



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**Maestría en Gestión de Medidas Sanitarias y
Fitosanitarias**

Trabajo de Tesis

**Ocurrencia de nematodos fitoparásitos y
prácticas asociadas a su manejo en el
cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)
en Mirafior, Estelí, 2019**

Autora

Ing. Maura Azucena Rodríguez Flores

Asesor

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Managua, Nicaragua

Mayo, 2020





“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**Maestría en Gestión de Medidas Sanitarias y
Fitosanitarias**

Trabajo de Tesis

**Ocurrencia de nematodos fitoparásitos y
prácticas asociadas a su manejo en el
cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)
en Mirafior, Estelí, 2019**

Autora

Ing. Maura Azucena Rodríguez Flores

Asesor

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito final para optar al grado de
Maestro Profesional

Managua, Nicaragua

Mayo, 2020



Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Maestro Profesional en Gestión de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: Managua, Nicaragua, 19 de mayo 2020

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios sobre todas las cosas, quien me dio la oportunidad de culminar satisfactoriamente mi carrea, a él la honra y la gloria sea por siempre.

A mi esposo **Efraín Moreno**, por ser la persona insistente en los consejos y apoyo emocional para seguir adelante con este proyecto, a mis hijos por sus consejos y motivaciones al respecto, en fin, de manera especial a todos esos ángeles que Dios me puso en mi camino.

Gracias Dios padre, sin ti no hubiese podido lograrlo.

Ing. Maura Azucena Rodríguez Flores

AGRADECIMIENTO

A Dios por mostrarme tantas veces su existencia en mi vida, y con ello darme fuerzas para seguir adelante en cada tropiezo.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria, UNA, por los conocimientos y experiencias transmitidas que hicieron posible mi formación profesional.

A mi asesor PhD. Jorge Ulises Blandón Díaz, por el constante apoyo, paciencia, humildad profesionalismo y dirección de este trabajo, gracias señor por haberlo puesto en mi camino, mi respeto y admiración para él, que Dios lo bendiga siempre.

De manera especial al Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) que me brindó la oportunidad de la beca para optar a este estudio de postgrado.

Ing. Maura Azucena Rodríguez Flores

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.1. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. El cultivo de papa	4
3.1.1. Origen y distribución	4
3.1.2. Taxonomía y nomenclatura	5
3.1.3. Hábito de crecimiento y botánica	5
3.1.4. Importancia nutricional y económica	6
3.1.5. Aspectos agronómicos del cultivo	7
3.2. Nematodos fitoparasitos	7
3.2.1. Nematodos enquistados (<i>Globodera</i> spp)	8
3.2.2. Nematodos agalladores (<i>Meloidogyne</i> spp)	9
3.2.3. Nematodo lesionado (<i>Pratylenchus</i> spp)	11
3.2.4. Falso nematodo agallador (<i>Nacobbus aberrans</i>)	12
3.2.5. Nematodo de la pudrición radicular (<i>Ditylenchus</i> spp)	13
3.3. Manejo de nematodos fitoparásitos	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Ubicación del estudio	16
4.2. Diseño metodológico	16
4.2.1. Muestreo de poblaciones de nematodos fitoparásitos	16

4.2.2. Extracción e identificación de nematodos fitoparásitos	18
4.2.3. Determinación de la composición poblacional de nematodos fitoparásitos	19
4.3. Encuesta a productores	20
4.4. Variables evaluadas	20
4.5. Análisis de datos	21
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papa	22
5.2. Composición poblacional de nematodos fitoparásitos	27
5.3. Prácticas asociadas al manejo de nematodos en papa	32
5.3.1. Variedades de papa utilizadas por los productores	33
5.3.2. Desinfección de semilla-tubérculo, herramientas e implementos agrícolas	33
5.3.3. Rotación de cultivos	35
5.3.4. Manejo de nematodos	37
5.3.5. Análisis para la detección de nematodos	38
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	42
VIII. LITERATURA CITADA	43
IX. ANEXOS	48

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Fincas seleccionadas para el estudio de la problemática de manejo fitosanitario de nematodos y área destinada para la siembra de papa	17
2.	Distribuciones y prominencia de los principales géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de 100 g de suelo extraído de parcelas con cultivo de papa	27
3.	Distribuciones y prominencia de los principales géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de 100 g raíces tomadas de plantas de papa	28
4.	Distribuciones y prominencia de los principales géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de 100 g tubérculos de papa	28
5.	Comparación de los valores de prominencia entre los géneros de nematodos y entre muestras	29
6.	Distribuciones y prominencia de nematodos fitoparásitos por fincas en muestras de 100 g suelo	29
7.	Distribuciones y prominencia de nematodos fitoparásitos por fincas en muestras de 100 g raíces	30
8.	Distribuciones y prominencia de nematodos fitoparásitos por fincas en muestras de 100 g tubérculo	31
9.	Comparación de los valores de prominencia entre fincas y entre muestras de suelo, raíces y tubérculos	31
10.	Variedades de papa utilizadas por productores de papa en la zona de Mirafior, Estelí, en el ciclo de primera del año 2019	33

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en nueve fincas y en tres diferentes muestras (suelos, raíz y tubérculos) en la zona de Miraflores, Estelí. 2019	22
2.	Densidad de nematodos fitopatógenos en muestras de suelo, raíz y tubérculos de papa	23
3.	Comportamiento de la densidad poblacional de nematodos del género <i>Meloidogyne</i> en 100 g de muestras de suelo, raíz y tubérculos en nueve fincas evaluadas	24
4.	Comportamiento de la densidad poblacional de nematodos del género <i>Pratylenchus</i> en 100 g de muestras de suelo, raíz y tubérculos en nueve fincas evaluadas	25
5.	Comportamiento de la densidad poblacional de nematodos del género <i>Helicotylenchus</i> en 100 g de muestras de suelo, raíz y tubérculos en nueve fincas evaluadas	26
6.	Utilización (en porcentaje) de productos químicos para la desinfección de la semilla-tubérculo antes de la siembra	34
7.	Utilización (en porcentaje) de productos químicos para la desinfección de herramientas e implementos agrícolas durante las labores de cultivo	35
8.	Porcentaje de fincas que utilizan o no la rotación de cultivos como una alternativa de manejo de nematodos	36
9.	Productos químicos, materiales y prácticas utilizadas por los productores de papa en el manejo de nematodos fitoparásitos	38
10.	Frecuencia con la que realizan los análisis de suelo para la detección de nematodos en las parcelas de papa	39

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Mapa satelital de las fincas seleccionadas para la investigación en la zona de Mirafior, Estelí	48
2.	Hoja de remisión de muestras de laboratorio	49
3.	Encuesta a productores de papa	50

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo después del arroz y el trigo en términos de consumo humano. No obstante, la papa ocupa el primer lugar en importancia económica y alimenticia dentro de los cultivos que no son granos. Los nematodos fitoparásitos son un factor limitante para la producción de papa y conducen a una disminución del rendimiento, cambios físicos y químicos, mala calidad y malformaciones del tubérculo de papa. En Nicaragua no existen registros científicos escritos sobre las principales especies de nematodos que se encuentran afectando el cultivo de papa y de su densidad poblacional. Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue generar información sobre la ocurrencia de nematodos fitoparásitos, su densidad poblacional y las prácticas asociadas a su manejo en el cultivo de papa en fincas de productores en Mirafior, Estelí. Se tomaron muestras de suelo, raíces y tubérculos en nueve fincas las que fueron procesadas y analizadas para la identificación de los géneros presentes en las muestras. Se aplicó una encuesta a los nueve productores para conocer acerca de las prácticas de manejo de nematodos que realizan en sus parcelas. Se estimaron las densidades absolutas y relativas, frecuencias absolutas y relativas y el valor de prominencia en las muestras y fincas. Los géneros de nematodos que se encontraron asociados al cultivo de papa fueron *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*. Las densidades, frecuencias y valores de prominencia más altos se observaron para nematodos del género *Meloidogyne* en muestras de raíces. El uso de nematicidas sintéticos es la práctica asociada al manejo de nematodos que más frecuentemente utilizan los productores de papa. Los nematodos fitoparásitos están entre las plagas de cultivos agrícolas más dañinas y difíciles de manejar y se requiere de estrategias de manejo alternativas al uso de nematicidas sintéticos.

Palabras claves: tubérculos, densidad poblacional, nematodos, valor de prominencia

ABSTRACT

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is the third most important food crop in the world after rice and wheat in terms of human consumption. However, the potato occupies the first place in economic and nutritional importance within crops that are not grains. Phytoparasitic nematodes are a limiting factor for potato production and lead to decreased yield, physical and chemical changes, poor quality, and potato tuber malformations. In Nicaragua, there are no written scientific records on the main nematode species that are affecting potato crop and their population density. Therefore, the objective of this research was to generate information on the occurrence of phytoparasitic nematodes, their population density and the practices associated with their management in potato crop on producer farms in Mirafior, Estelí. Soil, root and tuber samples were taken from nine farms, which were processed and analyzed to identify the genera present in the samples. A survey was applied to the nine producers to learn about the nematode management practices they carry out on their plots. Absolute and relative densities, absolute and relative frequencies and the prominence value in the samples and farms were estimated. The nematode genera that were found associated with potato crop were *Meloidogyne*, *Pratylenchus* and *Helicotylenchus*. The highest densities, frequencies and prominence values were observed for nematodes of the genus *Meloidogyne* in root samples. The use of synthetic nematicides is the practice associated with nematode management that is most frequently used by potato producers. Phytoparasitic nematodes are among the most damaging and difficult to manage agricultural crop pests and alternative management strategies are required to the use of synthetic nematicides.

Keywords: tubers, population density, nematodes, prominence value

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo después del arroz y el trigo en términos de consumo humano. No obstante, la papa ocupa el primer lugar en importancia económica y alimenticia dentro de los cultivos que no son granos. Durante las últimas seis décadas (1961 a 2016), aunque el área de papa ha disminuido de 22.14 a 19.24 millones de hectáreas, la producción aumentó en casi un 40% (270.55 a 376.82 millones de toneladas) con un aumento de la productividad de alrededor del 60% (12.21 a 19.5 t ha⁻¹). Con el aceleramiento del desarrollo económico en todo el mundo y el cambio en los hábitos alimenticios, existe una gran oportunidad para una mayor demanda de papa en términos de consumo fresco, procesamiento, exportación, así como semillas de calidad. Esto conduciría a la diversificación de la producción, el consumo, la utilización y el comercio, impulsando así la economía mundial. Para satisfacer la creciente demanda, la producción de papa debe aumentar en un 89% a 711.5 millones de toneladas para 2050 (de Haan y Rodríguez, 2016; Lima *et al.*, 2018).

Debido a que la propagación vegetativa predomina en la producción de papa, todos los grupos de plagas tienen una gran importancia económica. Las estimaciones de pérdidas reales debidas a patógenos, virus, animales (artrópodos y nematodos) y malezas a nivel mundial se estiman en 14%, 7%, 11% y 8%, respectivamente (Oerke, 2006). Los nematodos fitoparásitos son un factor limitante para la producción de papa y conducen a una disminución del rendimiento, cambios físicos y químicos, mala calidad y malformaciones del tubérculo de papa, que en general los hacen no comercializables (Medina *et al.*, 2016; Vovlas *et al.*, 2005).

Los nematodos solos pueden causar pérdidas de rendimiento promedio en la papa de hasta el 12% (Barker y Koenning, 1998). No obstante, las pérdidas de rendimiento de la papa debido al parasitismo de los nematodos también dependen de una combinación de factores, que incluyen el cultivar, el ambiente favorable, la estructura del suelo, la densidad de población y el tiempo de siembra, y podrían conducir a una disminución más severa del rendimiento en determinados sistemas de cultivo (Jones *et al.*, 2013; Medina *et al.*, 2016; Vovlas *et al.*, 2005; Wesemael *et al.*, 2011).

Las principales especies de nematodos asociadas con la papa incluyen a los nematodos enquistados *Globodera rostochiensis* (Woll.) y *G. pallida* (Stone), los cuales son más importantes en las regiones de clima frío, el falso nematodo agallador *Nacobbus aberrans* (Thorne), el nematodo de podredumbre de la papa *Ditylenchus destructor* (Thorne), el nematodo lesionado de raíz *Pratylenchus* spp. y el nematodo agallador *Meloidogyne* spp. (Lima *et al.*, 2018; Medina *et al.*, 2016; Vovlas *et al.*, 2005).

Los nematodos fitoparásitos, al igual que otros fitopatógenos, causan importantes pérdidas en los sistemas agrícolas, especialmente cuando los cultivos no se manejan de forma sostenible. Por lo tanto, es esencial la búsqueda y generación de información sobre la ocurrencia de nematodos en el sistema de producción, la determinación de su densidad poblacional y la cuantificación del grado de daño en las regiones donde se establecerán los cultivos. Además, el diagnóstico confiable, rápido y adecuado de nematodos y la identificación de especies son imprescindibles para seleccionar las estrategias de manejo adecuadas y para evitar la propagación de nematodos exóticos en material vegetal (Lima *et al.*, 2018; Medina *et al.*, 2016).

En Nicaragua no existen registros científicos escritos sobre las principales especies de nematodos que se encuentran afectando el cultivo de papa y de su densidad poblacional. Asimismo, no hay datos confiables que suministren información sobre la influencia que tienen las prácticas de manejo que realiza el productor sobre las poblaciones de nematodos en el cultivo de papa. La poca información que existe acerca de este tema es de carácter anecdótico y no ha sido bien documentada. Por consiguiente, con esta investigación se pretende generar información sobre la ocurrencia de nematodos fitoparásitos, su densidad poblacional y las prácticas asociadas a su manejo en el cultivo de papa en fincas de productores de la zona de Mirafior, Estelí.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Generar información sobre la ocurrencia de nematodos fitoparásitos y las prácticas asociadas a su manejo en el cultivo de papa en fincas de productores de la zona de Miraflores, Estelí en el año 2019.

2.1. Objetivos específicos

- Determinar los géneros de nematodos fitoparásitos más frecuentemente asociados al cultivo de papa en fincas de productores en la zona de Miraflores, Estelí.
- Determinar la composición poblacional de los nematodos fitoparásitos más frecuentemente asociados al cultivo de papa en la zona de Miraflores, Estelí.
- Distinguir las prácticas asociadas al manejo de nematodos fitoparásitos en fincas de productores de papa en la zona de Miraflores, Estelí.

III. MARCO DE REFERENCIA

La papa juega un papel importante en la seguridad alimentaria, porque se cultiva a nivel mundial, produce una gran cantidad de alimentos en áreas relativamente pequeñas, es nutritiva y la demanda mundial continúa creciendo. En el mundo en desarrollo, donde se cosecha más de la mitad del cultivo de papa del mundo, su facilidad de cultivo y su alta producción de energía lo convierten en un importante cultivo comercial (Jansky y Spooner, 2018).

3.1. El cultivo de papa

Aunque la papa contiene poca cantidad de proteína, su calidad nutricional es mejor que la de los cereales. La papa tiene el potencial de producir más calorías y proteínas por unidad de superficie con poco tiempo y agua que la mayoría de los principales cultivos alimenticios (Reddy *et al.*, 2018).

3.1.1. Origen y distribución

La papa se encuentra entre las plantas más antiguas cultivadas con fines alimenticios. El nombre botánico, *Solanum tuberosum* fue dado por Linneo en su libro "Species Plantarum". La historia de la papa comenzó en las montañas de los Andes de América del Sur alrededor de 8 000 y 5 000 AC cerca del lago Titicaca, que se encuentra a 3 800 metros sobre el nivel del mar (msnm) en la frontera entre Bolivia y Perú. Las papas silvestres de las llanuras costeras húmedas de América del Sur probablemente fueron consumidas por personas hace 13 000 años. El origen evolutivo de la papa cultivada aún no se ha descifrado de manera concluyente, y los genetistas, arqueobotánicos y taxonomistas por igual han explorado diferentes hipótesis durante casi nueve décadas (Reddy *et al.*, 2018; Spooner *et al.*, 2014).

Desde América del Sur, la papa comenzó tarde su viaje por el continente, pero adquirió gran importancia en 1530 cuando los conquistadores españoles buscaban oro en Perú. Ahora la papa se cultiva en más de 100 países, incluidos Europa, América del Norte y países de la antigua Unión Soviética, Asia, África y América Latina. A nivel de especies cultivadas, está bien documentado que diferentes especies (*Solanum tuberosum*, *Solanum curtilobum*, *Solanum ajanhuiri* y *Solanum juzepczukii*) y grupos (*S. tuberosum* Chilotanum y Andigenum) son el

resultado de vías evolutivas únicas y tienen diferentes patrones de distribución biogeográfica (de Haan y Rodríguez, 2016).

3.1.2. Taxonomía y nomenclatura

Todas las papas silvestres y cultivadas se clasifican en el género *Solanum* L., que incluye alrededor de 1 400 especies. *Solanum* es uno de los géneros de plantas con flores más grande y económicamente más importante del mundo e incluye cultivos como papa y tomate, frutas tropicales menos conocidas como el pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton) y el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cavanilles), plantas ornamentales como *S. laxum* Spreng y plantas utilizadas en la industria farmacéutica. La papa y sus parientes silvestres inmediatos portadores de tubérculos son un subconjunto de *Solanum*, clasificado como *Solanum* sección Petota Dumort (Jansky y Spooner, 2018).

Según el último estudio taxonómico de Spooner *et al.*, (2007, 2014) y Ovchinnikova *et al.*, (2011), la papa incluye: 107 especies silvestres; cuatro especies criollas (sinónimo de especies cultivadas nativas, ancestrales, tradicionales o indígenas); y cultivares modernos y mejorados cultivados en todo el mundo. De acuerdo a Reddy *et al.*, (2018), alrededor del 72% de las especies son diploides ($2n = 24$) y casi el 12% son tetraploides ($2n = 48$). El resto son triploides ($2n = 36$), pentaploides ($2n = 60$) y hexaploides ($2n = 72$). La papa ampliamente cultivada pertenece a la especie tetraploide *Solanum tuberosum* L.

3.1.3. Hábito de crecimiento y botánica

La papa es esencialmente un "cultivo de clima frío". La temperatura es el principal factor limitante para la producción de papa. En temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 30°C, el crecimiento del tubérculo se inhibe. La temperatura óptima del suelo para el cultivo es de 16°C-19°C, y a temperaturas medias diarias de 18°C a 20°C, se obtienen sus rendimientos óptimos. La papa requiere suministro continuo de agua y aireación adecuada del suelo. La formación de tubérculos comienza a partir de los 25 días después de la siembra. Para la floración, la papa requiere un período largo de luz durante el día, por lo tanto, en condiciones de campo, la floración de este cultivo puede ocurrir o no. La papa se puede cosechar en cualquier momento

después de unos 60-70 días después de la siembra hasta 100-110 días, en dependencia del ciclo vegetativo de la variedad (Reddy *et al.*, 2018).

La papa es una planta anual y herbácea que produce tubérculos comestibles subterráneos que se usan como vegetales. Las raíces son fibrosas y los tubérculos son una porción agrandada del tallo subterráneo llamada estolones. El tallo es angular, ramificado y da origen a hojas compuestas y alternas de hasta 30 cm de largo con pequeños folíolos interpuestos entre los folíolos principales. La inflorescencia es cimosa y las flores son de diferentes colores como amarillo, blanco, rojo, azul, rosa o morado con estambres amarillos insertados en el tubo corto de la corola, pero rara vez se producen en condiciones en las que los días son cortos y las temperaturas son altas (Spooner *et al.*, 2014).

La papa es autógama, pero una cierta cantidad de polinización cruzada ocurre principalmente por insectos (abejorros). Los frutos son pequeñas bayas no comestibles y contienen alcaloides venenosos (Solanina). En general, las variedades de flores blancas producen tubérculos de piel blanca y los tubérculos de piel rosada son producidos por variedades con flores de colores. Este cultivo se puede propagar a través de tubérculos, trozos cortados de tubérculos con al menos uno o dos ojos y "semillas verdaderas" (Ovchinnikova *et al.*, 2011).

3.1.4. Importancia nutricional y económica

La papa es una fuente de alimentos e ingresos en los países en desarrollo que puede cambiar en gran medida la seguridad alimentaria en estos países debido a su alta productividad por unidad de área y tiempo en comparación con otros cultivos. Se cultiva fundamentalmente por su tubérculo (tallo modificado bajo tierra) que contiene principalmente carbohidratos. Es una buena fuente de proteínas esenciales, vitaminas y minerales; es una fuente moderada de hierro y tiene un alto contenido de vitamina C que promueve la absorción de hierro; es una buena fuente de vitamina B₁, B₃ y B₆ y minerales como potasio, fósforo y magnesio. La papa también contiene antioxidantes dietéticos, que pueden desempeñar un papel importante en la prevención de enfermedades relacionadas con el envejecimiento, y fibra dietética, que beneficia la salud (Lutadio y Castaldi, 2009; Tolessa, 2018).

3.1.5. Aspectos agronómicos del cultivo

La papa es un cultivo de corta duración y se adapta bien en diferentes sistemas de cultivos múltiples e intercalados. Se puede cultivar en un amplio rango de suelos que tengan un pH en el rango de 5 a 7.5. A valores de pH bajos (<5), el cultivo puede sufrir toxicidad por iones de aluminio y otros metales pesados, así como disponibilidad restringida de P o Mo. A valores de pH superiores a 7.5, la disponibilidad de nutrientes, en particular del fósforo y los micronutrientes, puede reducirse, a pesar de que grandes cantidades totales de estos elementos pueden estar presentes en el suelo. El encalado puede mejorar los valores de pH bajos indeseables, aunque se debe tener cuidado para garantizar que la cal se aplique al menos 6 meses antes de la siembra. El cultivo es más propenso a la sarna común (*Streptomyces scabies*) cuando se cultivan en suelos de pH alto (Waterer, 2002)

El suelo franco o arenoso bien drenado a suelos arcillosos es bueno para el crecimiento de raíces, estolones y tubérculos, ya que suministran suficiente oxígeno. Los suelos con alta materia orgánica son deseables para el cultivo de papa. Se observa un buen crecimiento cuando los días son soleados y las noches son frescas con una temperatura no superior a 23°C. La formación de tubérculos comienza de 20 a 25 días después de la siembra. La mayor formación de tubérculos se produce cuando la temperatura del día es de 20°C y la temperatura de la noche es de 14°C. Antes de la siembra se realiza un pase de arado y dos pases de gradas y a los 30 días después de la siembra se realiza el aporque. El requerimiento total de agua varía entre 350-550 mm según el tipo de suelo, el clima y la duración del cultivo. La cosecha se lleva a cabo 10-15 días después de la interrupción del último riego. La papa tiene potencial para dar de 20 a 25 t ha⁻¹ en el caso de variedades tempranas y de 30 a 35 t ha⁻¹ en el caso de variedades tardías (Reddy *et al.*, 2018).

3.2. Nematodos fitoparasitos

Los nematodos fitoparásitos son un factor limitante significativo en la producción de papa y la calidad del tubérculo en varias regiones donde se produce este tubérculo. En general, los nematodos parásitos solos causan una pérdida anual estimada de US\$ 78 mil millones en todo el mundo y una pérdida promedio de rendimiento del cultivo del 10-15% (Lima *et al.*, 2018; Nicol *et al.*, 2011). Sin embargo, es probable que esto sea una subestimación significativa de la

cifra real, ya que muchos productores, particularmente en los países en desarrollo, desconocen el daño de los nematodos fitoparásitos, ya que los síntomas que causan a menudo son inespecíficos (Jones *et al.*, 2010).

Esta revisión de la literatura se enfoca sobre las principales especies de nematodos que afectan el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la papa a nivel mundial y se hace referencia a algunos métodos utilizados para el manejo de estos patógenos. Las principales especies de nematodos que causan mayor daño al cultivo de papa, incluyen a los nematodos enquistados *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*; el nematodo agallador *Meloidogyne* spp; (iii) el falso nematodo agallador *Nacobbus aberrans*; el nematodo lesionado *Pratylenchus* spp; y el nematodo de la pudrición de la raíz *Ditylenchus destructor*.

3.2.1. Nematodos enquistados (*Globodera* spp)

Los nematodos enquistados, el nematodo dorado *G. rostochiensis* y el nematodo pálido *G. pallida*, son las dos principales especies de nematodos que limitan el rendimiento del cultivo de papa en varias regiones subtropicales. Dentro de los géneros *Globodera*, hay alrededor de 15 especies menores y están ubicadas taxonómicamente junto al género *Heterodera*, pertenecen a la Orden Rhabditida, Suborden Tylenchina y Familia Heteroderidae, y debido a sus características morfológicas similares, *Globodera* spp., inicialmente se clasificó dentro del género *Heterodera* (Ferraz y Brown, 2016).

Se ha estimado que los nematodos enquistados causan pérdidas del 9% de la producción total de papa en el mundo. Este nematodo se originó en América del Sur, pero posteriormente se ha extendido a casi todas las principales regiones productoras de papa del mundo, y sigue siendo un importante patógeno cuarentenario (Hockland *et al.*, 2012). En América Central, se ha detectado en El Salvador (*G. rostochiensis*), Costa Rica, Guatemala y Panamá (*G. pallida*) (Senasica, 2013). En Nicaragua no se reporta la presencia de este nematodo, aunque hay registros de intercepciones de material de papa contaminado con este patógeno.

Las hembras maduras de *Globodera* spp., forman quistes, que son hembras muertas que se vuelven de color más oscuro y almacenan sus huevos dentro de su cuerpo cuando las

condiciones no son adecuadas para su supervivencia. En la especie *G. rostochiensis*, los quistes cambian de blanco a amarillo y luego se vuelven marrones, mientras que en *G. pallida*, los quistes no se vuelven amarillos, sino que pasan de blanco a marrón directamente. Esta etapa latente de los huevecillos dentro de los quistes puede durar hasta 20 años, incluso en ausencia de huésped u otras condiciones ambientales adversas (Ferraz y Brown, 2016). La especie *G. pallida* se desarrolla mejor a temperaturas entre 10°C y 18°C, mientras que *G. rostochiensis* se adapta mejor a temperaturas más cálidas, entre 15°C y 25°C (EPPO, 2013).

En el campo, la diseminación de los nematodos enquistados ocurre a través del agua de riego, escorrentía de lluvia, partículas de suelo infestadas, tubérculos-semilla de papa infestados, empaques contaminados de tubérculos-semilla de papa, calzado, pezuñas de animales, así como con implementos y maquinarias infestadas, entre otros. El rango de hospedantes de los nematodos enquistados incluye papa, tomate (*S. lycopersicum*), berenjena africana (*S. aethiopicum*), berenjena (*S. melongena*) y otras plantas solanáceas, incluidas *Physalis* spp., *Datura* spp., *Hyoscyamus* spp., *Physoclaina* spp., *Salpiglossis* spp. y *Saracha* spp (Lima *et al.*, 2018; Sullivan *et al.*, 2007).

Las plantas de papa infectadas con *Globodera* spp., muestran síntomas de amarillamiento similares a la deficiencia de agua y nutrientes, reducido tamaño y número de tubérculos, con pequeñas lesiones, haciéndolos no comercializables. Las plantas con las raíces dañadas se marchitan, especialmente durante las temperaturas más cálidas durante el día y pueden permanecer marchitas incluso con riego. El sistema radicular se vuelve menos desarrollado y las plantas producen una mayor cantidad de raíces laterales, lo que conduce a una disminución general del crecimiento de la planta, muerte prematura y no responde adecuadamente a la fertilización (EPPO, 2013; Lima *et al.*, 2018).

3.2.2. Nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp)

Los nematodos agalladores, *Meloidogyne* spp., son el grupo más agresivo, dañino y económicamente más importante de los nematodos fitoparásitos que afectan a los principales cultivos en todo el mundo. Actualmente, hay más de 90 especies descritas, de las cuales tres especies tropicales (*M. javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*) y una especie de clima templado

(*M. hapla*) representan hasta el 95% de los nematodos agalladores en suelos cultivados, algunas de las cuales tienen varias razas que parasitan más de 2000 especies de plantas susceptibles, y en general representan una amenaza real para la agricultura en todo el mundo (Carneiro *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 2013).

Los nematodos agalladores son parásitos endo-sedentarios. Las hembras maduras ponen huevos en una matriz gelatinosa protectora que forma una masa de huevos. Las masas de huevos se encuentran en la superficie de la raíz o pueden estar incrustadas en agallas o tejido vegetal (por ejemplo, en los tubérculos de papa), y pueden contener hasta 1000 huevos. Después de la embriogénesis, el juvenil de primera etapa (J1) muda dentro del huevo y pasa al juvenil infeccioso de segunda etapa (J2), que sale del huevo. Después de la eclosión de los huevos, el J2 migra a través del suelo hacia una raíz adecuada y utiliza enzimas especiales y el estilete para forzar la penetración en el cilindro vascular donde el patógeno establece su sitio de alimentación al inducir hipertrofia e hiperplasia de un grupo de células que conduce a la hinchazón y la formación de células gigantes. En este sitio, el nematodo pasa por tres mudas para convertirse en una hembra joven hinchada. Los machos adultos son vermiformes, no se alimentan de plantas infectadas; dejan las raíces y se mueven libremente en el suelo hasta que mueren. En los nematodos agalladores existe un desequilibrio en la proporción de sexos (machos y hembras) y muestran una variedad excepcional de estrategias reproductivas, que van desde la anfimixis hasta la partenogénesis mitótica obligatoria (Chitwood y Perry, 2009; Curtis *et al.*, 2009). La mayoría de las especies son partenogénicas y los machos solo se forman en condiciones adversas (Jones *et al.*, 2013).

Los síntomas en el campo incluyen amarillamiento, retraso del crecimiento, marchitez, manchas marrones y pudrición de los tubérculos. Los nematodos agalladores inducen hipertrofia e hiperplasia de las células infectadas que conducen a la inflamación de los tejidos comúnmente conocidos como agallas. Los tubérculos afectados también desarrollan agallas, conocidas como "palomitas de maíz", lo que en general conduce a la baja calidad de los tubérculos (Vovlas *et al.*, 2005). El aumento de la actividad metabólica en las células gigantes moviliza productos fotosintéticos desde los brotes hasta las raíces (Hofmann y Grundler, 2007). La reducción del rendimiento se manifiesta en cambios en la cantidad y/o calidad. Los umbrales de daño (el punto

en el que las pérdidas de rendimiento hacen que la producción del cultivo no sea económica) puede ser tan baja como 1 huevo por 100 cm³ de suelo (Greco y Di Vito, 2009).

La producción de papa en regiones más cálidas o en suelos arenosos con sistema de riego dará como resultado una mezcla de condiciones favorables de temperatura, estructura del suelo y de humedad, que puede conducir a un aumento significativo en la severidad de las infecciones por nematodos agalladores. Las especies de nematodos agalladores se han encontrado cada vez más en asociación con el cultivo de papa en los trópicos y subtrópicos, causando pérdidas económicas sustanciales que dependen principalmente de los cultivares utilizados, el clima favorable y la densidad de nematodos presentes durante la siembra (Jones *et al.*, 2013; Okendi y Moleleki, 2013; Vovlas *et al.*, 2005; Wesemael *et al.*, 2011).

En un estudio llevado a cabo en Brazil en campos de papa (Medina *et al.*, 2016), se encontró que *M. javanica* era la especie más prevalente (90%), seguida de *M. incognita* (6.4%), *M. arenaria* (4.3%) y *M. ethiopica* (2,1%). Los autores también encontraron que los aislamientos de *M. javanica* mostraron diferencias en la agresividad hacia dos cultivares de papa susceptibles que se probaron, lo cual brinda una información importante para evaluar progenies prometedoras para desarrollar materiales resistentes.

3.2.3. Nematodo lesionado (*Pratylenchus* spp)

Hay más de 60 especies de nematodos del género *Pratylenchus* que se distribuyen en todo el mundo. Las especies de *Pratylenchus* ocupan el tercer lugar después de los nematodos agalladores y enquistados, los cuales tienen el mayor impacto en los cultivos en todo el mundo. Algunos reportes indican que al menos 15 especies parasitan el cultivo de papa en todo el mundo, incluidas *P. andinus*, *P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. crenatus*, *P. minyus*, *P. penetrans*, *P. scribneri*, *P. thornei*, *P. vulnus*, *P. neglectus* y *P. zae* (Brodie *et al.*, 1993; Castillo y Vovlas, 2007).

Las especies de *Pratylenchus* son endoparásitos polífagos, migratorios, intercelulares con un ciclo de vida que dura de 3 a 8 semanas, dependiendo de la especie y las condiciones. Después del desarrollo dentro del huevo del estadio J1, el nematodo pasa hacia el estadio J2 que sale del

huevo. Todas las etapas juveniles y adultas posteriores son vermiformes y móviles, y pueden infectar las raíces de la planta huésped o los órganos de almacenamiento. Los adultos y los juveniles pueden entrar y salir de las raíces y las hembras ponen huevos dentro de las raíces o en el suelo adyacente. Los machos son comunes en algunas especies y ausentes en otras, aunque la reproducción es a menudo por partenogénesis. La supervivencia a más largo plazo en condiciones adversas puede ocurrir en etapa de huevo, o mediante anhidrobiosis, cuando los nematodos pueden sobrevivir en el suelo durante más de un año (Jones *et al.*, 2013).

Los diferentes estadios móviles del nematodo *Pratylenchus* penetran en las capas subepidérmicas de los tubérculos de papa y se mueven a través de la corteza donde se alimentan de las células del parénquima y causan lesiones que se convierten en manchas oscuras debido a la migración continua en los tejidos intra e intercelulares. Dependiendo de la temperatura favorable y las condiciones del suelo, pueden tener hasta 3 generaciones durante el ciclo de la papa y pueden alcanzar hasta 10 000 individuos por cada 10 g de muestras de papa. Además, las lesiones en la raíz y los tubérculos facilitan la invasión secundaria por patógenos bacterianos y fúngicos, lo que resulta en una mayor necrosis de los tubérculos (Castillo y Vovlas, 2007).

Los tubérculos infectados pueden pudrirse y tener una vida útil más corta en comparación con los tubérculos sanos. En el campo, las plantas infectadas tienen un crecimiento deficiente, se presentan en parches dispersos de plantas atrofiadas, muestran una floración tardía y una necrosis intensa en las raíces. En general, la infección de *Pratylenchus* spp., puede reducir el rendimiento hasta en un 50%, dependiendo de factores tales como la densidad poblacional de los nematodos, la temperatura, las condiciones del suelo y los cultivares de papa (Yan *et al.*, 2012).

3.2.4. Falso nematodo agallador (*Nacobbus aberrans*)

El falso nematodo agallador *Nacobbus aberrans* (Thorne & Allen) (Nematoda, Pratylenchidae) es un nematodo fitoparásito que se encuentra principalmente en algunas regiones de América del Norte (México y Estados Unidos) y América del Sur (Argentina, Perú, Ecuador, Chile y Bolivia). En los Estados Unidos, *N. aberrans* parasita la remolacha azucarera y otros cultivos de hortalizas, pero no infecta la papa, mientras que en México y algunos países de América del

Sur, esta especie de nematodos es un problema grave en los campos de papa. Esta especie es una plaga regulada por la cuarentena en varias regiones y se considera una plaga grave para la papa en la que se han reportado pérdidas de rendimiento de hasta el 55-90% (EPPO, 2009).

El hábito parasítico de este nematodo es complejo, con juveniles y adultos inmaduros migratorios y vermiformes que se mueven a través de la raíz y se alimentan de las células, causando cavidades y lesiones dentro de los tejidos de la raíz, similares a las causadas por el nematodo lesionador, *Pratylenchus* spp.; los juveniles también pueden salir repetidamente y volver a entrar en la raíz, causando daños adicionales (Manzanilla-López *et al.*, 2002).

Por el contrario, las hembras maduras son sedentarias e inducen una disolución parcial de las paredes celulares y la fusión de protoplastos celulares, lo que da como resultado sitios de alimentación especializados, llamados sincitios, que son similares a los causados por los nematodos enquistados (Jones y Payne, 1977). El sincitio puede crecer hasta 8 mm e interrumpe la estela (Manzanilla-López *et al.*, 2002). La capacidad de inducir estas estructuras parece haber evolucionado independientemente en *Nacobbus* y en los nematodos enquistados (Holterman *et al.*, 2009).

Las agallas radiculares se forman alrededor de los sitios de alimentación. Los machos adultos se pueden encontrar en las raíces o en el suelo y varios machos pueden rodear agallas que contienen hembras no fertilizadas. La mayoría de los huevos se depositan en un saco de huevos, similar a los producidos por *Meloidogyne* spp. El modo de reproducción de *Nacobbus* sigue sin estar claro, con un cierto grado de incertidumbre sobre si el nematodo es obligatoriamente anfimítico o si es posible la partenogénesis facultativa. El nematodo puede completar de 2 a 3 generaciones durante la temporada de cultivo, dependiendo de la temperatura óptima, que oscila entre 14°C y 25°C (Jones *et al.*, 2013).

3.2.5. Nematodo de la pudrición radicular (*Ditylenchus* spp)

El género *Ditylenchus* (Nematoda, Tylenchida) tiene una posición sistemática compleja y ha sido renombrado varias veces, con varios sinónimos. Actualmente, hay 81 especies descritas dentro de los géneros, y *D. angustus*, *D. dipsaci* y *D. destructor* son nematodos fitoparásitos de

importancia económica, y las dos últimas especies son patógenos importantes en el cultivo de papa, especialmente cuando se asocian con hongos patógenos. Además, estos nematodos se enumeran como plagas cuarentenadas en varios países (Lima *et al.*, 2018; Mwaura *et al.*, 2015).

La papa es el hospedante principal de *D. destructor*, sin embargo, el nematodo se puede alimentar de más de 70 cultivos y malezas, así como también de muchas especies de hongos. Por otro parte, *D. dipsaci* es un nematodo cosmopolita con la capacidad de colonizar más de 500 especies de plantas. Se han descrito varios patotipos o razas de *D. dipsaci*, por lo que es una especie de nematodos compleja (Subbotin *et al.*, 2005).

Los nematodos *D. destructor* y *D. dipsaci* dañan cualitativamente los tubérculos de papa al producir huecos cónicos, a menudo acompañados de ruptura y pudrición de la piel debido a la invasión secundaria de bacterias y hongos. Este tipo de daño hace que los tubérculos no sean comercializables, mientras que, al mismo tiempo, los tubérculos infestados, pero sin síntomas facilitan la diseminación de estos nematodos. Los síntomas causados por *D. destructor* y *D. dipsaci* en los tubérculos de papa difieren en la profundidad del daño dentro de los tejidos del tubérculo. Las lesiones causadas por *D. destructor* son superficiales, mientras que las de *D. dipsaci* con frecuencia se extienden a una profundidad considerable dentro del tubérculo de la papa (Mwaura *et al.*, 2015).

3.3. Manejo de nematodos fitoparásitos

El control efectivo de los nematodos en el cultivo de papa es en general difícil y complejo debido a la biología particular de estos patógenos: habitan en el suelo, tienen un ciclo de vida corto, se multiplican y aumentan su población rápidamente; existen pocos genotipos de plantas resistentes a ellos, y los nematicidas químicos tienen un efecto limitado debido a su interacción con los componentes del suelo o a sus efectos secundarios para los humanos y el medio ambiente (Pinheiro *et al.*, 2009).

Se recomienda el uso de más de una estrategia de manejo (manejo integrado) para optimizar la eficiencia del manejo. La información requerida para el manejo adecuado de los nematodos incluye: i) diagnóstico adecuado de especies y aislamientos de nematodos; ii) relación entre la

densidad poblacional y las pérdidas de rendimiento; iii) biología de los nematodos (ciclo de vida, requisitos ambientales, parasitismo); iv) rango de hospedantes; v) dinámica poblacional; vi) eficiencia de los métodos de manejo; y vii) viabilidad económica de los métodos de manejo (Greco, 1993).

Las estrategias de manejo generalmente utilizadas para los nematodos en el cultivo de papa son: i) sembrar en campos libres de nematodos fitoparásitos; ii) uso de tubérculo-semilla de papa certificado libre de nematodos; iii) rotación y sucesión de cultivos con plantas no hospederas; iv) barbecho (incluida la eliminación de malezas); v) uso de plantas antagonistas; vi) uso de plantas trampa; vii) uso de cultivares resistentes; viii) evitar la diseminación de los nematodos mediante la limpieza de herramientas y maquinarias, uso de agua de riego limpia y limpieza de calzado; ix) sembrar en la época menos favorecida para la reproducción de nematodos, es decir, la estación seca y fría; x) uso de regulaciones cuarentenarias para especies exóticas de nematodos, por ejemplo, nematodos enquistados *G. pallida* y *G. rostochiensis*; xi) eliminación de plantas infectadas; xii) aislamiento de áreas infestadas; xiii) uso de control biológico; xiv) prácticas culturales y de labranza y; xv) uso de nematicidas químicos (Grabau y Noling, 2019; Greco, 1993; Pinheiro *et al.*, 2009).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en áreas establecidas del cultivo de papa, en el periodo comprendido de enero a septiembre del año 2019 en las zonas de Miraflor, en el Departamento de Estelí, Nicaragua. La zona está ubicada entre las coordenadas 13°16'45" y 13°3'14" de latitud norte y los 86°16'48" y 86°14'2" longitud oeste con una altitud que va desde los 800 a los 1500 msnm. El sitio se caracteriza por tener una temperatura promedio anual menor a 24°C, precipitación anual que oscila entre 1200 y 1300 mm, distribuidos en los 12 meses del año y con humedad relativa promedio anual de 80.8%. Los suelos presentan una textura franco arcilloso y franco limoso y con un pH que puede variar entre 4.5 y 6.2 (MARENA, 2000).

4.2. Diseño metodológico

El estudio se enmarcó dentro de la *investigación cuantitativa no experimental*; es *descriptivo comparativo*, porque se comparó la ocurrencia de diversos géneros de nematodos fitoparásitos en 9 fincas de productores de papa en la zona de Miraflor del municipio de Estelí; y es un *estudio longitudinal* porque la información requerida se recolectó en el período comprendido de enero a septiembre del año 2019. La investigación constó de dos componentes: el primero estuvo relacionado a la toma de muestras en los campos de producción de papa para la identificación de los géneros de nematodos fitoparásitos y determinar su nivel poblacional en cada una de las nueve fincas seleccionadas. El segundo componente estuvo enfocado en la realización de un diagnóstico sobre las prácticas asociadas al manejo de nematodos fitoparásitos en las fincas de los productores (Hernández Sampieri *et al.*, 2010).

4.2.1. Muestreo de poblaciones de nematodos fitoparásitos

Se seleccionaron nueve productores, correspondientes a nueve fincas productoras de papa. (Cuadro 1). Los criterios que se utilizaron para la selección de los productores fueron que sus fincas fueran similares con respecto a condiciones climáticas, manejo del cultivo, que hayan sembrado en la misma época, que las áreas establecidas fueran de 1 a 100 manzanas y con acceso de entrada a la finca todo el tiempo.

Cuadro 1. Fincas seleccionadas para el estudio de la problemática de manejo fitosanitario de nematodos y área destinada para la siembra de papa

Finca	Área (ha)	Productor	Comunidad	Latitud X	Longitud Y
San Gabriel	10	Orlando Pérez	El Mojón	-86.2450714	13.243331
Los Robles	2	Gerald Ponce (Padre)	Los Robles	-86.2454376	13.203377
La Guayabita	4	Henry Castillo	El Zacatón	-86.2306213	13.2362328
El Milagro	5	Julio Cesar Castillo	El Zacatón	-86.2331467	13.2364235
Los Chilamates	8	Juan Daniel Blandón	El Zacatón	-86.2353516	13.2349424
El Delirio	4	Gerald Ponce (Hijo)	El Delirio	-86.2249199	13.2386646
Las Cabañas	5	Luis Felipe Pérez	El Cebollal	-86.2584915	13.2385578
La Margarita	100	Benito Castilblanco	Las Cruces	-86.2650681	13.2655621
La Posada	1	Juan Castellón	El Cebollal	-86.2518311	13.2451773
Área Total			139 ha		

a) Recolección de muestras de suelo

Se colectaron dos muestras compuestas de suelo por lote, mediante un muestreo aleatorio simple. Para la obtención de la muestra se utilizó un palín, después de remover la hojarasca superficial, cada muestra estaba constituida de 10 sub-muestras de suelo (Barker, 1985). Las muestras fueron tomadas a una distancia de 15 cm de la planta y a una profundidad de 15 cm. Las sub-muestras fueron homogenizadas, tomándose 1 kg de suelo por muestra, la que fue depositada en una bolsa de polietileno y debidamente rotulada para ser trasladada al laboratorio.

b) Recolección de muestras de tubérculos

La muestra consistió en la extracción de entre 3 y 5 tubérculos por planta seleccionados aleatoriamente, en los mismos puntos donde se tomó la muestra de suelo y raíz. Se realizaron de dos a tres submuestras, las que se homogenizaron para obtener una sola muestra, a partir de la cual se obtuvo una muestra de aproximadamente 100 g por lote. Cada muestra se colocó en una bolsa de polietileno, la que fue etiquetada debidamente.

Así mismo se registraron las coordenadas geográficas del sitio de recolección de las muestras, mediante una unidad portátil de posicionamiento global GPS, la información de campo respectiva, según datos del productor.

c) Recolección de muestras de raíces

Se tomaron muestras, mediante un muestreo aleatorio simple. Se tomaron 10 sub-muestras de raíces por cada lote, las cuales se homogenizaron, conformando una muestra de 25 g de raíces, luego cada muestra se colocó en una bolsa de polietileno, en la que se registró con un código de muestra en su respectiva etiqueta. Así mismo se registraron las coordenadas geográficas, mediante una unidad portátil de posicionamiento global GPS, y se tomó la información de campo respectiva, según datos del productor (Barker, 1985).

Las muestras de suelo, raíces y tubérculos una vez colectadas serán depositadas en una nevera portátil (termos) y en bolsas de polietileno, etiquetadas con sus respectivos datos de identidad y bien resguardadas, hasta llegar al laboratorio de destino.

4.2.2. Extracción e identificación de nematodos fitoparásitos

a) Nematodos de suelo

Para la extracción de nematodos se utilizó el método tamices más filtro de algodón (diámetro de poro de 75 μm). El suelo se homogenizó y se tomaron 200 gr por muestra, los cuales se depositaron en un recipiente de 2 litros de capacidad; luego se agitó la suspensión del suelo, y se dejó en reposo por un periodo de 30 segundos; el sobrenadante de la suspensión se decantó muy cuidadosamente sobre un conjunto de tamices de extracción (0.425, 0.25, 0.1 y 0.045 mm diámetro del poro); el sedimento último del recipiente se volvió a lavar dos veces seguido, para asegurar que los nematodos no se quedaran en el recipiente; el sedimento obtenido de los primeros dos tamices superiores (0.425, 0.25 mm), se lavaron con una pizeta sobre los tamices últimos de menor diámetro (0.1 y 0.045 mm); el material retenido en los tamices, se lavó con una pizeta, colocándose en un filtro de algodón, y luego en un plato metálico, conteniendo 100 ml de agua. Transcurrido un período de tiempo de 72 horas se tomaron 30 ml de la suspensión y se observaron en el microscopio (Flores-Choque *et al.*, 2017).

b) Nematodos en raíces

Las raíces colectadas fueron lavadas y cortadas en trozos con un diámetro de 1-2 cm largo. Se tomaron 10 g de raíz, los cuales se maceraron en una licuadora con 100 ml de agua por 30-60

segundos. Después se decantó la solución obtenida sobre los tamices de 0.425, 0.25, 0.1 y 0.045 mm y se recogieron los residuos de los tamices de 0.1 y 0.045 mm, depositándose el material en un beaker. A esta solución se le agregó agua, hasta obtener una solución de 100 ml de agua por 72 horas después de la extracción (Flores-Choque *et al.*, 2017).

c) Nematodos en tubérculos

Los tubérculos se lavaron con agua con el propósito de eliminar suelo y otras partículas. Una vez lavados se secaron con papel toalla, se tomaron 10 g de cascara del tubérculo, se colocaron en la licuadora a la que previamente se habían agregado 100 ml de agua y se licuó por 30 segundos. Luego, la mezcla licuada se colocó en un plato de extracción que contenía 100 ml de agua, observándose a lo inmediato en el microscopio (Imren, 2018),

4.2.3. Determinación de la composición poblacional de nematodos fitoparásitos

a) Conteo de poblaciones de nematodos

El número de nematodos extraídos, se identificaron directamente al microscopio, para los tres tipos de muestras, suelo, raíces y tubérculos. Para cada género de nematodos, las muestras se distribuyeron de acuerdo con las siguientes clases de frecuencia específicas: nematodos no detectados; 1-2 500; 2 501-5 000; 5 001-10 000; 10 001-20 000; 20 001-50 000; y > 50 000 individuos por cada 100 g de raíz fresca (Aguirre *et al.*, 2016).

b) Identificación de nematodos a nivel de género

Para la identificación de los géneros de nematodos, se utilizó microscopio óptico, haciendo uso de las claves taxonómicas, se identificaron de acuerdo a las características morfológicas de cada género según Mekete *et al.*, (2012) y Perry *et al.*, (2013).

Para la estimación de la composición poblacional de cada uno de los nematodos fitoparásitos más frecuentemente encontrados en el agroecosistema de papa, los valores obtenidos (número de nematodos en 100 g de muestra) en cada una de las fincas (nueve valores, porque eran nueve fincas) se fusionaron para calcular las variables que se detallan en la sección “4.4. Variables evaluadas”.

4.3. Encuesta a productores

Los criterios definidos para la selección de los productores fueron, tener más de 10 años de experiencia en el rubro, contar con áreas establecidas con el cultivo de papa desde 1 ha hasta 100 ha, con acceso de entrada todo el tiempo, por lo que, al aplicar dichos criterios, el número de productores seleccionados fue de nueve. Los aspectos importantes abordados en la encuesta fueron:

- Datos generales
- Manejo agronómico del cultivo
- Preparación del terreno
- Información del área de siembra
- Aspectos fitosanitarios
- Conocimiento de nematodos y su importancia

4.4. Variables evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables de acuerdo a Norton (1978):

a) Frecuencia absoluta:

$$FA = \frac{\text{Número de muestras que contienen una especie}}{\text{Número total de muestras recolectadas}} \times 100$$

b) Frecuencia relativa:

$$FR = \frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\text{Suma de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$$

c) Densidad relativa:

$$DR = \frac{\text{Número de individuos de una especie en una muestra}}{\text{Total de todos los individuos en una muestra}} \times 100$$

d) Densidad absoluta:

$$DA = \frac{\text{Número de individuos de una especie en una muestra}}{\text{Volumen o masa o unidad de la muestra}} \times 100$$

e) Valor de prominencia:

$$VP = \frac{\text{Densidad absoluta} \times \sqrt{\text{Frecuencia absoluta}}}{100}$$

4.5. Análisis de datos

Las diferencias en la abundancia de géneros de nematodos entre las nueve fincas (datos agrupados de nematodos por cada una de las nueve fincas) y entre muestras (suelo, raíz y tubérculos) se determinaron mediante el cálculo de las densidades absolutas y relativas, frecuencias absolutas y relativas con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Para determinar la prevalencia de géneros de nematodos fitoparásitos asociados con el cultivo de papa, se calcularon los valores de prominencia (VP) para cada una de las muestras y por fincas usando MS Excel. El procesamiento de las encuestas también se realizó usando MS Excel.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papa

Los nematodos fitoparásitos encontrados en el agroecosistema de papa en las nueve fincas muestreadas y en los tipos de muestras analizadas (suelo, raíz y tubérculos) fueron de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*. A nivel mundial se reportan 68 especies de nematodos fitoparásitos que afectan al cultivo de papa (Akyazi *et al.*, 2012). Sin embargo, los tres géneros reportados en el presente estudio se encuentran entre los más comunes habitando en los agroecosistemas de papa alrededor del mundo (Imren, 2018; Lima *et al.*, 2018). Los nematodos del género *Meloidogyne* se encontraron en un 47%, los del género *Pratylenchus* en un 28% y los del género *Helicotylenchus* en un 25% (Figura 1).

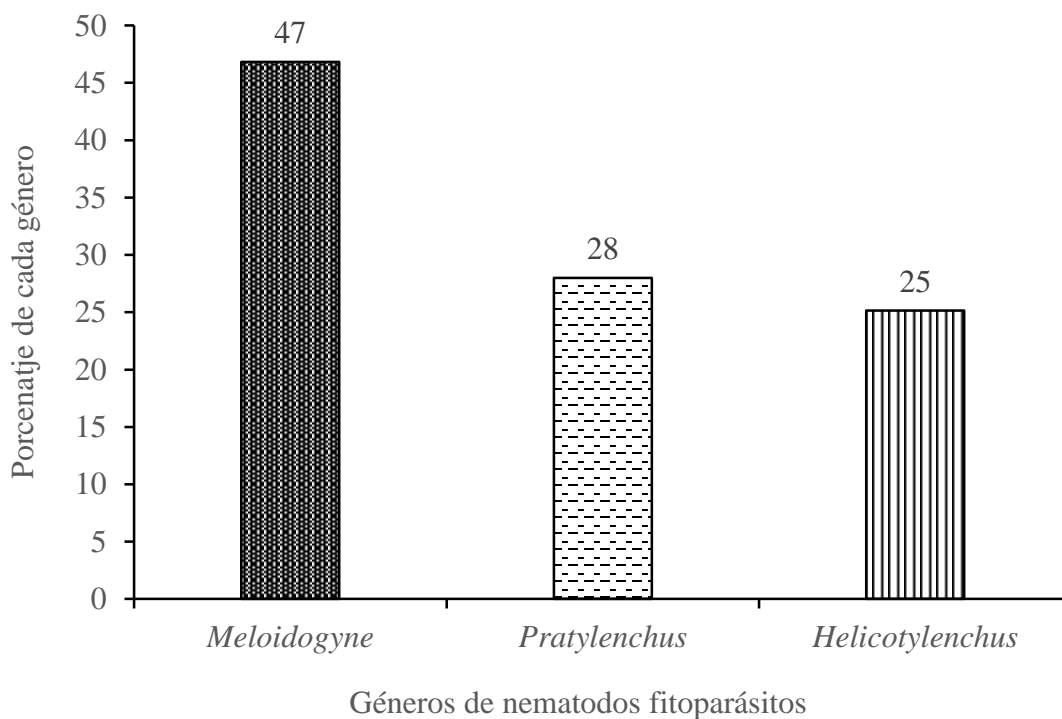


Figura 1. Géneros de nematodos fitoparásitos encontrados en nueve fincas y en tres diferentes muestras (suelos, raíz y tubérculos) en la zona de Miraflor, Estelí. 2019.

Al examinarse la población de nematodos por muestra de suelo, raíz y tubérculos se encontró que las mayores poblaciones correspondieron al género *Meloidogyne* en los tres tipos de muestras. Los nematodos de los géneros *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* mostraron un comportamiento similar en las tres muestras analizadas. Los tres géneros de nematodos fueron encontrados más frecuentemente en muestras de raíces (*Meloidogyne* – 1556 individuos, *Pratylenchus* – 889 individuos y *Helicotylenchus* – 778 individuos). Los menores valores poblacionales de los tres géneros de nematodos fueron observados en muestras de suelo, mientras que en muestras de tubérculos se encontraron valores poblacionales intermedios de los tres géneros de nematodos (Figura 2).

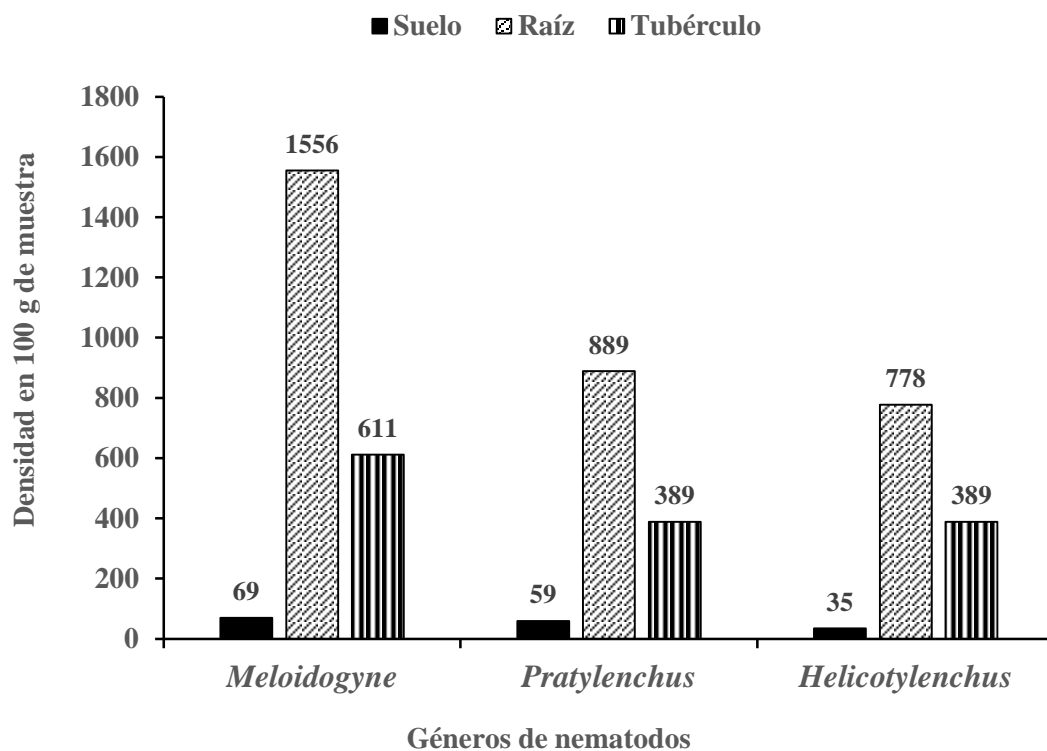


Figura 2. Densidad de nematodos fitopatógenos en muestras de suelo, raíz y tubérculos de papa.

El comportamiento de la densidad poblacional en 100 g de muestra de suelo, raíz y tubérculos de nematodos del género *Meloidogyne* fue analizada por cada una de las nueve fincas incluidas en el estudio. Este análisis reveló que el mayor número de nematodos de este género fue encontrado en las muestras de raíces, con valores intermedios en muestras de tubérculos y los menores valores en muestras de suelo. En la finca El Delirio fue donde se encontró la mayor cantidad de nematodos por 100 g de raíz (2 500 individuos), seguido de las fincas El Milagro (2 000 individuos) y La Margarita (2 000 individuos). En la finca Los Robles se encontró el menor valor de nematodos del género *Meloidogyne* por cada 100 g de raíz con (500 individuos). Es importante mencionar que en la finca Los Robles no se encontró ningún género de nematodos en las muestras de suelo y tubérculos, mientras que en la finca La Posada no se encontraron nematodos del género *Meloidogyne* en muestras de tubérculos (Figura 3).

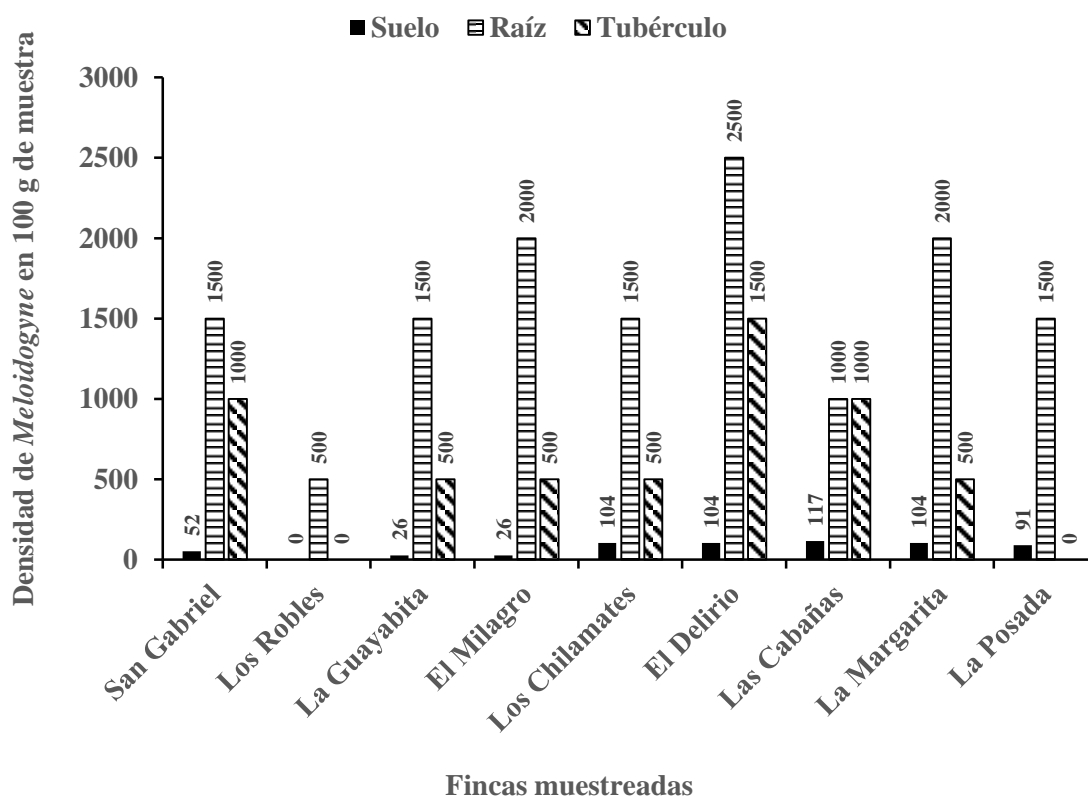


Figura 3. Comportamiento de la densidad poblacional de nematodos del género *Meloidogyne* en 100 g de muestras de suelo, raíz y tubérculos en nueve fincas evaluadas.

Con respecto a los nematodos del género *Pratylenchus*, en cinco fincas (San Gabriel, El Milagro, El Delirio, La Margarita y La Posada) se observaron valores de 1 000 a 2 500 individuos en 100 g de muestra de raíces. En la finca El Milagro se observaron los valores más altos en muestras de raíces (2 500 individuos). En las fincas San Gabriel y La Margarita no se encontraron nematodos del género *Pratylenchus* en muestras de tubérculos. En la finca Los Robles no se encontró en ninguna de las tres muestras (suelo, raíz y tubérculo) nematodos del género *Pratylenchus*. En general, en las muestras de suelo se encontraron los menores valores de densidad de individuos por 100 g de muestra (Figura 4).

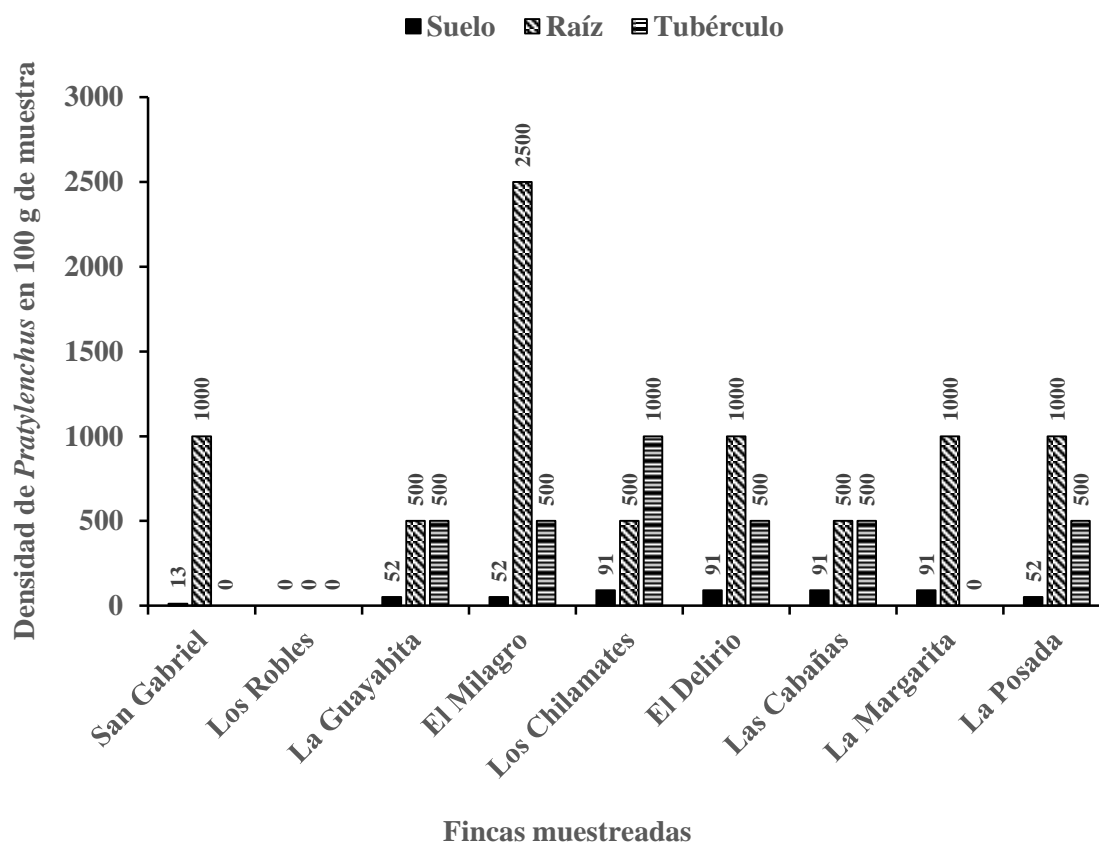


Figura 4. Comportamiento de la densidad poblacional de nematodos del género *Pratylenchus* en 100 g de muestras de suelo, raíz y tubérculos en nueve fincas evaluadas.

Los nematodos del género *Helicotylenchus* tuvieron un comportamiento similar a los otros dos géneros de nematodos antes mencionados (*Meloidogyne* y *Pratylenchus*) en relación al número encontrado por cada 100 g de muestra (suelo, raíz, tubérculo). En dos fincas (El Delirio y La Margarita), se observaron los mayores valores que alcanzaron los 1 500 individuos por cada 100 g de muestra de raíz. En las fincas Los Robles, Las Cabañas y La Posada se encontraron valores idénticos para muestras de raíces y tubérculos, los cuales variaron de 500 a 1 000 individuos por cada 100 g de muestra. En la finca San Gabriel no se encontró nematodos del género *Helicotylenchus* en muestras de raíces y tubérculos. Los menores valores de nematodos por cada 100 g de muestra fueron encontrados en las muestras de suelo, e incluso en algunas de ellas no se detectó la presencia de nematodos (Figura 5).

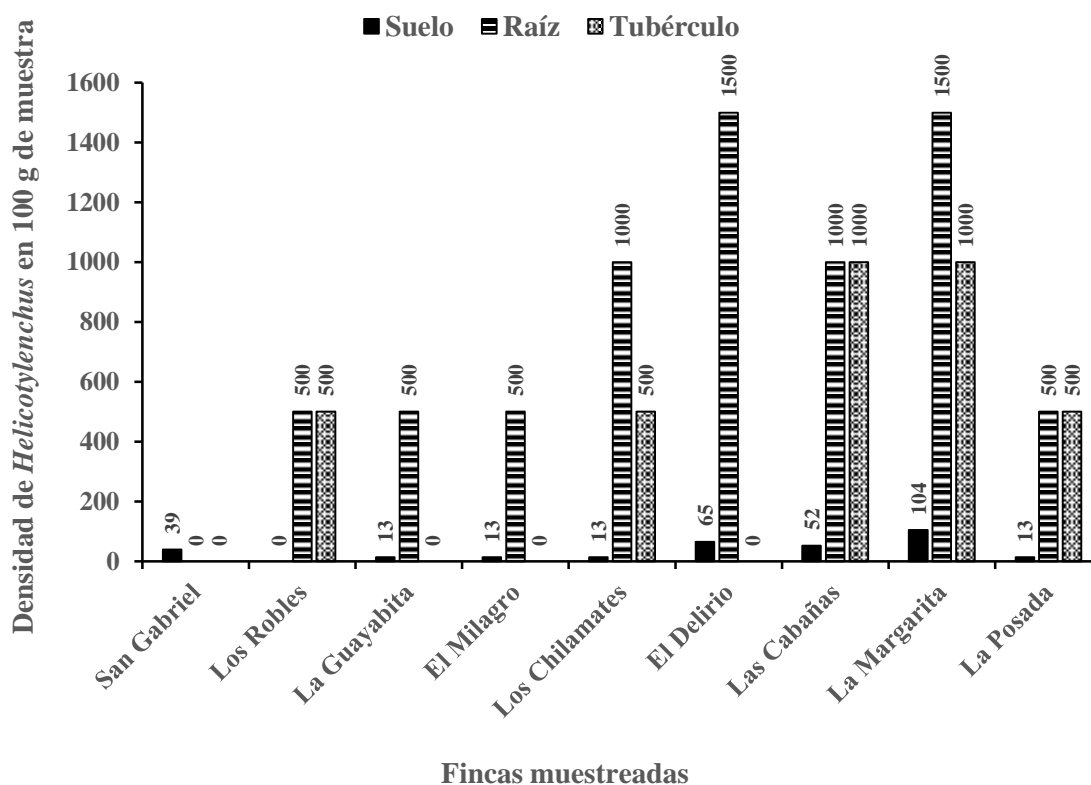


Figura 5. Comportamiento de la densidad poblacional de nematodos del género *Helicotylenchus* en 100 g de muestras de suelo, raíz y tubérculos en nueve fincas evaluadas.

5.2. Composición poblacional de nematodos fitoparásitos

La densidad absoluta y densidad relativa más alta en 100 g de muestra de suelo se observó en nematodos del género *Meloidogyne* (69 y 42.5% respectivamente), seguido de nematodos del género *Pratylenchus* (59 y 36.3%); mientras que los valores más bajos de densidad absoluta y densidad relativa (35 y 21.2% respectivamente) correspondieron a nematodos del género *Helicotylenchus* (Cuadro 2).

Las frecuencias absolutas y relativas de los tres géneros de nematodos en 100 g de muestra de suelo fueron iguales (89% y 33.3% respectivamente). Tomando en consideración tanto las densidades como las frecuencias, el valor de prominencia más alto se encontró en nematodos del género *Meloidogyne* (6.5), seguido de nematodos del género *Pratylenchus* (5.6) y el valor más bajo (3.3) se observó para nematodos del género *Helicotylenchus* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribuciones y prominencia de los principales géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de 100 g de suelo extraído de parcelas con cultivo de papa.

Género	Muestras de suelo (100 g)				
	DA ¹	DR ² (%)	FA ³ (%)	FR ⁴ (%)	VP ⁵
<i>Meloidogyne</i>	69	42.5	89	33.3	6.5
<i>Pratylenchus</i>	59	36.3	89	33.3	5.6
<i>Helicotylenchus</i>	35	21.2	89	33.3	3.3

¹DA = Densidad absoluta (densidad poblacional promedio en 100 g de suelo); ²DR = Densidad relativa; ³FA = Frecuencia absoluta; ⁴FR = Frecuencia relativa; ⁵VP = Valor de prominencia

En relación a las muestras de raíces, la densidad absoluta y densidad relativa más alta en 100 g de muestra de raíz se observó en nematodos del género *Meloidogyne* (1556 y 48.3% respectivamente), seguido de nematodos del género *Pratylenchus* (889 y 27.6%); mientras que los valores más bajos de densidad absoluta y densidad relativa (778 y 24.1% respectivamente) correspondieron a nematodos del género *Helicotylenchus* (Cuadro 3).

La frecuencia absoluta de los nematodos del género *Meloidogyne* fue de 100%, lo cual significa que fueron encontrados en todas las muestras de raíz de las nueve fincas muestreadas, mientras que la frecuencia relativa de estos nematodos fue de 36%. Para el caso de los nematodos del género *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*, las frecuencias absolutas y frecuencias relativas fueron iguales (89% y 32% respectivamente) (Cuadro 3). Tomando en consideración tanto las

densidades como las frecuencias, el valor de prominencia más alto se encontró en nematodos del género *Meloidogyne* (155.6), seguido de nematodos del género *Pratylenchus* (83.9) y el valor más bajo (73.4) se observó para nematodos del género *Helicotylenchus* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribuciones y prominencia de los principales géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de 100 g raíces tomadas de plantas de papa.

Género	Muestras de raíz (100 g)				
	DA ¹	DR ² (%)	FA ³ (%)	FR ⁴ (%)	VP ⁵
<i>Meloidogyne</i>	1556	48.3	100	36.0	155.6
<i>Pratylenchus</i>	889	27.6	89	32.0	83.9
<i>Helicotylenchus</i>	778	24.1	89	32.0	73.4

¹DA = Densidad absoluta (densidad poblacional promedio en 100 g de raíces); ²DR = Densidad relativa; ³FA = Frecuencia absoluta; ⁴FR = Frecuencia relativa; ⁵VP = Valor de prominencia

Con respecto a las muestras de tubérculos, la densidad absoluta y densidad relativa más alta en 100 g de muestra de tubérculos se observó en nematodos del género *Meloidogyne* (611 y 44.0% respectivamente), mientras en nematodos del género *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* ambas densidades fueron iguales (389 y 28.0% respectivamente) (Cuadro 4).

La frecuencia absoluta y frecuencia relativa de los nematodos del género *Meloidogyne* fue de 78% y 38.8% respectivamente. Para los nematodos del género *Pratylenchus*, la frecuencia absoluta y relativa fue de 67% y 33.3% respectivamente, mientras que para los nematodos del género *Helicotylenchus* la frecuencia absoluta y relativa fue 56% y 27.9% respectivamente (Cuadro 4). Tomando en consideración tanto las densidades como las frecuencias, el valor de prominencia más alto se encontró en nematodos del género *Meloidogyne* (155.6), seguido de nematodos del género *Pratylenchus* (83.9) y el valor más bajo (73.4) se observó para nematodos del género *Helicotylenchus* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Distribuciones y prominencia de los principales géneros de nematodos fitoparásitos en muestras de 100 g tubérculos de papa.

Género	Muestras de tubérculos (100 g)				
	DA ¹	DR ² (%)	FA ³ (%)	FR ⁴ (%)	VP ⁵
<i>Meloidogyne</i>	611	44.0	78	38.8	54.0
<i>Pratylenchus</i>	389	28.0	67	33.3	31.8
<i>Helicotylenchus</i>	389	28.0	56	27.9	29.1

¹DA = Densidad absoluta (densidad poblacional promedio en 100 g de tubérculos); ²DR = Densidad relativa; ³FA = Frecuencia absoluta; ⁴FR = Frecuencia relativa; ⁵VP = Valor de prominencia

Al comparar los valores de prominencia para los tres géneros y para las tres muestras analizadas se encontró que los valores más altos se encontraron en las muestras de raíces para los nematodos del género *Meloidogyne*. Los valores de prominencia más bajos se observaron en las muestras de suelo fueron muy similares para los tres géneros de nematodos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de los valores de prominencia entre los géneros de nematodos y entre muestras.

Género	Valor de prominencia		
	Suelo	Raíz	Tubérculos
<i>Meloidogyne</i>	6.5	155.6	54.0
<i>Pratylenchus</i>	5.6	83.9	31.8
<i>Helicotylenchus</i>	3.3	73.4	29.1

Los valores de densidad absoluta y densidad relativa más altos para los tres géneros de nematodos en su conjunto se observaron en la finca La Margarita (100 y 20.4% respectivamente), seguido de las fincas El Delirio y Las Cabañas con 87 y 17.7% respectivamente. En las fincas La Guayabita y El Milagro, se observaron los valores más bajos de densidad absoluta y densidad relativa con 30 y 6.2% respectivamente. Aunque las densidades de nematodos fueron diferentes entre fincas, las frecuencias absolutas y relativas fueron iguales (100% y 12.5% respectivamente) en ocho de las nueve fincas. En la finca Los Robles no se encontraron nematodos en las muestras de suelo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribuciones y prominencia de nematodos fitoparásitos por fincas en muestras de 100 g suelo.

Finca	Muestra 100 g de suelo				
	DA ¹	DR ² (%)	FA ³ (%)	FR ⁴ (%)	VP ⁵
San Gabriel	35	7.1	100	12.5	3.5
Los Robles	0	0.0	0	0.0	0.0
La Guayabita	30	6.2	100	12.5	3.0
El Milagro	30	6.2	100	12.5	3.0
Los Chilamates	69	14.2	100	12.5	6.9
El Delirio	87	17.7	100	12.5	8.7
Las Cabañas	87	17.7	100	12.5	8.7
La Margarita	100	20.4	100	12.5	10.0
La Posada	52	10.6	100	12.5	5.2

¹DA = Densidad absoluta (densidad poblacional promedio en 100 g de tubérculos); ²DR = Densidad relativa; ³FA = Frecuencia absoluta; ⁴FR = Frecuencia relativa; ⁵VP = Valor de prominencia

En muestras de raíces, los valores de densidad absoluta y densidad relativa más altos para los tres géneros de nematodos en su conjunto se observaron en las fincas El Milagro y El Delirio (1667 y 17.2% respectivamente), seguido de las fincas La Margarita (1500 y 15.5% respectivamente), Los Chilamates y La Posada con 1000 y 10.3% respectivamente. En las Fincas San Gabriel, La Guayabita y Las Cabañas se observaron densidades absolutas y relativas iguales con 833 y 8.6% respectivamente. En la finca La Los Robles se observó los valores más bajos de densidad absoluta y densidad relativa con 333 y 3.4% respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Distribuciones y prominencia de nematodos fitoparásitos por fincas en muestras de 100 g raíces.

Finca	Muestra 100 g de raíz				
	DA ¹	DR ² (%)	FA ³ (%)	FR ⁴ (%)	VP ⁵
San Gabriel	833	8.6	67	8.0	68.0
Los Robles	333	3.4	67	8.0	27.2
La Guayabita	833	8.6	100	12.0	83.3
El Milagro	1667	17.2	100	12.0	166.7
Los Chilamates	1000	10.3	100	12.0	100.0
El Delirio	1667	17.2	100	12.0	166.7
Las Cabañas	833	8.6	100	12.0	83.3
La Margarita	1500	15.5	100	12.0	150.0
La Posada	1000	10.3	100	12.0	100.0

¹DA = Densidad absoluta (densidad poblacional promedio en 100 g de tubérculos); ²DR = Densidad relativa; ³FA = Frecuencia absoluta; ⁴FR = Frecuencia relativa; ⁵VP = Valor de prominencia

En lo que respecta a las muestras de tubérculo, los valores de densidad absoluta y densidad relativa más altos para los tres géneros de nematodos en su conjunto se observaron en la finca Las Cabañas (833 y 20% respectivamente), seguido de las fincas Los Chilamates y El Delirio con 667 y 16% respectivamente. En las Fincas San Gabriel, La Guayabita, El Milagro y La Posada se observaron densidades absolutas y relativas iguales con 333 y 8% respectivamente. En la finca La Los Robles se observó los valores más bajos de densidad absoluta y densidad relativa con 167 y 4% respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Distribuciones y prominencia de nematodos fitoparásitos por fincas en muestras de 100 g tubérculo.

Muestra 100 g de tubérculo					
Finca	DA¹	DR² (%)	FA³ (%)	FR⁴ (%)	VP⁵
San Gabriel	333	8	33	5.6	19.2
Los Robles	167	4	33	5.6	9.6
La Guayabita	333	8	67	11.1	27.2
El Milagro	333	8	67	11.1	27.2
Los Chilamates	667	16	100	16.7	66.7
El Delirio	667	16	67	11.1	54.4
Las Cabañas	833	20	100	16.7	83.3
La Margarita	500	12	67	11.1	40.8
La Posada	333	8	67	11.1	27.2

¹DA = Densidad absoluta (densidad poblacional promedio en 100 g de tubérculos); ²DR = Densidad relativa; ³FA = Frecuencia absoluta; ⁴FR = Frecuencia relativa; ⁵VP = Valor de prominencia

En general, los valores más altos de prominencia para los tres géneros de nematodos en su conjunto (datos fusionados) se encontraron en las muestras de raíces de las nueve fincas incluidas en el estudio. Los valores de prominencia iguales o mayores a 100 en muestras de raíces se observaron en las fincas El Milagro (166.7), El Delirio (166.7), La Margarita (150) y La Posada (100). En el resto de fincas para muestras de raíces, los valores oscilaron entre 27.2 y 83.3. En muestras de suelo, los valores de prominencia se ubicaron en un rango de 0 a 10, mientras que, en muestras de tubérculos, los valores oscilaron entre 9.6 y 83.3. En la finca Los Robles, en muestras de suelo no se encontraron nematodos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de los valores de prominencia entre fincas y entre muestras de suelo, raíces y tubérculos.

Finca	Valor de prominencia		
	Suelo	Raíz	Tubérculo
San Gabriel	3.5	68.0	19.2
Los Robles	0.0	27.2	9.6
La Guayabita	3.0	83.3	27.2
El Milagro	3.0	166.7	27.2
Los Chilamates	6.9	100.0	66.7
El Delirio	8.7	166.7	54.4
Las Cabañas	8.7	83.3	83.3
La Margarita	10.0	150.0	40.8
La Posada	5.2	100.0	27.2

De acuerdo a las densidades y frecuencias de los tres géneros de nematodos encontrados en las tres muestras de suelo analizadas (suelo, raíz y tubérculo) en las nueve fincas muestreadas en este estudio, las poblaciones más prominentes fueron las del género *Meloidogyne*, seguidas de las poblaciones del género *Pratylenchus* y por último las poblaciones del género *Helicotylenchus*. Estos resultados coinciden con los de Gad *et al.*, (2018), los cuales encontraron que las mayores densidades de nematodos fueron para el nematodo agallador, *Meloidogyne* spp., y el nematodo lesionado, *Pratylenchus* spp.

En un estudio llevado a cabo por Imren (2018) con el objetivo de investigar la ocurrencia y distribución de nematodos fitoparásitos asociados con el cultivo de papa, encontró que la frecuencia absoluta y relativa para *Meloidogyne* fueron de 10% y 10% respectivamente, para *Pratylenchus* – 52.5% y 89% respectivamente y para *Helicotylenchus* – 40% y 47.5% respectivamente. Esas frecuencias reportadas en ese estudio no coinciden con las frecuencias encontradas en el presente estudio, ya que la frecuencia absoluta y relativa para *Meloidogyne* fueron 100% y 36% respectivamente, para *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* – 89% y 32% para cada uno respectivamente.

Los valores de prominencia relativa que indican la frecuencia de aparición de un género de nematodo en particular en comparación con la de todos los géneros (Karuri *et al.*, 2017), fueron diferentes entre las muestras (suelo, raíz y tubérculos) y entre las fincas evaluadas.

En el presente estudio se encontraron valores de prominencia más altos en muestras de suelo para los nematodos del género *Meloidogyne* (6.5), *Pratylenchus* (5.6) y *Helicotylenchus* (3.3) en comparación con los valores reportados por Anupriya *et al.*, (2019) para los mismos géneros (*Meloidogyne* – 0.9, *Pratylenchus* – 4.2 y *Helicotylenchus* – 1.5).

5.3. Prácticas asociadas al manejo de nematodos en papa

En la encuesta que se hizo a los nueve productores se les consultó sobre el tipo de variedades de papa que utilizaban; se les preguntó también si realizaban desinfección de la semilla-tubérculo antes de la siembra y que productos utilizaban para la desinfección; se les consultó sobre la desinfección de herramientas e implementos agrícolas y los productos que utilizaban para tal fin; se les solicitó información también relacionada a si implementaban rotación de

cultivos y con qué cultivos; cuál era el manejo de nematodos que implementaban en la finca y cada cuanto hacían un análisis de nematodos de sus suelos. A continuación, se detallan los hallazgos más importantes encontrados a través del análisis de la encuesta y que están relacionados con las prácticas que realizan los productores para el manejo de nematodos en sus parcelas de papa.

5.3.1. Variedades de papa utilizadas por los productores

Se identificaron cinco variedades de papa que se cultivaron en el período del estudio. En la finca Las Cabañas, al momento de llevar a cabo el muestreo de nematodos se observó que tenían sembradas cuatro variedades de papa y en la finca La Margarita se encontraron tres variedades. En las fincas San Gabriel, Los Robles, La Guayabita, Los Chilamates y La Posada tenían sembradas dos variedades. En las fincas El Milagro y El Delirio sólo sembraron una variedad (Cuadro 10).

Cuadro 10. Variedades de papa utilizadas por productores de papa en la zona de Miraflores, Estelí, en el ciclo de primera del año 2019.

Nº	Finca	Variedades
1	San Gabriel	Arnova-Picasso
2	Los Robles	Picasso-Evora
3	La Guayabita	Carolus-Evora
4	El Milagro	Picasso
5	Los Chilamates	Picasso-Carolus
6	El Delirio	Provento
7	Las Cabañas	Arnova-Evora-Picasso-Provento
8	La Margarita	Arnova-Picasso-Provento
9	La Posada	Arnova-Picasso

5.3.2. Desinfección de semilla-tubérculo, herramientas e implementos agrícolas

a) Desinfección de la semilla-tubérculo

En el 56% de las fincas, es decir, cinco fincas, se utilizó una combinación del fungicida Carbendazim 50 SC (carbendazim ®) y el insecticida-nematicida Rugby 200 CS (cadusafos ®). Las fincas que utilizaron esta combinación fueron: La Guayabita, Los Chilamates, El Delirio, Las Cabañas y La Margarita. En el 22% de las fincas (San Gabriel y Los Robles) se utilizó

solamente Carbendazim 50 SC, mientras que en la finca El Milagro (11%) se utilizó solamente el insecticida-nematicida Rugby 200 CS. En la finca La Posada (11%), no se realizó desinfección de la semilla-tubérculo y el productor afirmó que nunca lo hacen porque la semilla que usan es certificada y ya está desinfectada al momento de comprarla (Figura 6).

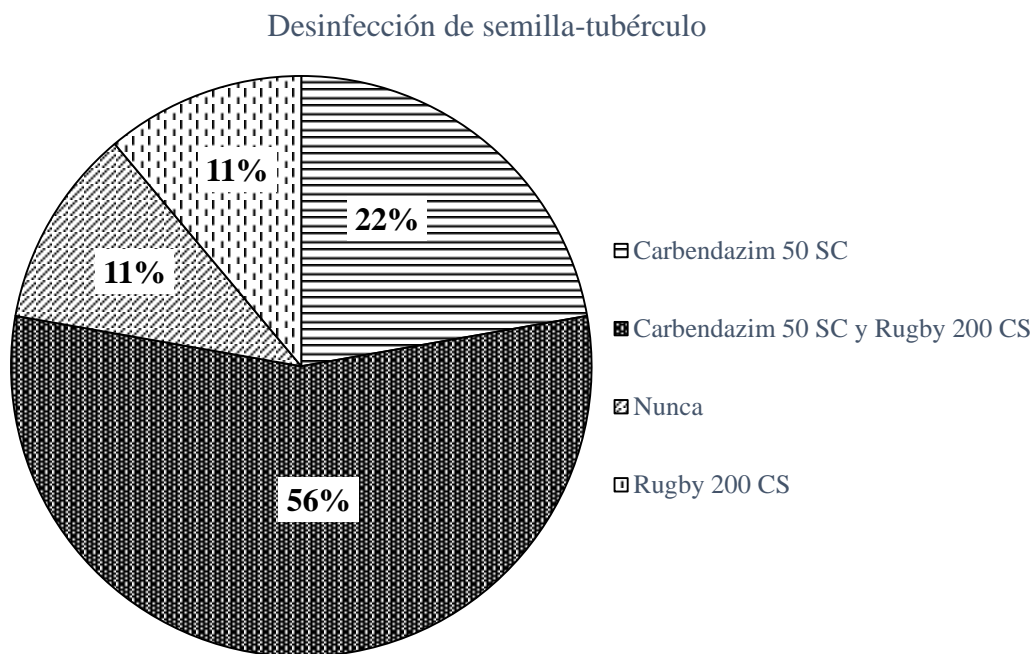


Figura 6. Utilización (en porcentaje) de productos químicos para la desinfección de la semilla-tubérculo antes de la siembra.

Por un lado, el uso del fungicida Carbendazim solo protegió el tubérculo-semilla contra hongos de suelo, pero no contra nematodos. Por otro lado, la utilización de Rugby 200 CS como desinfectante de tubérculo-semilla no está recomendado, por lo tanto, su aplicación fue innecesaria, lo que condujo a un gasto económico injustificado para el productor y un posible impacto negativo sobre el ambiente.

b) Desinfección de herramientas e implementos agrícolas

En el 45% de las fincas, es decir, cuatro fincas (San Gabriel, Los Robles, Los Chilamates y La Margarita) se utilizó cloro al 5% (15 ml de cloro por cada galón de agua) y Vanodine (complejo iodo-etanol) a una dosis de 625 ml en 200 litros de agua. En el 33% de las fincas (La Guayabita, Las Cabañas y La Posada) se utilizó solamente Vanodine, mientras que en el 22% de ellas (El Milagro y El Delirio) se utilizaron los fungicidas Carbendazim 50 SC y Clorotalonil 72 SC

(clorotalonil ®). Es importante destacar que los fungicidas Carbendazim y Clorotalonil no están recomendados para la desinfección de herramientas e implementos agrícolas, por consiguiente, en las fincas donde se utilizaron se hizo un mal uso de estos fungicidas (Figura 7).

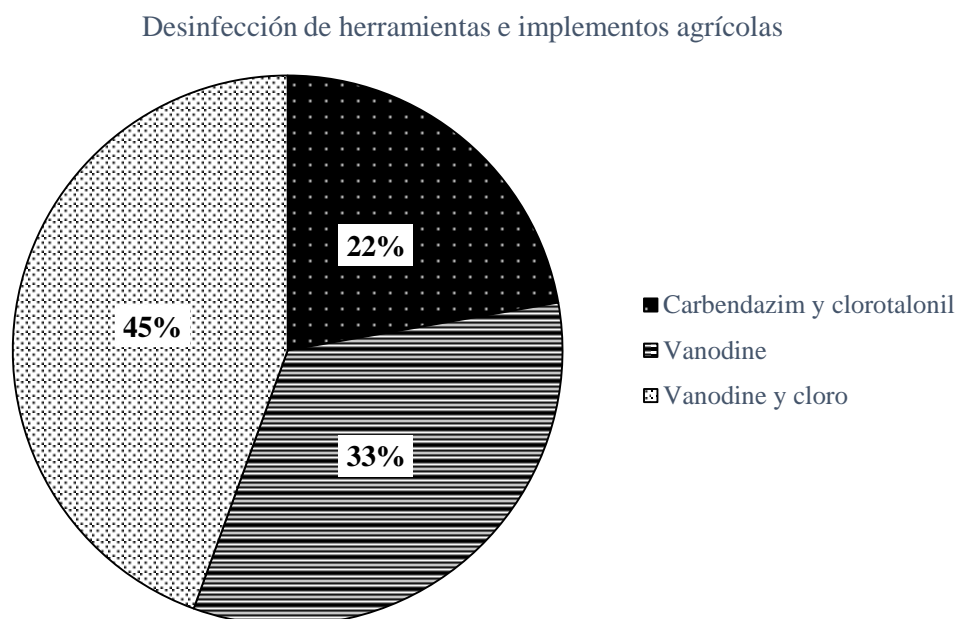


Figura 7. Utilización (en porcentaje) de productos químicos para la desinfección de herramientas e implementos agrícolas durante las labores de cultivo.

El uso de Vanodine y cloro están recomendados para la desinfección de herramientas e implementos agrícolas en los sistemas de producción de papa (EPPO, 2006), pero no el Carbendazim y el Clorotalonil, ya que son fungicidas que no están recomendados para este fin, por lo tanto, el haberlos utilizado de esta manera se considera una mala práctica que tiene efectos negativos sobre la economía del productor y en el ambiente.

5.3.3. Rotación de cultivos

El 45% de los productores, dueños de las fincas San Gabriel, Los Robles, El Delirio y La Posada aseveraron que ellos no realizan rotación de cultivos ni como práctica cultural rutinaria ni para el manejo de nematodos. El 22% de los productores que correspondieron a las fincas La Guayabita y Las Cabañas, dijeron que realizan rotación de cultivos en la siguiente secuencia: papa-maíz-frijol-repollo, es decir alternan tres cultivos antes de volver a sembrar papa en la misma parcela. Un 11% que correspondió a la finca La Margarita hace rotación de cultivos con

el siguiente esquema maíz-frijol-repollo-pasto; otro 11% (finca El Milagro) afirmaron hacer rotación en el siguiente orden: maíz-frijol-pasto; y por último en la finca Los Chilamates que representa también un 11%, el productor dijo que implementa rotación con maíz-repollo antes de volver sembrar papa en la misma parcela (Figura 8).

□ Maíz-Frijol-Pasto ■ Maíz-Frijol-Repollo ▨ Maíz-Frijol-Repollo-Pasto ▩ Maíz-Repollo ◻ No

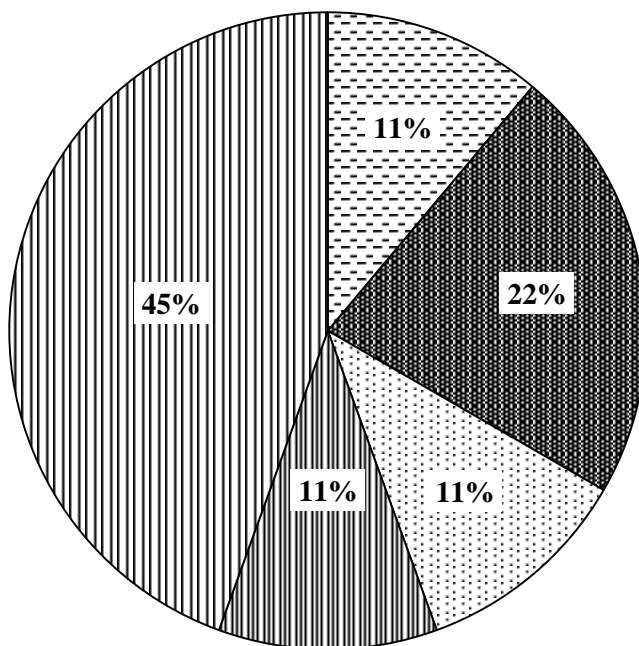


Figura 8. Porcentaje de fincas que utilizan o no la rotación de cultivos como una alternativa de manejo de nematodos.

La rotación de cultivos para que sea efectiva en el manejo de nematodos debe durar al menos 4 años y debe ir acompañada de un manejo efectivo de malezas. Debido a este requisito, la rotación de cultivos puede que no sea la mejor táctica para el manejo nematodos, desde el punto de vista económico, en agroecosistemas de papa. En algunos estudios se han utilizado esquemas de rotación que incluyen maíz y sorgo para el manejo de nematodos del género *Meloidogyne*. En general, las brásicas como el repollo, la coliflor, la mostaza y el repollo chino, se han utilizado en esquemas de rotación para el manejo de nematodos agalladores (Lima *et al.*, 2018).

En el presente estudio, en algunas fincas se usó esquemas de rotación que incluyeron hasta cuatro cultivos, incluyendo poaceas y brásicas, sin embargo, las poblaciones de nematodos no fueron diferentes de aquellas fincas donde no se utilizó la rotación de cultivos. Por lo tanto, es

evidente que la táctica de manejo no funcionó debido a que el tiempo de rotación no fue suficiente para bajar las poblaciones de nematodos. Otro aspecto a tener en cuenta es que hay poca investigación en agricultura de pequeña escala con respecto al uso de secuencias de rotación de cultivos y cultivos intercalados como prácticas para el manejo de nematodos.

5.3.4. Manejo de nematodos

Según la información recolectada de la encuesta, para el manejo de nematodos, los productores de papa en las nueve fincas seleccionadas, hacen uso de productos químicos sintéticos, aplicación de cal al suelo y solarización. Estas prácticas de manejo, en algunas ocasiones se constató que las realizan en combinación, por ejemplo, uso de productos químicos sintéticos en combinación con solarización o con cal.

En un 45% de las fincas (La Guayabita, Los Chilamates, Las Cabañas y La Margarita) se utilizó el insecticida-nematicida Rugby 200 CS (cadusafos ®) y Vydate 24 SL (oxamyl ®). En las fincas El Delirio y La Posada que representan un 22% de la muestra, hicieron uso de la solarización como medida de manejo de nematodos. En el restante 33% de las fincas, se combinó el insecticida-nematicida Rugby 200 CS con solarización (finca San Gabriel), el insecticida-nematicida Vydate 24 SL y solarización (finca Los Robles) y el insecticida-nematicida Vydate 24 SL con cal (finca El Milagro) (Figura 9).

El uso de nematicidas para disminuir las densidades poblacionales de nematodos por debajo de un umbral de daño es, en general, efectivo pero inadecuado para el sector agrícola de pequeños productores, ya que estos productos químicos son caros, generalmente tóxicos y, por lo tanto, peligrosos para los humanos, el ganado y el medio ambiente (Mashela *et al.*, 2017).

Se ha reportado que la solarización del suelo es muy efectiva para el manejo de nematodos y otros fitopatógenos nativos del suelo, sin embargo, esta práctica puede que no sea efectiva si los nematodos se encuentran en capas profundas del suelo, ya que estos nematodos pueden regresar a capas superficiales del suelo cuando se realiza el arado (Hailu y Hailu, 2020).

Manejo de nematodos

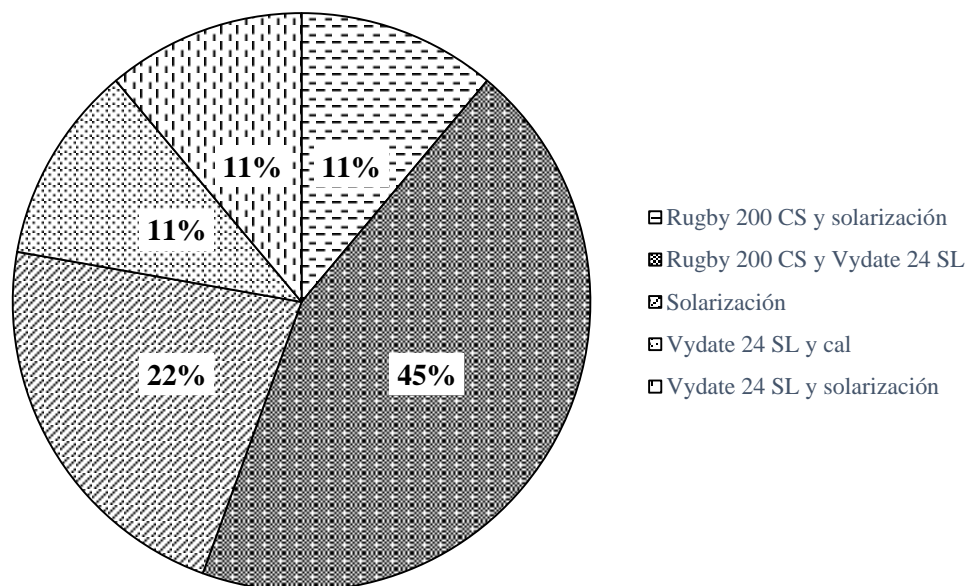


Figura 9. Productos químicos, materiales y prácticas utilizadas por los productores de papa en el manejo de nematodos fitoparásitos.

5.3.5. Análisis para la detección de nematodos

En tres fincas (San Gabriel, La Guayabita y Los Chilamates) que representan un 33% de la muestra en el estudio, los análisis para la detección de nematodos se realizaron cada seis meses. Tres productores (33%), dueños de las fincas Los Robles, El Delirio y La Posada respondieron que nunca realizan análisis para la detección de nematodos. Dos productores (22%), dueños de las fincas El Milagro y La Margarita afirmaron que anualmente envían muestras de suelo a los laboratorios para la detección de nematodos fitoparásitos. Un productor (11%), dueño de la finca Las Cabañas aseveró que sus análisis los hace cada dos años (Figura 10).

Las poblaciones de la mayoría de los nematodos fitoparásitos en el suelo tienden a ser más altas después de que los cultivos han alcanzado la senescencia. Esta es la mejor época del año para tomar muestras de nematodos. La toma de muestras en esa época les permitirá a los productores tomar decisiones sobre que táctica de manejo implementarán o qué cultivo sembrarán en el siguiente ciclo agrícola, todo esto enmarcado dentro de una estrategia de manejo integrado de nematodos fitoparásitos. Los campos con antecedentes de problemas de nematodos pueden

muestrearse más frecuentemente para determinar si la población de nematodos se está acercando o ha excedido un umbral económico (Korayem *et al.*, 2012).

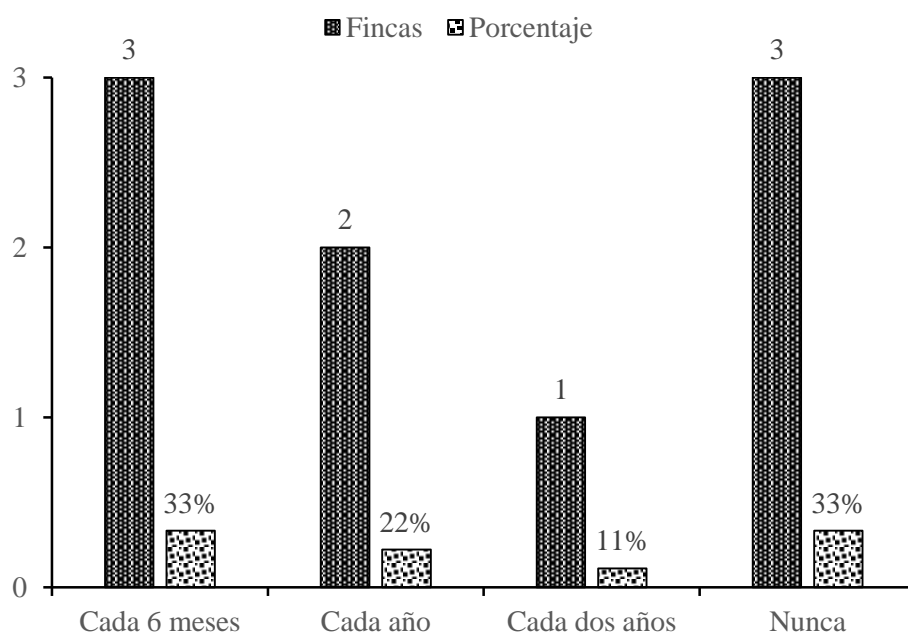


Figura 10. Frecuencia con la que realizan los análisis de suelo para la detección de nematodos en las parcelas de papa.

Se espera que nuevas amenazas a la producción agrícola de especies no descritas o recientemente distribuidas de nematodos fitoparásitos continúen ocurriendo y sean una preocupación constante en el contexto de un movimiento sin precedentes de materias primas de origen vegetal en todo el mundo, el cambio climático, el crecimiento continuo de la población humana y los cambios consecuentes en el uso de la tierra y las prácticas agrícolas (Gonçalves de Oliveira, 2011).

Aunque se sabe que varias especies de nematodos fitoparásitos infectan al cultivo de papa en regiones cálidas como Nicaragua, causando daños en las raíces y tubérculos, reduciendo los rendimientos y la calidad de los tubérculos, aún no se conoce de forma convincente cuál es la importancia económica de estos nematodos para el cultivo de papa y su impacto en la cantidad y calidad del rendimiento. El estudio de la relación entre el rendimiento y diferentes densidades iniciales de población de nematodos en condiciones de campo puede dar información más precisa sobre el impacto de estos nematodos en el rendimiento, así como también cuál es la

densidad de nematodos en la que la pérdida de rendimiento comienza a disminuir (umbral de daño) y la pérdida esperada en el rendimiento a diferentes densidades de nematodos (Korayem *et al.*, 2012).

Por un lado, los nematodos fitoparásitos están entre las plagas de cultivos agrícolas más dañinas y difíciles de manejar y por otro lado está creciendo la presión para reducir el uso de nematicidas altamente tóxicos y desarrollar estrategias de manejo alternativas. La combinación de nuevas herramientas de diagnóstico usando técnicas moleculares y la generación de información epidemiológica pueden contribuir en el manejo y la evaluación de riesgos de nematodos fitoparásitos en cultivos que tienen una gran importancia desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y nutricional y desde el punto de vista económico.

VI. CONCLUSIONES

- Los géneros de nematodos que se encontraron asociados al cultivo de papa fueron *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*.
- Las densidades, frecuencias y valores de prominencia más altos se observaron para nematodos del género *Meloidogyne* en muestras de raíces.
- El uso de nematicidas sintéticos es la práctica asociada al manejo de nematodos que más frecuentemente utilizan los productores de papa.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios que relacionen las densidades de nematodos con umbrales de daño para estimar pérdidas de cosecha debida al ataque de nematodos en el cultivo de papa.
- Hacer investigaciones que propongan tácticas alternativas al uso de nematicidas sintéticos para salvaguardar la salud de los productores, de los consumidores y del medio ambiente.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguirre, O., Chávez, C., Giraud, A., and Araya, M. Frequencies and population densities of plant-parasitic nematodes on banana (*Musa AAA*) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agronomía Colombiana* 34:61-73.
- Akyazi, F., Yildiz, S., Dede, O., and Felek, A.F. 2012. Biodiversity of nematodes in potato growing areas of Ordu, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 11:2260-2264.
- Anupriya, P., Anita, B., Kalaiarasan, P., and Karthikeyan, G. 2019. Population dynamics and community analysis of plant parasitic nematodes associated with carrot, potato and garlic in the Nilgiris district, Tamil Nadu. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 7:627-630.
- Barker, K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays. In K. R. Barker, J. N. Sasser, and C. C. Carter (Eds.). *An advanced treatise on Meloidogyne, Volumen II: Methodology*, pp. 19-35. North Carolina State University Graphics: Raleigh, NC. 422 p.
- Barker, K.R., and Koenning, R. 1998. Developing sustainable systems for nematodes management. *Annual Review of Phytopathology* 36:165-205.
- Brodie, B.B., Evans, K., and Franco, J. Nematode parasites of potato. 1993. In: K. Evans, D.L., Trudgill, and J.M., Webster (Eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture* (pp. 87-132). Wallingford, UK: CAB International.
- Carneiro, R.M.D.G., Dos Santos, M.F.A., Almeida, M.R.A., Mota, F.C., Gomes, A.C.M.M., and Tigano, M.S. 2008. Diversity of *Meloidogyne arenaria* using morphological, cytological and molecular approaches. *Nematology* 10:819-834.
- Castillo, P., and Vovlas, N. 2007. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. Brill Academic Publisher. *Nematology Monographs and Perspectives* 6. 529 p.
- Chitwood, D.J. and Perry, R.N. 2009. Reproduction, physiology and biochemistry. In: *Root-Knot Nematodes* (Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L., eds), pp. 182-200. Wallingford, Oxfordshire: CAB International.
- Curtis, R.H.C., Robinson, A.F. and Perry, R.N. 2009. Hatch and host location. In: *Root-Knot Nematodes* (Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L., eds), pp. 139-162. Wallingford, Oxfordshire: CAB International.
- de Haan, S., and Rodríguez, F. 2016. Potato origin and production. In: Singh, J. & L. Kaur (Eds.). *Advances in Potato Chemistry and Technology. Second Edition*. pp. 1-32. London, UK: Academic Press, Elsevier. 752 p.

- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C.W. 2011. InfoStat. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2006. Disinfection procedures in potato production. EPPO Bulletin 36:463-466.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2009. *Nacobbus aberrans* sensu lato. EPPO Bulletin 39:376-381.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2013. *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* PM 7-40. EPPO Bulletin 49:354-368.
- Ferraz, L.C.C.B., and Brown, D.J.F. 2016. Nematologia de Plantas: Fundamentos e importância. Campos dos Goytacazes (RJ) – Brasil. Sociedade Brasileira de Nematologia. 267 p.
- Flores-Choque, Y., Bravo Portocarrero, R., Lima Medina, I., Machaca Calsin, C. 2017. Prospección de nematodos fitoparásitos en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la Región Puno. Revistas de Investigaciones Altoandinas 19:11-20.
- Gad, S.B., El-Sherif, A.G., and Osman, M.A. 2018. Survey of plant-parasitic nematode genera associated with potato plants at Dakahlia Governorate, Egypt. Journal of Plant Pathology & Microbiology 9:1-4.
- Gonçalves de Oliveira, C.M. Morphological and molecular diagnostics for plant-parasitic nematodes: working together to get the identification done. Tropical Plant Pathology 36:065-073.
- Grabau, Z.J., and Noling, J.W. 2019. Nematode Management in Potatoes (Irish or White). University of Florida (UF), The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), Extension Service. ENY-029:1-12.
- Greco, N. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climates. Nematropica 23:213-220.
- Greco, N. and Di Vito, M. 2009. Population dynamics and damage levels. In: Root-Knot Nematodes (Perry, R.N., Moens, M. and Starr, J.L., eds), pp. 246–274. Wallingford, Oxfordshire: CAB International.
- Hailu, F.A., and Hailu, Y.A. 2020. Agro-Ecological importance of nematodes (round worms). Acta Scientific Agriculture 4:156-162.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M.P. 2014. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. México, D.F. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. 634 p.
- Hockland, S., Niere, B., Grenier, E., Blok, V.C., Phillips, M.S., Den Nijs, L., Anthoine, G., Pickup, J. and Viaene, N. 2012. An evaluation of the implications of virulence in non-

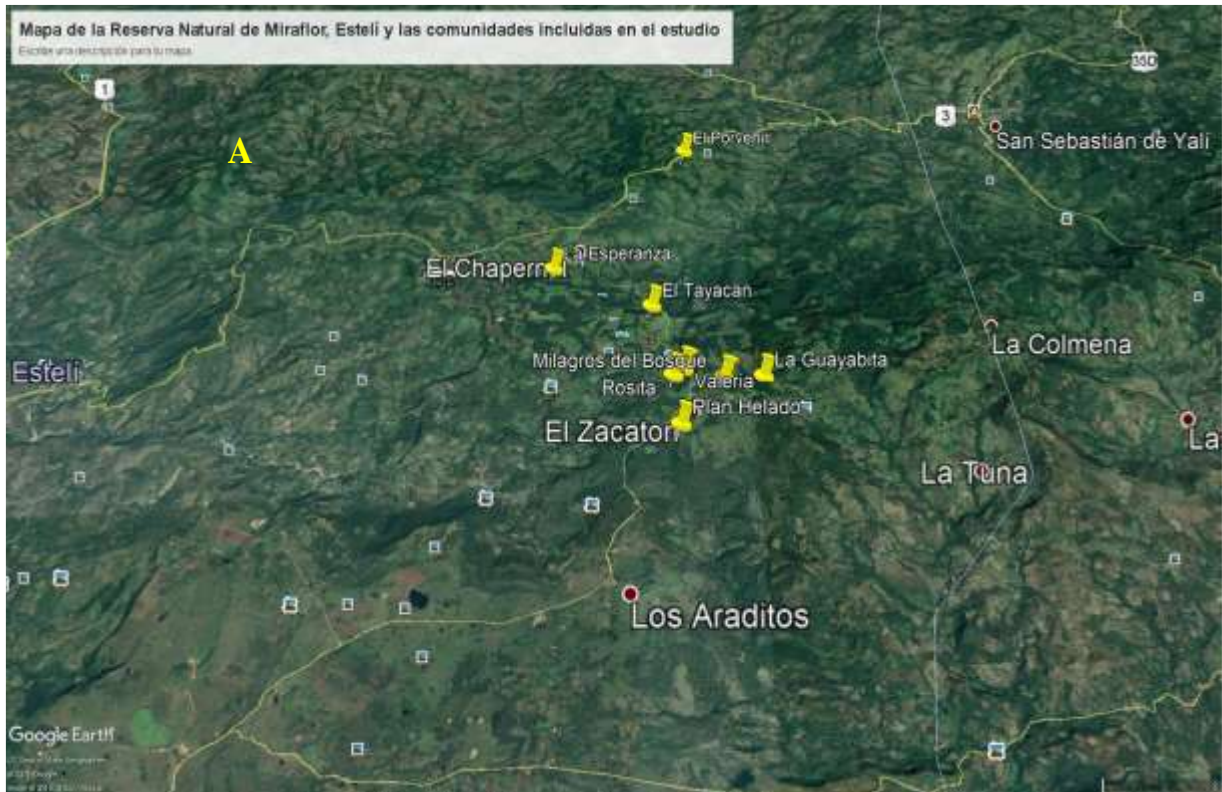
- European populations of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* for potato cultivation in Europe. *Nematology* 14:1-13.
- Hofmann, J. and Grundler, F.M.W. 2007. How do nematodes get their sweets? Solute supply to sedentary plant-parasitic nematodes. *Nematology* 9:451-458.
- Holterman, M., Karssen, G., van den Elsen, S., Van Megen, H., Bakker, J. and Helder, J. 2009. Small subunit rDNA-based phylogeny of the Tylenchida sheds light on relationships among some high-impact plant-parasitic nematodes and the evolution of plant feeding. *Phytopathology* 99:227-235.
- Imren, M. 2018. Determination of plant parasitic nematodes in potato growing areas in Bolu Province. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science* 4:187-192.
- Jansky, S.H., and Spooner, D.M. 2018. The evolution of potato breeding. In: Goldman I. (ed.). *Plant Breeding Reviews* 41, pp. 169-214. John Wiley & Sons, Inc. 416 p.
- Jones, M.G.K. and Payne, H.L. 1977. The structure of syncytia induced by the phytoparasitic nematode *Nacobbus aberrans* in tomato roots, and the possible role of plasmodesmata in their nutrition. *Journal of Cell Science* 23:229-313.
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G., Gauer, H.S., Helder, J., Jones, M.G., Kikuch, T., Manzanilla-López, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L., and Perry, R.N. 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 14:946-961.
- Karuri, H.W., Olago, D., Neilson, R., Njeri, E., and Opere, A. 2017. Plant parasitic nematode assemblages associated with sweet potato in Kenya and their relationship with environmental variables. *Tropical Plant Pathology* 42:1-12.
- Korayem, A.M., Mohamed, M.M.M., and Abou – Hussein, S.D. 2012. Damage threshold of root-knot nematode *Meloidogyne arenaria* to potatoes grown in naturally and artificially infected fields and its effect on some tubers properties. *Journal of Applied Sciences Research*, 8:1445-1452.
- Lima, F.S.O., Mattos, V.S., Silva, E.S., Carvalho, M.A.S., Teixeira, R.A., Silva, J.C., and Correa, V.R. 2018. Nematodes affecting potato and sustainable practices for their management. *IntechOpen*:107-124.
- Lutaladio, N.B., and Castaldi, L. 2009. Potato: The hidden treasure. *Journal of Food Composition and Analysis* 22:491-493.
- Manzanilla-López, R.H., Costilla, M.A., Doucet, M., Franco, J., Inerra, R.N., Lehman, P.S., Cid del Prado-Vera, I., Souza, R.M. and Evans, K. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne and Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): systematics, distribution, biology and management. *Nematropica* 32:149-227.

- Mashela, P.W., De Waele, D., Dube, Z., Khosa, M.C., Pofu, K.M., Tefu, G., Daneel, M.S., and Fourie, H. 2017. Chapter 7: Alternative Nematode Management Strategies. En H. Fourie, Spaull, V.W., Jones, R.K., Daneel, M.S., De Waele, D. (eds.). Nematology in South Africa: A view from the 21st Century. 151-181 p.
- Medina, I.L., Gomes, C.B., Correa, V.R., Mattos, V.S., Castagnone-Sereno, P., and Carneiro R.M.D.G. 2016. Genetic diversity of *Meloidogyne* spp. parasitizing potato in Brazil and aggressiveness of *M. javanica* populations on susceptible cultivars. Nematology 1:1-12.
- Mekete T., Dababat A., Sekora N., Akyazi F., and Abebe E. (comps). 2012. Identification key for agriculturally important plant-parasitic nematodes prepared for the International Nematode Diagnosis and Identification Course 2012 - A manual for nematology. Mexico, D.F.: CIMMYT. 39 p.
- Mwaura, P., Niere, B., and Vidal, S. 2015. Resistance and tolerance of potato varieties to potato rot nematode (*Ditylenchus destructor*) and stem nematode (*D. dipsaci*). Annals of Applied Biology 166:257-270.
- Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., den Nijs, L., Hockland, S. and Maafi, Z.T. 2011. Current nematode threats to world agriculture. In: Genomics and Molecular Genetics of Plant–Nematode Interactions (Jones, J.T., Gheysen, G. and Fenoll, C., eds), pp. 21-44. Heidelberg: Springer.
- Norton, D.C. 1978. Ecology of plant-parasitic nematodes. Wiley-Interscience Publication, New York. 268 p.
- Okendi, E.M., and Moleleki, L.N. Distribution and genetic diversity of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp) in potatoes in South Africa. 2013. Plant Pathology 62:1184-1192.
- Ovchinnikova, A., Krylova, E., Gavrilenko, T., Smekalova, T., Zhuk, M., Knapp, S., and Spooner, D.M. 2011. Taxonomy of cultivated potatoes (*Solanum* section *Petota*: Solanaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 165:107-155.
- Oerke, E. C. 2006. Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science 144:31-43.
- Perry, R.N., Perry, R., and Moens, M. 2013. Plant Nematology. Second Edition. CAB International, Wallingford. 568 p.
- Pinheiro, J.B., Lopes, C.A., and Henz, G.P. 2009. Medidas gerais de controle de nematoides da batata. Circular Técnica 76:1-9.
- Reddy, B.J., Mandal, R., Chakroborty, M., Hijam, L., and Dutta, P. 2018. A review on potato (*Solanum tuberosum* L.) and its genetic diversity. International Journal of Genetics 10:360-364.
- Senasica. 2013. Nematodo dorado de la papa - *Globodera rostochiensis*. Mexico, Segarpa. Ficha Técnica 9:1-24.

- Spooner, D.M., Núñez, J., Trujillo, G., Herrera, M.D.R., Guzman, F., and Ghislain, M., J. 2007. Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:19398-19403.
- Spooner, D.M., Ghislain, M., Simon, R., Jansky, S.H., and Gavrilenko, T. 2014. Systematics, diversity, genetics, and evolution of wild and cultivated potatoes. *Botanical Review* 80: 283-383.
- Subbotin, S.A., Madani, M., Krall, E., Sturhan, D., and Moens M. 2005. Molecular diagnostics, taxonomy, and phylogeny of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* species complex based on the sequences of the internal transcribed spacer-rDNA. *Phytopathology* 95:1308-1315.
- Sullivan, M.J., Inserra, R.N., Franco, J., Moreno-Lereude, I., and Greco, N. 2007. Potato cyst nematodes: Plant host status and their regulatory impact. *Nematropica* 37:193-201.
- Tolessa, E.S. 2018. Importance, nutrient content and factors affecting nutrient content of potato. *American Journal of Food, Nutrition and Health* 3:37-41.
- Vovlas, N., Mifsud, D., Landa, B.B., and Castillo, P. 2005. Pathogenicity of the root knot nematode *Meloidogyne javanica* on potato. *Plant Pathology* 54:657-664.
- Waterer, D. 2002. Impact of high soil pH on potato yields and grade losses to common scab. *Canadian Journal of Plant Pathology* 82:583-586.
- Wesemael, W.M.L., Viaene, N., and Moens, M. Root knot nematodes (*Meloidogyne* spp) in Europe. 2011. *Nematology* 13:3-16.
- Yan, G., Smiley, R.W. and Okubara, P.A. 2012. Detection and quantification of *Pratylenchus thornei* in DNA extracted from soil using real-time PCR. *Phytopathology* 102:14-22.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Mapa satelital de las fincas seleccionadas para la investigación en la zona de Miraflores, Estelí.



Anexo 2. Hoja de remisión de muestras de laboratorio

I.- DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR:

Nombre del productor o empresa: _____

Teléfono _____, Procedencia de la muestra (localidad) _____

Fecha de muestreo _____ Fecha de ingreso de la muestra _____

Nombre de la Finca: _____, Cultivo _____,

Variedad: _____; Nombre del Lote: _____

Edad aproximada del cultivo _____

Tipo de muestra: Suelo: _____, Raíz: _____, Tubérculos: _____, Hojas: _____,

Semillas: _____, Otros: _____ Tipo de muestreo: Síntomas (aspecto general del cultivo):

II.- INFORMACIÓN DE CAMPO

Cultivo actual _____ Cultivo anterior: _____

Área: _____ Mz, Ha: _____.

Patrón de distribución del problema: plantas aisladas _____ en parches _____ en
hileras _____ distribución uniforme _____ ¿Cuánto tiempo hace que empezó el daño?

Tipos de Agroquímicos aplicados: Si: _____ No _____, Cuales tipos: _____

_____, Dosis: _____

Frecuencia de aplicación _____

III.- OBSERVACIONES: _____

Nombre de productor.

Firma del productor

Anexo 3. Encuesta a productores de papa

Estimado productor, le pido me permita hacerle estas pequeñas preguntas, sobre el manejo que usted le da a su finca, estos datos serán utilizados en la realización de mi trabajo de investigación, para optar al grado de Maestría en Medidas Sanitarias y Fitosanitaria, realizado en la UNA. Universidad Nacional Agraria, Managua, muy agradecida de antemano la información brindada, por usted amigo productor.

I. Datos generales

Nombre del productor _____

Comunidad _____, Municipio: _____

II.- Manejo agronómico:

Tipo de semilla de papa que utiliza: _____

Cantidad de semilla utilizada por Mz (qqs): _____, Que variedad usa; _____

A quien le compra la semilla: _____

Cuál es el costo de la semilla: _____.

Desinfecta la semilla antes de la siembra: Si: _____, No: _____, por qué; _____

Qué tipo de producto utiliza para desinfectar la semilla: _____ Por qué razón utiliza la desinfección de la semilla: _____

Cuál es la dosis del producto que empleó para desinfectar la semilla: _____

Una vez que ha cosechado la semilla de papa, la almacena en bodegas. Si: _____, No: _____, porque: _____

Deja usted su propia semilla: Si: _____, No: _____,

III.- Preparación del terreno:

El terreno que utiliza para la siembra es: Propio: _____, Alquilada: _____, Mediería: _____

Cuanto es el área que normalmente siembra: _____mzs, _____ha

Como realiza la preparación del terreno: manual: _____: bueyes: _____,
Maquinaria: _____. Describa: _____

Cuando hace uso de cualquiera de los implementos agrícolas los desinfecta antes de preparar el suelo: Si:____,No:____

Porque: _____

Qué tipo de productos usa para desinfectarlas: _____, _____, dosis: _____.

Hace cuanto se sembró papa por última vez en esta área: _____, área: _____mz, ha: _____

IV.- Información del área de siembra

Cultivo anterior: _____, Es propio: _____, Alquilado: _____

Realiza análisis de suelo para nematodos antes de la siembra: Si: _____, No: _____, Frecuente: _____, porque: _____

Realiza análisis físicos, químicos del suelo antes la siembra: Si: _____, No: _____, Frecuente: _____, porque _____

En el lote que siembra Posee sistema de riego: Si _____, No:_____, que tipo de riego:_____ Hace rotación de cultivo: Si____,No:_____, Con qué tipo de cultivo_____

Cada cuanto y como es la rotación: después de cada cosecha Si:_____, No:_____, porque:_____

Tipo de fertilizantes que ocupa: _____

Cantidad de fertilizantes aplicado por mz: _____, Ha: _____,

Cuál es la fórmula del fertilizante que ocupa: _____

Hace uso de fertilizantes foliares. Si: ____, No: ____, porque:

Como realiza usted su cosecha de qué forma: Manual ____, Tracción animal: ____, Maquinaria:

Cuanto es la producción aproximada de su cosecha / qqs: _____

¿A quien vende la producción de Papa?

Utiliza abonos orgánicos en su cultivo: Si ____, No, Porque:

Es rentable para usted sembrar papa; Si: ____, No: ____, porque:

V.- Aspecto fitosanitario:

Cuáles son las plagas más comunes que le afectan al cultivo: _____

Tiene conocimientos sobre los daños que causan las plagas en sus cultivos: Si: ____,

No: ____,

porque: _____

Como sabe qué tipo de plagas y enfermedades tiene en sus cultivos:

_____ Como maneja el control de plagas en su cultivo:

Que tipos de productos utiliza usted para el control de plagas: _____, dosis:

Con que frecuencia realiza el control MIP en sus cultivos: _____

¿Ha escuchado hablar de los nematodos? Sí _____ No _____.

Tiene conocimientos sobre los daños que causan los nematodos en el cultivo de la papa. Si:

____, No: ____, porque:

Alguna vez fue capacitado por instituciones del gobierno sobre temas de Nematodos. Si: ____,

No: ____, porque: _____

Antes de la siembra realiza actividades de manejo agronómico para el control de nematodos.

Si: _____, No: _____, porque: _____

¿Qué otras medidas han utilizado en su finca para el control de nematodos?

¿Ha realizado un análisis de suelo para determinar la presencia de nematodos? Sí _____ No _____, con qué frecuencia lo realiza:

Cree que es importante realizarle análisis de nematodos a su cultivo.: Si: _____, No: _____, porque: _____

Gracias por su atención, si usted está de acuerdo con lo que respondió, por favor firme,

Fecha: ____/____/____.

Firma del encuestador _____ **Firma del productor:** _____