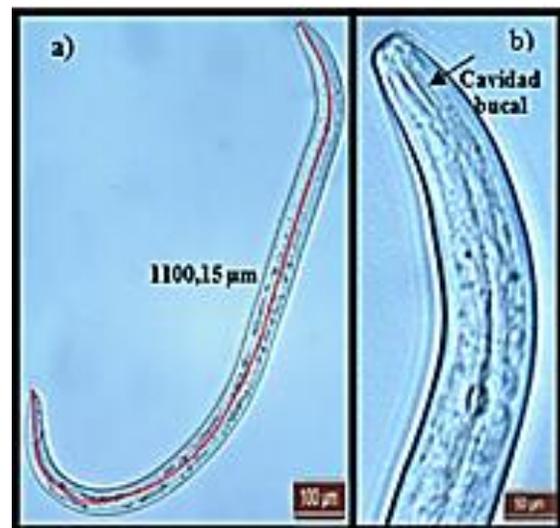
**Figura 7.** Género *Pratylenchus*, a) Longitud total de cuerpo; b) Longitud del estilete; c) Terminación de la cola

- Género *Tylenchus*. Presentan el cuerpo vermiforme, ventralmente curvado, con una cola

muy larga, terminación muy fina y doblada hacia adentro; la longitud del cuerpo es de 13,3  $\mu\text{m}$  y longitud del estilete fue de 8,2  $\mu\text{m}$ .

- Género *Hemicycliopora*. Presentan el cuerpo vermiforme, con una cutícula muy gruesa, la cola larga y fina; la longitud del cuerpo muy larga y longitud del estilete de 90,79  $\mu\text{m}$ .

- Nematodos de vida libre presentan una longitud de cuerpo de 1100,15  $\mu\text{m}$  (Figura 8a), con un cuerpo cilíndrico de cutícula gruesa y con cavidad bucal (Figura 8b).



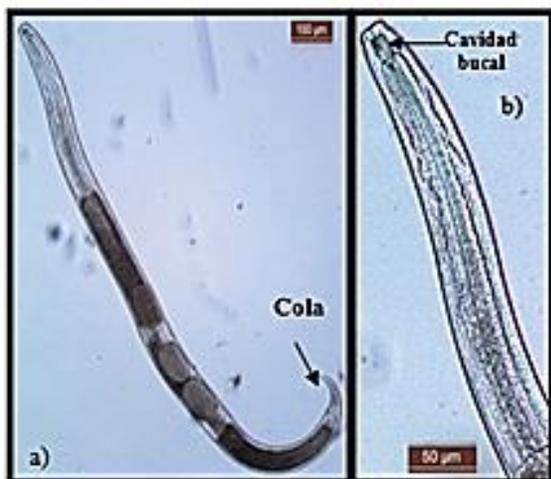
**Figura 8.** Nematodo de vida libre; a) Longitud total de cuerpo; b) Vista de la cavidad bucal

- Género *Mononchus* (nematodo de vida libre) presento el cuerpo vermiforme, la cola larga y fina doblándose hacia adentro, con un cuerpo bastante largo (Figura 9a) y la presencia de la cavidad bucal notoria (Figura 9b).

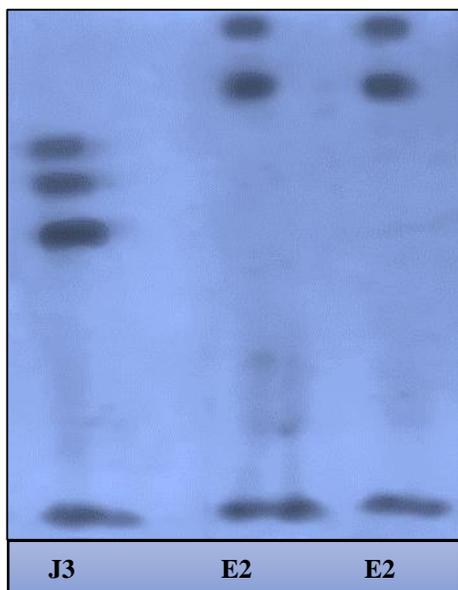
**Identificación del género *Meloidogyne*** El análisis isoenzimático de las poblaciones del género *Meloidogyne*, revelados en el gel de poliacrilamida con enzima esterasa, contiene al padrón *Meloidogyne javanica* esterasa (J3), E2 pertenece a la especie *Meloidogyne exigua*; (Figura 10) donde las bandas superiores se posicionaron por encima del padrón *M. javanica* esterasa (J3). El corte perineal de *Meloidogyne* muestra una forma redonda hexagonal, con estrías finas, la línea del ano notoria, arco dorsal alto y redondeado, estrías gruesas y espaciadas (Figura 11).

**Cuantificación de organismos.** El género *Meloidogyne* mostró la mayor población

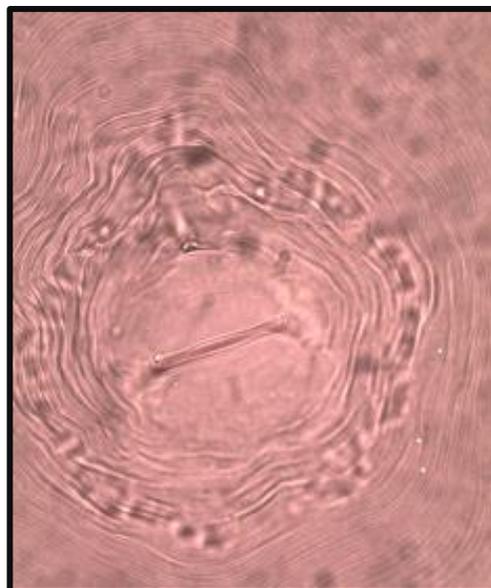
promedio, en los tres distritos evaluados (Cuadro 1). San Juan de Oro representó el 38 % de la población total de nematodos estudiados (226,4 nematodos por 100 g suelo), en San Pedro de Putina Punco, el 29,1 % (324,8 nematodos por 100 g suelo) y en San Gabán, el 32,2 % (351,9 nematodos por 100 g suelo). Seguido por *Helicotylenchus* que presentó 18,1 % (108,2 nematodos por 100 g suelo) en San Juan de Oro; 18,5 % (324,8 nematodos por 100 g suelo) en San Pedro de Putina Punco y 7,9 % (351,9 nematodos por 100 g suelo) en San Gabán.



**Figura 9.** Género *Mononchus*; a) Longitud de cuerpo; b) Cavidad bucal



**Figura 10.** Gel de poliacrilamida; J3 *Meloidogyne javanica*, E2 *Meloidogyne exigua*



**Figura 11.** Corte perineal de *Meloidogyne* mostrando su forma redonda hexagonal, con estrías finas y notoria línea del ano

Los nematodos fitoparásitos con mayor presencia, después de *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* en los distritos evaluados, fueron *Mesocriconema* con 8,3 % en San Juan de Oro, 13 % en San Pedro de Putina Punco y 25,4 % en San Gabán. *Dorylaimus* obtuvo el 0,9 % en San Juan de Oro, 0,9 % en San Pedro de Putina Punco y 6,5 % en San Gabán. *Pratylenchus* mostró el 1,5 % San Juan de Oro y 1,1 % San Pedro de Putina Punco. *Xiphinema* presentó el 0,6 % en San Juan de Oro y 2,6 % en San Pedro de Putina Punco. *Hemicycliophora* obtuvo el 0,1 % San Juan de Oro y 0,6 % en San Pedro de Putina Punco. *Tylenchus* 0,2 % San Pedro de Putina Punco. Los nematodos de vida libre presentaron la mayor incidencia después del género *Meloidogyne*.

**Efecto de las poblaciones por altitud.** En el Cuadro 2 se observa que no existieron diferencias significativas entre rangos de altitud ( $P > 0,05$ ) para *Meloidogyne*; sin embargo, *Helicotylenchus* ( $P \leq 0,05$ ) presentó mayor promedio en los rangos de altitud 800 a 1000 y 1001 a 1200 msnm y menor promedio en altitudes entre 1201-1400. *Mesocriconema* presentó un mayor promedio entre los rangos 800 a 1000 y menor promedio en rangos de 1001 a 1200 y 1201 a 1400 ( $P \leq 0,05$ ) lo cual podría indicar que ambos géneros disminuyen

su población a mayor altitud. El total de nematodos fitoparásitos disminuye su población conforme aumenta la altitud ( $P \leq 0,05$ ). Se describió que el mayor promedio del total de

nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre fue reportado en las altitudes de 800 a 1000 msnm y menor promedio a altitudes de 1001 a 1200 y 1201 a 1400 m ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro 1.** Población de nematodos por género, identificados en 100 g de suelo en función del distrito

| Distritos                   | San Juan de Oro |       | San Pedro de Putina Punco |       | San Gabán |       |
|-----------------------------|-----------------|-------|---------------------------|-------|-----------|-------|
|                             | 100 g de suelo  |       |                           |       |           |       |
| Género                      | Promedio        | %     | Promedio                  | %     | Promedio  | %     |
| <i>Meloidogyne</i> spp.     | 226,4           | 38,0  | 324,8                     | 29,1  | 351,9     | 32,2  |
| <i>Helicotylenchus</i> spp. | 108,2           | 18,1  | 206,7                     | 18,5  | 86,4      | 7,9   |
| <i>Mesocriconema</i> spp.   | 49,6            | 8,3   | 144,4                     | 13,0  | 277,8     | 25,4  |
| <i>Dorylaimus</i> spp.      | 5,1             | 0,9   | 10,0                      | 0,9   | 71,0      | 6,5   |
| <i>Pratylenchus</i> ssp.    | 9,0             | 1,5   | 12,3                      | 1,1   | 0,0       | 0,0   |
| <i>Xiphinema</i> ssp.       | 3,5             | 0,6   | 28,5                      | 2,6   | 0,0       | 0,0   |
| <i>Hemicycliophora</i> spp. | 0,7             | 0,1   | 6,5                       | 0,6   | 0,0       | 0,0   |
| <i>Tylenchus</i> spp.       | 0,0             | 0,0   | 2,3                       | 0,2   | 0,0       | 0,0   |
| Nematodos de vida libre     | 192,6           | 32,3  | 365,5                     | 32,8  | 305,6     | 28,0  |
| <i>Mononchus</i> ssp        | 1,3             | 0,2   | 14,1                      | 1,3   | 0,0       | 0,0   |
| Total                       | 596,4           | 100,0 | 1115,0                    | 100,0 | 1092,6    | 100,0 |

**Cuadro 2.** Población de nematodos en función de la altitud

| Rango     | Densidad individuos por 100 g de suelo |                    |                        |                      |                               |                               |
|-----------|--|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|           | Altitud (msnm)                         | <i>Meloidogyne</i> | <i>Helicotylenchus</i> | <i>Mesocriconema</i> | Total nematodos fitoparásitos | Total nematodos de vida libre |
| Promedio  |  |                    |                        |                      |                               |                               |
| 800-1000  | 341,3 (a)                              | 179,2 (a)          | 233,5 (a)              | 780,4 (a)            | 365,8 (a)                     |                               |
| 1001-1200 | 269,9 (a)                              | 192,5 (a)          | 122,0 (b)              | 643,9 (b)            | 306,9 (b)                     |                               |
| 1201-1400 | 268,6 (a)                              | 109,8 (b)          | 55,27 (b)              | 462,3 (b)            | 229,1 (b)                     |                               |

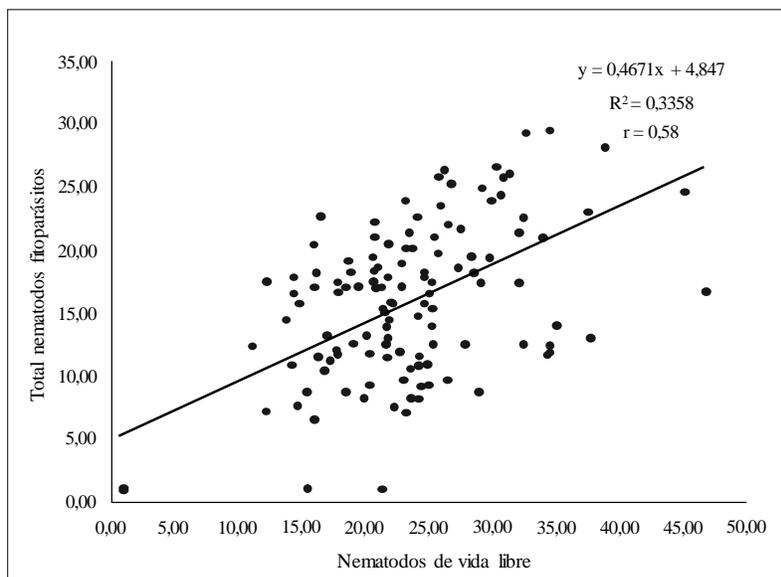
Promedios con letras distintas entre filas de cada columna indican diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0,05$ )

**Relación entre la población de nematodos de vida libre y nematodos fitoparásitos.** Mediante la prueba de regresión se determinó que la población de nematodos de vida libre aumentó conforme aumenta la población de nematodos fitoparásitos en un 34 % (Figura 12).

## DISCUSIÓN

**Identificación de géneros.** Según diversos autores, los individuos del género *Meloidogyne* presentan una longitud del cuerpo de 250 a 600  $\mu\text{m}$  y la longitud del estilete de 9 a 16  $\mu\text{m}$  (Perry y Moens, 2013), con cola conoide, redondeada y terminada en punta estrecha (Karssen y Moens, 2006; Cornejo et al., 2021); la forma de la hembra se presenta con cuello alargado y piriforme (Eisenback et al., 1983). Estas características morfológicas y

morfométricas coinciden con las descritas en esta investigación y confirman la presencia del género *Meloidogyne* en los tres distritos evaluados en la región Puno. Previamente, Cornejo et al. (2021) habían detectado la presencia de *Meloidogyne* en Puno, Perú. Por su parte, el género *Helicotylenchus* presenta longitud del cuerpo que puede variar entre 530 a 700  $\mu\text{m}$  y la longitud del estilete de 20 a 23  $\mu\text{m}$  en machos (Schreck et al., 2010), con terminación de la cola curvada (Ferris, 1999), y la cabeza cónica y redondeada (Mai et al., 1996), características que coinciden con las obtenidas en esta investigación. Lima et al. (2017) identificaron al género *Helicotylenchus* en los distritos de San Juan de Oro y San Gabán en el cultivo de maíz; confirmando la presencia del género *Helicotylenchus* en los tres distritos evaluados de la región Puno.



**Figura 12.** Regresión entre el total de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre

Las características del género *Mesocriconema* observadas en la presente investigación en los tres distritos evaluados, coinciden con las señaladas por otros autores quienes identificaron individuos de este género en los distritos de San Juan de Oro y San Gabán en el cultivo de maíz (Lima et al., 2017), y lo caracterizaron con longitud de cuerpo que varió entre 200 y 1000  $\mu\text{m}$  (Perry y Moens, 2013), con una cutícula gruesa, robusta e intensamente anillada, y cuerpo corto (Ferris (1999). Sin embargo, Tihohod (2000) reportó una longitud del estilete que varió entre 59 y 64  $\mu\text{m}$ , valores que no son coincidentes con las mediciones obtenidas en este trabajo de investigación, atribuible a factores climáticos y alta competitividad por alimento con otros géneros de nematodos fitoparásitos.

Las características morfométricas obtenidas para *Dorylaimus* concuerdan con las medidas señaladas por Mulvey y Anderson (1979) para este género con longitud del cuerpo de hasta 2,016  $\mu\text{m}$  y longitud variable del estilete (174 a 210  $\mu\text{m}$ ).

En el presente estudio se confirmó la presencia del género *Xiphinema* para la región Puno, dado que sus características morfométricas coincidieron con las indicadas por otros autores, tales como Lima et al. (2017) quienes lo identificaron en los distritos de San Juan de Oro y San Gabán en el cultivo de maíz, y por Zuckerman et al. (1985) quienes destacaron la gran longitud del cuerpo del

nematodo (1,5 a 5,0 mm). Este género presentó baja población y no fue descrito en el distrito de San Gabán.

Sin embargo, Ferris (1999) reportó que el género *Xiphinema* presenta una longitud de estilete de 150  $\mu\text{m}$  (odontoestilete), característica que no concuerda con la medición de este trabajo.

Según diversos autores, las hembras del género *Pratylenchus* presentan vulva notoria y la región del labio es baja (Agrios, 2011; Mai et al., 1996), la longitud del cuerpo en todos sus estadios varía de 580 a 780  $\mu\text{m}$  (Gonzaga, 2006), y el estilete puede medir de 14 a 19  $\mu\text{m}$  (Chaves, 2014). Estas características morfológicas y morfométricas coinciden con las obtenidas en esta investigación confirmando la presencia de este género en la región Puno. Su población es baja por la existencia de otros géneros; además de no haber sido descrito (ó identificado) en San Gabán.

Las características morfológicas y morfométricas (medida del estilete) observadas en el género *Tylenchus* coinciden con las obtenidas por Jiménez et al. (2007), quienes clasificaron a *Tylenchus* como nematodos de tamaños muy pequeños. Para Siddiqi (2000), el cuerpo es ventralmente curvado, con estilete de 8 a 21  $\mu\text{m}$  de largo. Este género presentó una baja población y solo fue descrito en el distrito de Putina Puno.

Entre otros nematodos se confirmó la presencia del género *Hemicyclopora* en los tres distritos evaluados de la región Puno. Siddiqi (2000) señala

que en el género *Hemicyclopora* el cuerpo de las hembras está cubierto por dos cutículas, la externa se asemeja a una vaina y protege a la cutícula interna además de poseer un estilete muy largo de 80 a 120  $\mu\text{m}$ .

Ruppert y Barnes (1996) y Tihohod (2000) indican que la mayoría de nematodos de vida libre no presentan estilete sino un odontoestilete que es una cavidad bucal esclerotizada, donde el estoma es cilíndrico. También señalan que estos nematodos tienen una longitud de cuerpo de 1000  $\mu\text{m}$  o más. En este trabajo se detectó una población muy alta de nematodos de vida libre, y representaron la mayor densidad después del género *Meloidogyne*.

Un nematodo de vida libre identificado fue el género *Mononchus*, el cual presenta cavidad bucal y faringe de grosor similar a la longitud de su cuerpo. El cuerpo más largo oscila entre 5 a 6 mm y la cavidad bucal varía de 19 a 50  $\mu\text{m}$  (Jiménez et al., 2007). Estas características coinciden con las obtenidas en esta investigación confirmando la presencia del género para Putina Punco y San Juan de Oro.

**Electroforesis de isoenzima.** Los resultados coinciden con lo indicado por Souza et al. (2007), quienes utilizaron el mismo método y señalaron que *M. exigua* presenta dos bandas por encima del padrón.

Salgado et al. (2015), Barros et al. (2014) y Muniz et al. (2008) identificaron a *M. exigua* en el cultivo de café en Brasil con características similares a los distritos evaluados. Según Perry y Moens (2013), la especie *M. exigua* presenta un estilete de 12 a 15  $\mu\text{m}$  en hembra. Villain et al. (2013) reportan que en Centro América y Sur América, *M. exigua* es la especie más distribuida. Carneiro y Cofcewicz (2008) indican que *M. exigua* es una especie presente en países como Perú, Bolivia, Brasil y Colombia, y confirma su presencia en los distritos evaluados en la región Puno. Flores et al. (2017) identificaron a *M. hapla* en la región Puno en cultivo de papa. Por su parte, Lima et al. (2017) no identificaron a *Meloidogyne* en los distritos de San Juan de Oro y San Gabán en el cultivo de maíz. Estos trabajos no concuerdan con los datos colectados en esta investigación, atribuido a que estos estudios fueron realizados en diferentes zonas, cultivos, altitud y tipo de suelos.

Según Hunt y Handoo (2009) el corte perineal tiene estrías finas. Souza et al. (2007) indican que

las hembras son pequeñas y el patrón perineal es redondo a hexagonal, con el arco dorsal bajo y redondeado, algo alto, y cuadrangular con estrías gruesas y ampliamente espaciadas, los campos laterales discretos. Estas características morfológicas coinciden con las descritas en esta investigación y confirman la presencia de *Meloidogyne exigua* para la región Puno.

**De la cuantificación de organismos.** Guevara et al. (2015) identificaron los géneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, como los principales géneros asociados al cultivo de café en Bongará-Amazonas. Perry y Moens (2013) reconocen 17 especies parásitas para el café, siendo *Meloidogyne* la más dañina. Ramírez (2001) identificó los géneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Xiphinema*, *Tylenchus*, *Pratylenchus* en el cultivo de café en Tingo María-Perú.

Para Rosales (1995) los principales géneros asociados al cultivo de café son *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchus* y *Xiphinema*; resaltando que el género *Meloidogyne* presenta el mayor promedio en los tres distritos de la región Puno, y es el causante de daños a las plantas de café y pérdidas económicas. De allí la necesidad de identificar la especie que afecta al cultivo de café y está presente en el suelo de los distritos evaluados

De acuerdo a Pérez et al. (2017) y Guevara et al. (2015), la mayor población de nematodos fitoparásitos en el cultivo de café ha estado representada por el género *Meloidogyne*. Esto concuerda con la presente investigación, en la cual la población de los siete géneros descritos fue baja respecto al género *Meloidogyne*.

Respecto a la evaluación de poblaciones por altitud, Wingching y Salazar (2011) señalan que los géneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Pratylenchus* se encuentran presentes en altitudes de 500-1100 msnm. Avelino et al. (2009) mencionan que *M. exigua* se encuentra principalmente a bajas altitudes menores a 1320 msnm y están ausentes a altitudes mayores a 1500 msnm, lo que concuerda con las condiciones de altitud (800 a 1400 msnm), evaluadas en este estudio.

## CONCLUSIONES

Se identificaron ocho géneros de nematodos

fitoparásitos *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Mesocriconema* spp., *Dorylaimus* spp., *Tylenchus* spp., *Hemicycliophora* spp. y nematodos de vida libre. Entre ellos, *Mononchus* spp., asociados al cultivo de café. Los géneros con mayor incidencia fueron *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema* y los nematodos de vida libre.

A través del método de electroforesis de isoenzima se identificó la especie *Meloidogyne exigua* en el cultivo de café y el análisis de regresión demostró la asociación entre el total de nematodos fitoparásitos y los nematodos de vida libre.

La identificación de las especies es muy importante para tomar medidas de control, ya que existen especies más agresivas y de difícil control.

### LITERATURA CITADA

1. Agrios, G.N. 2011. Fitopatología. Limusa, México.
2. Avelino, J., M. Bouvret, L. Salazar y C. Cilas. 2009. Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae* sensu lato in coffee roots, in Costa Rica. *Applied Soil Ecology* 43(1): 95-105.
3. Barros, A.F., R. Oliveira, I. Lima, R.R. Coutinho, A.O. Ferreira y A. Costa. 2014. Root-knot nematodes, a growing problem for Conilon coffee in Espírito Santo State, Brazil. *Crop Protection* 55: 74-79.
4. Bustillo, Á.E. 2003. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. FNC-Cenicafé, Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico No. 24, 40 p. <https://n9.cl/vx2bh>.
5. Carneiro, R. y M. Almeida. 2001. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides das galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira* 25: 35-44.
6. Carneiro, R.G. y E. Cofcewicz. 2008. Taxonomy of coffee-parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. In: R.M. Souza (ed.). *Plant-Parasitic Nematodes of Coffee*. Springer. New York. pp. 87-122.
7. Chaves, M.E. 2014. Densidad y diversidad de nematodos fitoparásitos y de suelo en sistemas orgánicos y convencionales de café en asocio con banano en el Valle Central y Occidental de Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. <https://n9.cl/tq8in> (consulta de noviembre 1, 2021).
8. Coolen, W. y C. D'Herde. 1972. A Method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue ghent. State Nematology and Entomology Research Station. 77 p. <https://n9.cl/sv9zq>
9. Cornejo-Condori, G.B., I. Lima-Medina, R.Y. Bravo-Portocarrero, K. Barzola-Tito and V.H. Casa-Coila. 2021. Nematodes associated with andean papaya (*Carica pubescens* L.) in Sandia district, Puno, Peru. *Bioagro* 33(3): 191-202.
10. Eisenback, J.D., H. Hirschmann, J. Sasser y A.C. Triantaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies) con una clave pictórica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. <https://n9.cl/hzmtly> (consulta de noviembre 1, 2021).
11. Ferris, H. 1999. Nematode Plant Expert Information System. <https://n9.cl/cvxbt> (consulta de noviembre 1, 2021).
12. Flores-Choque, Y., R. Bravo Portocarrero e I. Lima-Medina. 2017. Prospección de nematodos fitoparásitos en cultivo de papa (*Solanum Tuberosum* L.) de la Región Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas. Journal of High Andean Research* 19(1): 11-20.
13. Gonzaga, V. 2006. Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus*, 1936 que ocorrem no brasil. Universidade Estadual Paulista. <https://n9.cl/4rcy1c> (consulta de noviembre 1, 2021).
14. Guevara, E., C. Mestanza, M. Oliva y N. Obando. 2015. Población de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en relación a la textura del suelo, Cuispes, Bongará. *Amazonas* 1(2): 9-15.
15. Hartman, K.M. y J. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential hast test and perineal pattern morphology An advanced treatise on

- Meloidogyne* vol. II North Carolina State University Graphic. <https://n9.cl/iin4q> (consulta de noviembre 1, 2021).
16. Hunt, D.J. y Z. Handoo. 2009. Taxonomy, identification and principal species. *In*: Perry, Moens y Starr (eds.). Root-knot Nematodes. Cabi Publishing. Egham, Surrey, UK. pp. 55-97.
  17. Jenkins, W. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*. 48: 692.
  18. Jiménez D., M. Peralta, R. Peña y R. Santiago. 2007. Nematoda, Mononchida, Dorylaimida I. *Fauna Ibérica* 30. 2007. *Zoologica Baetica* 30(18): 85-86.
  19. Julca-Otiniano, R. Carhuallanqui, N. Julca-Vera, S. Bello-Amez, R. Crespo-Costa, C. Echevarría y R. Borjas. 2016. Efecto de la sombra y la fertilización sobre las principales plagas del café var. "Catimor" en Villa Rica (Pasco, Perú). Universidad Nacional Agraria La Molina. 26 p. <https://n9.cl/bnr16> (consulta de noviembre 1, 2021).
  20. Karssen, G. y M. Moens. 2006. Root-Knot nematodes. *In*: Perry y Moens (eds.). *Plant Nematology*. CABI, Wallingford. pp. 59-90.
  21. Lima-Medina, I., R. Bravo Portocarrero y A. Aguilar-Gómez. 2017. Densidad poblacional de nematodos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en las regiones de Puno y Cusco. *Revista de Investigaciones Altoandinas* 19(3): 243-254.
  22. Mai, F.W., G.P. Mullin, H.H. Lyon y K. Loeffler. 1996. *Plant-parasitic nematodes: A pictorial key to genera*. Cornell University Press. Ithaca, New York. 269 p.
  23. MINAGRI. 2015. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Síntesis Agroeconómica del Café. Dirección General de Políticas Agrarias: Lima. Vol: 1.
  24. Mulvey, R.H. y R. Anderson. 1979. Benthic species of *Dorylaimus* Dujardin 1845 (Nematoda: Dorylaimidae) and *Arctidorylaimus* n.gen. (Arctidorylaimidae n.fam.) from the Mackenzie and Porcupine river systems, Northwest Territories, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 57(4): 743-755.
  25. Muniz, M.F., V.P. Campos, P. Castagnone-Sereno, J.M. Cunha-Castro, M.R. Almeida y R.M. Carneiro. 2008. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. *Nematology* 10(6): 897-910.
  26. Pérez-Quispe, F., D. Cruz-Choque, E. Poma-Loza y F. Cadena-Miranda. 2017. Densidad poblacional de nematodos en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), Alto Lima-Caranavi. *Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 4(1): 53-59.
  27. Perry, R.N. y M. Moens. 2013. *Plant Nematology*. Biddles. King's Lyn, UK.
  28. Ramírez, O. 2001. Distribucion y frecuencia de ocurrencia de nematodos de cafe (*Coffea arabica* L.) en la provincia de Leoncio Prado. Universidad Nacional Agraria la Selva. <https://n9.cl/pgsy7> (consulta de noviembre 1, 2021).
  29. Rosales, J. 1995. Importancia de los nematodos; su muestreo en el café de Nicaragua. *Boletín trimestral N 4*. Unicafe. Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia. pp. 17-28.
  30. Ruppert, E.E. y R. Barnes. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. McGraw Hill Interamericana.
  31. Lima Salgado, S., N. Guimarães, C. Botelho, G. Tassone, A. Marcelo y S. Ribeiro de Souza. 2015. *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região Salgado, s.m.l. et al. sul de minas gerais. *Coffee Science* 10(4): 475-481.
  32. Schreck, R.C., D. Vieira, M. Marais, M. Santos, H. Duyts, H. Freitas et al. 2010. First record of *Helicotylenchus varicaudatus* Yuen, 1964 (nematoda: Hoplolaimidae) parasitizing *Ammophila arenaria* (L.). *Phytopathology Mediterranea* 49: 212-226.
  33. Siddiqi, M.R. 2000. *Tylenchida Parasites of Plants and Insects*. CABI, Wallinford, UK.
  34. Souza, R., A. Volpato y A. Viana. 2007. Field assessment of different sampling strategies for coffee plantations parasitized by *Meloidogyne exigua*. *Nematopica* 37: 345-355.
  35. Tihohod, D. 2000. *Nematología Agrícola Aplicada*. FAPESP. Jaboticabal-Brasil.
  36. Vergara, S.A. 2012. Mercados café peruano:

**Garambel et al. Nematodos asociados a zonas productoras de café de Puno, Perú**

- aroma y sabor para nosotros y el mundo. Red Libre 1: 34.
37. Villain, L., J. Sarah, A. Hernández B. Bertrand, F. Anthony, P. Lashermes et al. 2013. Diversity of root-knot nematodes parasitizing coffee in Central America. *Nematropica* 43: 194-206.
38. Wingching-Jones, R. y L. Salazar-Figueroa. 2011. Población de nematodos en forrajes tropicales en dos rangos de altura en El Cantón de San Carlos, Alajuela. *Agronomía Costarricense* 35(1): 185-195.
39. Zuckerman, B.M., W. Mai y B. Harrison. 1985. *Plant Nematology Laboratory Manual*. University of Massachusetts. Amherst, MA Agricultural Experiment Station. 212 p.

