



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



**PROSPECCIÓN DE NEMATODOS FITOPARASITOS EN EL
CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) EN EL VALLE SAN
GABÁN –PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. NOEMI OBLITAS CAHUANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño:

A DIOS, quien está presente en la naturaleza y me invita a sentir tranquilidad en su perfecta sinfonía, por ser mi fuente inagotable de fe, fuerza y confianza.

A mi primer amor y el más reconfortante, mi madre Ignacia quien me anima y me desafía a ir más lejos a pesar de los miedos, por su apoyo constante.

A mi hermanito Enrique, quien es para mí como un rayo de luz que ilumina la larga noche.

A mi familia; quienes me enseñaron que los que luchan con valentía siempre caminan hacia adelante.

Noemi O.C.



AGRADECIMIENTO

- *Expresar mi agradecimiento en primer lugar a Dios, por hacer posible mi existencia, por darme salud y vida cada día y por estar presente en todo momento de mi vida.*
- *Quiero agradecer a toda mi familia, por haber creído en mí en todos los momentos de mi vida ofreciéndome su apoyo y amor incondicional. A mis padrinos por estar siempre ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías, cuando mis ánimos decaían*
- *Mi agradecimiento profundo a la Universidad Nacional Del Altiplano Puno y a todos mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica que me supieron encaminar positivamente en mi formación integral y profesional.*
- *A mi directora M.Sc. Rosario Bravo, por haber confiado en mí y por haberme dirigido en todo el desarrollo de este trabajo de investigación, por la **paciencia**, por toda la ayuda y por las correcciones y sugerencias que mejoraron el trabajo.*
- *A los miembros del jurado D.Sc. Luis Alfredo Palao Iturregui, M.Sc. Fredy Grimaldo Calizaya Llatasi, M.Sc. Julio Cesar Sosa Choque, por las correcciones y sugerencias, en el trabajo de investigación. Y por recordarme cosas básicas que son de importancia en todos los aspectos.*
- *A mi asesor, Ph D. Israel Lima Medina, por la, confianza, orientación, apoyo, amistad y enseñanzas, necesarios para la realización de este proyecto.*
- *A mis amigos y compañeros por haber contribuido de una u otra manera durante mi formación profesional.*



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 15

1.1.1. Objetivos Específicos 15

1.2. ANTECEDENTES 16

1.2.1. Origen y dispersión del cultivo..... 16

1.2.2 Especies fitoparásitas, ataque y daños por nematodos 16

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN 18

2.2 UBICACION TAXONÓMICA 19

2.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA 19

2.3.1 Raíz..... 20

2.3.2 Tallo..... 20

2.3.3 Hojas..... 21

2.3.4 Pedúnculo 23

2.3.5 Flor 23

2.3.6 Fruto 24

2.4 PLAGAS Y ENFERMEDADES 25

2.4.1 Plagas..... 25

2.4.2 Enfermedades 26

2.5. NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS 27



2.5.1 Alimentación de los Nematodos Fitoparásitos	28
2.5.2 Formas de Parasitismo.....	29
2.5.3 Características Morfológicas y Anatómicas de los Nematodos Fitoparásitos	30
2.5.4 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos	34
2.6 GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARASITOS ASOCIADOS A PIÑA	36
2.6.1. Género <i>Mesocriconema</i>	36
2.6.2. Género <i>Aphelenchus</i> spp. “Nematodo de las Hojas”.....	37
2.6.3. Género <i>Discocriconemella</i> spp.....	38
2.6.4. Género <i>Dorylaimus</i> spp. “Nematodo de Raíz de Escobilla”.....	38
2.6.5. Género <i>Helicotylenchus</i> spp. “Nematodo Espiral”	39
2.6.7. Género <i>Mononchus</i> spp.	43
2.6.8. Género <i>Pratylenchus</i> spp. “Nematodo de las lesiones”	45
2.6.9. Género <i>Rotylenchus</i>	47
2.6.10. Género <i>Trichodorus</i> spp. “Nematodo de la atrofia radicular”	49
2.6.11. Género <i>Tylenchus</i> spp.....	50
2.6.12. Género <i>Xiphinema</i> spp. "Nematodo daga"	51
2.6.13. Nematodos de vida Libre.....	52
CAPITULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	54
3.2. FASE DE CAMPO.....	56
3.2.1. Colecta de muestras de suelo y raíces	56
3.3. FASE DE LABORATORIO.....	58
3.3.1. Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964).....	59
3.3.2. Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen60 y D’herde, 1972)	60
3.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LAS ZONAS EVALUADAS.	62
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA POR GÉNEROS ENCONTRADOS	65



4.1.1. Género <i>Helicotylenchus</i> spp.	65
4.1.2. Género <i>Mesocriconema</i> spp.	66
4.1.3. Nematodos de Vida Libre.....	67
4.1.4. Género <i>Dorylaimus</i> spp. (Nematodo de vida libre).....	68
4.2. DENSIDAD POBLACIONAL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y NEMÁTODOS DE VIDA LIBRE EN EL CULTIVO DE PIÑA EN EL VALLE DE SAN GABÁN	69
4.2.1. Densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> /Sectores evaluados.....	73
4.2.2. Densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> / sector evaluado	74
4.2.3. Densidad poblacional promedio del género <i>Dorylaimus</i> /sector evaluado	75
4.2.4. Densidad poblacional promedio de nematodos de Vida Libre.....	77
V. CONCLUSIONES	79
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	81
ANEXOS.....	89

Área : Ciencias Agrarias

Tema : Manejo integrado de Plagas y Enfermedades en Cultivos Andinos, Tropicales Forestales y Pasturas.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de enero del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Partes de la planta de piña en un corte longitudinal (Anahui, 2019).....	25
Figura 2:	Principales formas de nematodos parásitos de plantas. (Agrios ,2004)	32
Figura 3:	Morfología general del nematodo (Fuente: Mahale ,2015).....	34
Figura 4:	Mapa de ubicación. Sectores en los que se hizo la recolección de muestras de suelo y raíces del cultivo de piña. Distrito de San Gabán	55
Figura 5:	Campos de cultivo de piña evaluados. A: parcela de Lechemayo II, B: parcela de Llocllamayo, C: parcela de Lanlacuni I.....	56
Figura 6:	Colecta de muestras de suelo y raíces de cultivo de piña: A: Limpieza de la superficie B: Toma de muestras de suelo y raíces C: rotulado de bolsas para envío a laboratorio	57
Figura 7:	A: Es la homogenización de las muestras ; B: es el tamizado ; C: Vasos con caolín ; D: centrifugadora ; E: vasos con solución sacarosa; F: homogenización de las muestras ; G: muestras listas para ser centrifugadas ; H: lavado de muestras con bastante agua para retirar la solución de sacarosa ; I: colección de los nematodos ; J: muestras listas para ser observadas al microscopio	60
Figura 8:	A: Las raíces del cultivo de piña lavadas cuidadosamente y cortadas en pedazos; B: adición de la solución de hipoclorito de sodio; C: licuado de raíces; D: Vertido de los restos vegetales en el tamiz; E: centrifugado de las raíces; F: muestras listas para ser observadas.....	61
Figura 9:	Estetoscopio y contador celular.....	62
Figura 10:	Climadiagrama (temperaturas medias y precipitación pluvial) de la campaña agrícola 2019-2020 del distrito de San Gabán de la Región Puno.	63



Figura 11: Climadiagrama promedio de 9 años (julio 2010-junio 2019) en el distrito de San Gabán de la Región Puno	64
Figura 12: Género <i>Helicotylenchus</i> . A: cuerpo entero del nematodo en forma espiral, B: Dimensión del estilete.	66
Figura 13: Género <i>Mesocriconema</i> . A: cuerpo entero del nematodo robusto y anillado, B: Dimensión del estilete, C: Dientes laterales y terminación de la cola)	67
Figura 14: Género <i>Dorylaimus</i> . A: cuerpo entero del nematodo, B: Dimensión del estilete, C: forma y final de la cola.....	69
Figura 15: Densidad poblacional promedio de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo de piña en suelo en cinco sectores del valle de San Gabán –Puno	70
Figura 16: Densidad poblacional promedio de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo de piña en raíces en cinco sectores del valle de San Gabán –Puno	72
Figura 17: Comparacion de la Densidad poblacional promedio del género <i>Helicotylenchus</i> en suelo y raíz del cultivo de piña del valle de San Gabán	74
Figura 18: Densidad poblacional promedio del género <i>Mesocriconema</i> en el cultivo de piña del valle de San Gabán.....	75
Figura 19: Densidad poblacional promedio del género <i>Dorylaimus</i> en el cultivo de piña del valle de San Gabán	76
Figura 20: Densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en el cultivo de piña del valle de San Gabán.....	78



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sectores evaluados para determinar presencia de nematodos asociados a piña en el distrito de San Gabán.....	58
--	----



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- H°** : Humedad
- mm** : Milímetros
- ml** : Mililitros
- msnm** : Metros sobre el nivel del mar
- NaCl** : Hipoclorito de Sodio
- rpm** : Revolución por minuto
- sp** : Especie no identificada
- spp.** : Varias especies
- T°** : Temperatura
- µm** : Micrómetros
- °C** : Grados centígrados



RESUMEN

El cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) cobra cada vez mayor importancia a nivel mundial, siendo uno de los frutos tropicales más apetecidos por su excelente sabor, sus propiedades culinarias, de transformación y medicinales. Constituye la tercera fruta más importante del mundo después de cítricos y plátano. Los cultivos de piña del valle de San Gabán se ven afectados por plagas y enfermedades, entre las primeras se encuentran los nematodos y por ello se planteó la necesidad de identificar, caracterizar y determinar la variación de la densidad poblacional a los nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de piña. En la fase de campo se tomaron muestras de suelo y raíces del cultivo en estudio. En la fase de laboratorio para la identificación: se ejecutó el método de fluctuación centrífuga con solución sacarosa para determinación de nematodos en muestras de suelo y la Técnica de licuadora con centrifugación para muestras de raíces. Como resultado se pudo identificar en muestras de raíces y suelo, los géneros: *Helycotilenchus*, *Dorylaimus*, *Mesocriconema* y *Nematodos de vida libre*.

Palabras clave: Identificación, fitoparásitos, nematodos, *Ananas comosus*.



ABSTRACT

Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) is becoming increasingly important worldwide, being one of the most sought-after tropical fruits for its excellent flavor, culinary, processing and medicinal properties. It is the third most important fruit in the world after citrus and banana. Pineapple crops in the San Gaban Valley are affected by pests and diseases, among the former are nematodes, and therefore the need arose to identify, characterize and determine the variation in population density of phytoparasitic nematodes associated with pineapple crops. In the field phase, soil and root samples were taken from the crop under study. In the laboratory phase for identification: the centrifugal fluctuation method with sucrose solution was used to determine nematodes in soil samples and the blender technique with centrifugation for root samples. As a result, the following genera were identified in root and soil samples: *Helycotilenchus*, *Dorylaimus*, *Mesocriconema* and free-living nematodes.

Keywords: Identification, plant parasites, nematodes, *Ananas comosus*.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas tropicales frescas y sus derivados es cada vez más apreciado, lo cual ha estimulado las exportaciones nacionales. La piña (*Ananas comosus* L. Merr.) es un fruto de alto valor comercial y sus perspectivas son prometedoras. La presencia de poblaciones iniciales de nematodos antes de plantar cultivos anuales, usualmente tienen relación con los rendimientos de las cosechas (Schomaker y Been, 1998).

El cultivo de piña cobra cada vez mayor importancia a nivel mundial, siendo una de las frutas tropicales más apetecidas por su excelente sabor, sus propiedades culinarias y medicinales. Constituye la tercera fruta más importante del mundo después de los cítricos y plátano (García Tain, Pérez Padrón *et al.* 2011)

La piña es uno de los cultivos de mayor versatilidad, en lo referente a su adaptación a los diferentes sistemas de cultivo, tanto del pequeño y mediano productor, así como en las siembras intensivas realizadas en grandes extensiones; dado sus variaciones en los precios, tanto en los mercados internos como externos y en la demanda insatisfecha como fruta tropical exótica. (APROPIC, 2015)

El continente que abarca la mayor producción de piña fresca es Asia con una participación promedio del total equivalente al 48,1%; produciendo anualmente cerca de 10 millones de toneladas de fruta; le sigue el continente americano con una participación de 36% y África con una participación del 15% (Olmos, 2015)

El Perú se encuentra ubicado dentro del denominado Centro de Diversificación, debido a la presencia de muchos ecotipos de piña nativa, cultivados en toda la Amazonía



peruana, los cuales fueron colectados mediante prospecciones realizadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA entre 1989 y 1991.(Vargas,V. 2009)

Las principales variedades de esta fruta son: Golden, Cayena Lisa, Samba, Hawaiana, y Roja Española que se planta en Trujillo. (Proyecto Pichis–Palcazu 2010). En nuestro país la superficie cultivada total de piña (*Ananas comosus*) es de 16254 ha, siendo las principales regiones productoras Junín (42%), Loreto (13.7%), La Libertad (7.4%), Amazonas (7.1%) y otros (29.8%), dentro de los cuales se encuentra Puno con una participación del 5.1%. (Sistema Integrado de Estadística Agraria –SIEA, periodo 2014-2019).

La piña se considera un cultivo anual susceptible al ataque de los nematos fitoparásitos, los cuales constituyen usualmente la principal limitación en la mayoría de las zonas productoras del mundo, especialmente en los países tropicales (Py, 1969, Rohrbach y Apt, 1986, Malezieux, 2000). Estos peligrosos microorganismos han causado grandes pérdidas en plantaciones comerciales de Hawai, Puerto Rico, Australia, Costa de Marfil, Guinea, Martinica, México, África del Sur, Filipinas, Panamá, Brasil, Cuba, y Venezuela entre otros países (Godfrey, 1929, Godfrey y Oliveira, 1932, Godfrey, 1936, Ayala, 1969, Py, 1969, Lacoevilhe y Guérout, 1976, Roman, 1978, Rohrbach y Apt, 1986, MINAG, 1989, Caswell et al. 1990, Gratacós, 1991, PGAH 1998, Costa *et al.* 1998a, OIRSA-VIFINEX, 1999, Jiménez , *et al.* 2001).

Por este motivo, la obtención de cosechas eficientes y de una industria rentable de la piña depende del efectivo manejo de los nematodos (Gianessi, 2002).

Se considera que este cultivo es susceptible a diversas plagas y enfermedades que limitan su producción, como es el caso del daño por nematodos fitoparásitos, los cuales



constituyen usualmente una limitación en la mayoría de las zonas productoras del mundo, especialmente en los países tropicales (Gandarilla Basterrechea, Rivas Bofill *et al.* 2014)

Los nematodos fitoparásitos constituyen un grupo de organismos poco estudiados, a pesar de su gran importancia en la producción, debido a los problemas que causan en el sistema radicular y a la predisposición que someten a las plantas de ser infectadas por otros patógenos. Sin embargo, la densidad poblacional de los nematodos también se ve influenciada por el tipo de manejo agronómico que se realice en los cultivos. (Zhong, Zeng *et al.* 2016).

Dada la información y considerando la importancia de los nematodos en el cultivo de piña, se ha desarrollado el presente trabajo con los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar y determinar la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) en el valle de San Gabán

1.1.1. Objetivos Específicos

- Identificar géneros de nematodos fitoparásitos y otros, asociados al cultivo de piña en las principales zonas productoras del valle de San Gabán.

-Determinar la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.), en las principales zonas productoras del valle de San Gabán-Puno.



1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Origen y dispersión del cultivo

Sandoval and Torres (2011) señalan que la piña (*Ananas comosus* L. Merr.), es originaria de América del Sur, centro sureste de Brasil, y noreste de Argentina y Paraguay, donde aún se pueden encontrar por lo menos tres especies silvestres de *Ananas* han sido seleccionadas desarrolladas y domesticadas desde tiempo prehistóricos. En la actualidad los frutos de piña y sus derivados tienen gran importancia económica en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

1.2.2 Especies fitoparasitas, ataque y daños por nematodos

Tarjan (1967) y Tarté (1970) realizaron estudios encontrando la presencia de los géneros de nematodos *Pratylenchus sp.*, *Paratylenchus sp.*, *Longidorus laevicapitatus*, *Helicotylenchus sp.*, *Rotylenchus sp.*, *Tylenchus sp.*, *Aphelenchus sp.*, *Aphelenchoides sp.*, *Ditylenchus sp.*, *Dorylaimus sp.* y *Pratylenchus brachyurus* asociados a raíces de piña en Panamá.

Julca (1997), reportó que en Chanchamayo y Satipo, región de Junín, las curvas de densidad poblacional a través del tiempo en el experimento de San Ramón (tratamiento sin nematicida), permitió observar un comportamiento más o menos similar en *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*, es decir una disminución de las poblaciones en época de floración para luego ascender hasta el momento de la cosecha. Igualmente, en Pichanaki, donde el período de estudio fue más largo, se tuvo un crecimiento de las poblaciones hasta el octavo mes del cultivo. Tres meses después (onceavo mes del cultivo), se observó una disminución de las poblaciones; pero posteriormente vuelven a aumentar hasta la época de cosecha.



Amaya de Guerra, Fernández-Solano and Quesada-Solís (2009) Reportan que en Paraguay, Brasil, Hawái, Costa Rica, República Dominicana, Panamá, Venezuela, Puerto Rico, Cuba, México, África, Zimbabue, Tailandia y Perú el cultivo de piña es muy susceptible a diferentes géneros de nematodos fitoparásitos, tales como *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Hemicycliophora*, *Hoplomaimus*, *Rotylenchulus*, *Xiphinema*, *Trichodorus*, *Criconemoides*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchulus*, *Longidorus*, *Dorylaimus* los cuales provocan el decaimiento de la producción y grandes pérdidas económicas .

Piedrahita, Zapata *et al.* (2012) y De Jesús Guzmán–Hernández, Varela-Benavides *et al.* (2014) reportaron en campos de piña en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica, en las muestras de suelo la importancia relativa de *Helicotylenchus* es mayor, debido a que *Helicotylenchus*, a diferencia de *Pratylenchus*, es un nematodo ectoparásito.

Vera Obando, Quintana *et al.* (2017) concluyó que se encontraron once géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de piña en los campos evaluados en el distrito de Santa Rosa, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas los cuales, según su frecuencia de mayor a menor en muestras de suelo fueron: *Helicotylenchus* (100%), *Tylenchus* (85,7%), *Pratylenchus* (32,1%), *Trichodorus* (32,1%), *Aphelenchoides* (28,6%), *Rotylenchus* (14,3%), *Xiphinema* (14,3%), *Meloidogyne* (10,7%), *Hoplolaimus* (10,7%), *Aphelenchus* (7,1%) y *Criconematidae* (3,6%). En las muestras de raíces, de acuerdo a su frecuencia de mayor a menor los nematodos fitoparásitos encontrados fueron: *Helicotylenchus* (92,9%), *Tylenchus* (67,9%), *Aphelenchus* (39,3%), *Meloidogyne* (35,7%), *Pratylenchus* (32,1%), *Aphelenchoides* (14,3%), *Hoplolaimus* (7,1%) y *Trichodorus* (3,6%), Los mayores promedios poblacionales en muestras de suelo y raíces correspondieron a *Helicotylenchus* (24,5 y 3,9 respectivamente).



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Es una planta originaria de América Tropical, según algunos autores: su distribución comprende entre los 15 a 30° LS y los 40 a 50°LO; otros consideran que es entre los 10 LN a 10° LS y 55 a 75° LO. Leal. y Antoni, M.G., (1980). De allí probablemente se extendió por América Central y el Caribe, ya que Cristóbal Colón encontró por primera vez especies de piña en la isla Guadalupe en 1493; a Asia y África llegó durante el siglo XVI, llevado por navegantes españoles y portugueses. Sykes, citado por Collins (1948), señala que Francisco Pizarro encontró que los habitantes al sur del Ecuador, lo tenían entre sus productos agrícolas. Baker, K.F. and Collins J.L. (1939); Collins, J.L. (1948).

En la actualidad su cultivo se realiza en casi todo el mundo, con excepción de Europa, y entre los productores más importantes de fruta fresca y conservas a nivel mundial se citan a Hawai, Filipinas, Brasil, China y Tailandia. (Py, C.; Lacoueilhe, J. Teisson ,1984). India, Congo, Kenia, Taiwán, Vietnam, Australia, Bangladesh, Indonesia, sur África, Zaire y Costa de Marfil (Paull 1997).

En el Perú, su cultivo tiene mayor importancia en la selva central (Chanchamayo) donde se tiene alrededor de 1800 hectáreas y en un segundo plano están la costa norte (La Libertad} y la selva baja (Pucallpa, Iquitos). (Py, C.; Lacoueilhe, J.; Teisson. 1984).

El cultivo de piña en el Perú se ha convertido en una actividad de gran importancia socioeconómica, con una gran demanda debido a las propiedades nutritivas como vitaminas, minerales, fibras y enzimas que ayudan a una nutrición equilibrada. Es la



cuarta fruta con mayor producción nacional, después del plátano, mango y uva con 124,700 TM, en el primer trimestre del 2017 (SIEA, 2017). En los últimos años, la cadena productiva de la piña genera empleo y crecimiento económico en la selva peruana; desde la venta de semillas, mano de obra para diversas labores, uso de maquinaria, comercialización, etc. (Munive, 2015).

2.2 UBICACION TAXONÓMICA

Según describe Jiménez (1999), la taxonomía de la piña (*Ananas comosus* L. Merr.) es la siguiente:

Reino: Vegetal
División: Monocotiledóneas
Clase: Liliopsida
Orden: Bromeliales
Familia: Bromeliaceae
Género: *Ananas*
Especie: *A comosus* L. Merr.

La familia Bromeliaceae posee alrededor de 2000 especies y el género *Ananas* es el único de importancia económica. La característica principal de este grupo es la alta capacidad de retener agua y resistir la pérdida de la misma (Jiménez, 1999).

2.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La piña es una planta herbácea perenne, posee un tallo corto, herbáceo y consistente; con entrenudos cortos, anclado al suelo a través del sistema radicular.

2.3.1 Raíz

Las raíces son adventicias, fibrosas, cortas con poca masa radicular. (Figura 1) El conjunto del sistema radicular de la planta adulta es muy superficial, pero su importancia depende esencialmente de las características físicas del suelo: estructura, aireación, y humedad. Su longitud puede llegar hasta los 2 m, cuando el medio es favorable. Se extiende principalmente por la capa de los 15cm del suelo; se encuentra algunas a los 30cm de profundidad (Py, C. y Tisseau, M.A., 1969)

Dos sistemas de raíces están comúnmente asociados con el crecimiento de la piña, las raíces del suelo y las axilares. El sistema de raíces del suelo proviene las raíces adventicias del tallo, tiene una extensión lateral de 1-2m y penetra a profundidades de más, 80cm. (Uriza, 1981).

Arriba del suelo, las raíces axilares se desarrollan, en las axilas de las hojas, probablemente como respuesta a la acumulación de agua en la base de las mismas por rocío, lluvia o excesiva irrigación. Cerca del nivel el suelo, las raíces crecen dentro del suelo cuando las hojas más viejas mueren y declinan. Las raíces axilares que se inician a niveles más altos se alargan dentro de las hojas y se extienden varios centímetros alrededor del tallo. (Treto, 1982).

2.3.2 Tallo

El tallo tiene de 20-30cm de largo, es angosto en la base (aproximadamente 2cm) y más ancho en la punta (alrededor de 6cm). La base es curva en los esquejes, pero en otros propagulos es recta. (Peña, 1988).

Los entrenudos están muy cortos próximos (la distancia no excede a los 10cm). Entre las dos partes esenciales del tallo, la corteza y el cilindro central por analogía con

los tallos de las dicotiledóneas, se encuentra un tejido vascular muy delgado, producido por el meristemo, típico de los tallos de las bromeliáceas.

La región apical del tallo comprende el meristemo terminal con su cúpula de tejidos no diferenciados y con tejidos meristematicos especializados, insertados entre lo alto del cilindro central y la corteza en formación y que dan nacimiento al tejido vascular antes mencionado (Py, C. y Tisseau, M.A. ,1969)

La planta presenta brotes que aparecen a lo largo del tallo y que corresponden a los denominados hijuelos; estos son de cuatro tipos. El *hijuelo de corona* que se encuentra en la parte superior del fruto, éste se origina de la yema apical del pedúnculo floral; *los bulbillos*, que se encuentran en el pedúnculo floral y se desarrollan a partir de las yemas axilares presentes en él; *los hijuelos de tallo*,(Figura 1) que se forman en las yemas axilares del tallo principal y localmente se les conoce como “pico de pato” por su apariencia plana, esta es la semilla más usada en piña `Golden´ y `Cayena lisa´ porque presenta buen vigor (Bello, 1989). Finalmente, *los hijuelos de la base* de la planta que aparecen de las yemas axilares más basales (Bello, 1989).

2.3.3 Hojas

Presenta hojas alrededor del tallo siguiendo una disposición en espiral y puede haber entre 60 a 80 hojas por planta, donde las de más edad se encuentran al contorno y las más jóvenes al centro; pueden tener espinas o no dependiendo de la variedad, en las variedades Golden y Cayena lisa, las hojas no poseen espinas y están cubiertas de tricomas que dan el aspecto de un polvo blanquecino, estas estructuras ayudan a minimizar la pérdida de agua; en el envés se encuentran los estomas que controlan la transpiración (Jiménez, 1999).



La hoja madura de mayor longitud se le conoce como hoja D y se usa para análisis foliares con fines de diagnóstico nutricional, ésta se puede dividir en tres secciones: la base blanca, el medio y la punta. La base blanca se usa para determinar los niveles de potasio, calcio, magnesio y la parte media para determinar los niveles de nitrógeno, hierro y azufre (Jiménez, 1999).

Las hojas son largas y angostas, arregladas en espiral sobre un tallo corto, formando una “roseta” se forman de 70-80 hojas y presentan una yema en la axila de cada una; algunas yemas crecen formando brotes o hijuelos todas las demás permanecen latentes. Dentro de las hojas se encuentran tejidos almacenados de agua y conductos aéreos. Todas estas características contribuyen a la capacidad de la planta de piña para soportar la sequía.

La forma de las hojas varía y depende de la posición en el tallo y por lo tanto de la edad. Es importante para el productor, así como para el investigador, conocer las diferentes formas de las hojas. Estas se agrupan en las siguientes clases (Py C. *et. al.*, 1956).

a) Hojas exteriores: Están completamente desarrolladas cuando el brote (hijuelo, esqueje, corona) se plantó; presentan un “cuello” o una zona de crecimiento restringido, cerca de la base y tienen prácticamente una posición horizontal.

b) Hojas presentes: son las que no están completamente desarrolladas al momento de plantar; el cuello se encuentra más arriba y sobre éste se observan algunas espinas (lo anterior, de modo incidental ocurre después de cada cese del crecimiento).

c) hojas viejas: Desarrolladas después de plantar; no existe un cuello que sea claramente visible.



d) Hojas jóvenes: Completamente desarrolladas que crecen a un ángulo aproximadamente de 45 grados; estas hojas generalmente se utilizan para análisis foliares y mediciones. Su peso (que puede llegar a 100g) se encuentra estrechamente relacionado con el rendimiento.

e) hojas en pleno desarrollo: Aun no totalmente verdes.

f) hojas en posición: Están totalmente erectas dentro de la roseta, son pequeñas y ligeramente coloreadas.

2.3.4 Pedúnculo

El pedúnculo (Figura 1) es la prolongación del tallo que se desarrolla cuando la planta completa su ciclo de crecimiento vegetativo, se manifiesta por un engrosamiento del tallo en su meristemo terminal, después de un período corto en el cual se había estrechado, en este momento se inicia la diferenciación del pedúnculo, en cuyo extremo apical se desarrolla la inflorescencia que dará origen a un nuevo fruto (Rebolledo, 1998).

2.3.5 Flor

Presenta una **inflorescencia** en espiga, compuesta por flores, de color rosa con tres pétalos que crecen en las axilas de unas brácteas apuntadas, de ovario hipógino. Las flores están dispuestas en espiral, alrededor de un eje o corazón, que es la prolongación del pedúnculo (SARH, 1992), las flores en número variable entre 100 a 200, de las cuales las flores de la base se abren primero y 20 días después todas están abiertas; después de la polinización las estructuras florales se secan completamente continuando su desarrollo; los órganos restantes contribuyen a formar el fruto múltiple y éste desarrolla de manera partenocarpia (Jiménez, 1999).



2.3.6 Fruto

Las flores dan fruto sin necesidad de fecundación del óvulo y ovario hipógino se desarrollan unos frutos en forma de baya, que conjuntamente con el eje de la inflorescencia y las brácteas, dan lugar a una infrutescencia carnosa. En la superficie de la infrutescencia se ven únicamente las cubiertas cuadradas y aplanadas de los frutos individuales.

El fruto se forma por partenocarpia natural, es decir, sin la fecundación del óvulo y por lo tanto sin la formación del hijuelo, después de la antesis, todas las piezas florales contribuyen a formar fruto partenocarpia, excepto el estilo, los estambres y los pétalos se marchitan.

Botánicamente el fruto de la piña es una sorosis, constituido por un eje carnoso o corazón, del cual parten las flores que son concrecentes (se fusionan entre sí) durante el desarrollo del fruto. Las brácteas y los carpelos se unen al eje para constituir el conjunto comestible fruta (Rebolledo, 1998).

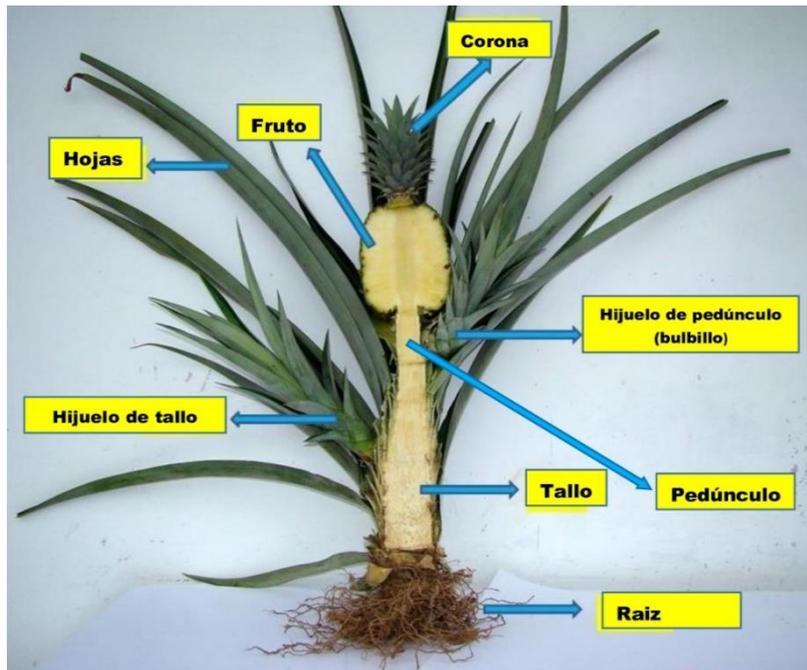


Figura 1: Partes de la planta de piña en un corte longitudinal (Anahui, 2019)

2.4 PLAGAS Y ENFERMEDADES

2.4.1 Plagas

Thecla basilides. - Es un lepidóptero que afecta en estado larval penetrando al fruto por el canal estilar y por efecto de su alimentación produce daño en forma de galería en la parte externa de la pulpa de la fruta, haciéndola inservible (Jiménez, 1999). Los adultos son de hábito diurno, se alimentan del néctar de las flores y ovipositan en las 14 inflorescencias y en las brácteas del pedúnculo (Arellano y Raven, 1992). Se controla en el momento o antes de que las flores abran entre los 45 y 50 días después de la inducción floral y hasta los 90 o 100 días (Jiménez 1999).

Dysmicoccus brevipes. - Conocida como cochinilla harinosa, su cuerpo está recubierto de una capa cerosa, es otra plaga importante generalizada en todas las aéreas productoras de piña. Este insecto vive en las partes superiores de la planta, en el tallo y la base del fruto, se alimenta de las suculentas hojas internas. Al succionar la savia transmite



el virus de la marchitez, mantiene una relación simbiótica con las hormigas (Jiménez, 1999) ya que este insecto excreta un líquido azucarado que es usado como alimento por las hormigas. El material a propagar puede llevar este insecto por lo que es importante desinfectar tanto en campo definitivo como en semillero.

Melanoma canopilosum. - Conocida como la mosca de la fruta de la piña, en estado larval barrena el fruto en diferentes estados de desarrollo produciendo maduración prematura y gomosis (Bello, 1989), su control es básicamente físico, embolsando al fruto en variedades altamente susceptibles como la `Golden´ y la `Cayena Lisa´.

Symphylidos. - Son centípedos de color blanco cuyos adultos miden de 6 a 10mm con doce pares de patas y antenas prominentes, se observa comúnmente en suelos húmedos, porosos y con terrones (Jiménez, 1999). Se ha observado mayor incidencia en lotes sembrados continuamente, en tallos y raíces viejas y campos destinados a semilleros. Afecta las raíces de la planta causando destrucción de las raíces jóvenes y en crecimiento un ataque severo; al jalar la planta de la piña se observará un mechón de raíces cortos.

2.4.2 Enfermedades

Según Agrios (2005) afirma que las enfermedades de piña pueden ser ocasionadas por cualquier microorganismo fitopatógenos ya sean hongos, bacterias, virus, nematodos y actinomicetos; las cuales son el resultado de la interacción dinámica de tres factores: el microorganismo fitopatógeno presente en el sistema, al cual le corresponde la dinámica ecológica de los suelos en cuanto a la diversidad y a la regulación poblacional. La condición del hospedante susceptible teniendo en cuenta sus etapas fenológicas y metabólicas además el medio ambiente especialmente referido a las condiciones edafoclimáticas en las cuales se establecen los cultivos (Guzmán-Piedrahita *et al.*, 2009).



Phytophthora parasítica. - Ataca en todo el ciclo del cultivo causando pudriciones en las raíces y el eje de la planta, las hojas se desprenden con facilidad y es característico el olor nauseabundo a causa de la muerte de los tejidos de la planta. La mayor incidencia de este patógeno se da en los meses de abundante lluvia. (Proyecto especial Pichiz-Palkasu, 2010). Su ingreso se da básicamente por lesiones y heridas causadas por nematodos, Symphyllidos y prácticas de limpieza al usar la lampa. Está distribuida en todas las áreas productoras de piña principalmente en los cultivos de `Golden´ y `Cayena lisa´; su control es preventivo y en suelos planos o con pendiente reducida se recomienda levantar en camellones y realizar un buen drenaje. (Jiménez, 1999).

Thielaviopsis paradoxa. Es una enfermedad, que se presenta básicamente en el fruto, después del corte del pedúnculo e ingresa por el corte, causando pudrición del fruto, los frutos atacados presentan descomposición de tejidos. Esta enfermedad también se presenta en las semillas por lo que se recomienda secar al sol por 10 días, además causa la mancha blanca de las hojas (Proyecto especial Pichiz-Palkasu, 2010).

2.5. NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS

Los nematodos son un grupo diverso de organismos, parásitos y de vida libre. Generalmente encontrados en los suelos de todo el mundo (Coyne, Nicol y Claudius-Cole, 2007).

Los nematodos fitoparásitos generalmente tienen una longitud que va de los 300 a 1000 micrómetros (μm). Las hembras de algunos géneros pierden su forma vermiforme al llegar a la etapa adulta, tomando forma de pera, limón, esférica o de riñón (Coyne *et al.*, 2007). (Figura 2)



Es difícil o imposible ver a los nematodos a simple vista en el campo, sus síntomas no suelen ser específicos, por eso el daño que ocasionan suele ser atribuido a algún otro patógeno (Agrios, 2004).

Los nematodos fitoparásitos difieren de los nematodos que se alimentan de bacterias y hongos, por poseer una estructura especializada para alimentarse denominada estilete; este es usado para inyectar enzimas dentro de las células vegetales y los tejidos, para luego extraer su contenido celular (Coyne *et al.*, 2007).

El control de los nematodos fitoparásitos de plantas es muy complejo, debido a que la mayoría son de importancia agronómica, se encuentran ampliamente diseminados, así medidas preventivas que eviten la entrada y el establecimiento del nematodo en regiones que aún no ocurren son de vital importancia (Ferraz *et al.*, 2010).

2.5.1 Alimentación de los Nematodos Fitoparásitos

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

Freitas *et al.* (2007) Indican que los nematodos en el suelo se mueven intercalando con periodos de dormancia hasta que su hospedero sea localizado para su alimentación, esto es realizado por un estímulo químico atrayente, una vez localizado su hospedero el nematodo a través de su estilete realiza perforaciones de prueba en el tejido de la raíz hasta encontrar un punto de alimentación, cuando el estilete penetra en la raíz este espasmo exuda hacia las células donde posteriormente extrae el contenido celular.

2.5.2 Formas de Parasitismo

Los nematodos fitoparásitos se clasifican como: **sedentarios**, cuando encuentran un sitio de alimentación y culminan su ciclo de vida en ese lugar. Y **migradores**, son considerados aquellos que migran dentro y fuera de la raíz de la planta durante su alimentación (Freitas *et al.*, 2007, Tihohod, 2000).

El parasitismo de los nematodos de plantas está clasificado de la siguiente manera:

a) Endoparásitos: Son aquellos que introducen todo el cuerpo para alimentarse de los órganos de la planta, se nutren se desarrollan al menos una fase de su vida en el interior de la planta, estos fitoparásitos se parten en dos grupos (Gómez y Montes, 2000)

a.1). Endoparásitos sedentarios: Se caracterizan por tener un estilete pequeño y delicado, los juveniles ingresan al tejido de la planta donde cumplen su proceso de desarrollo en un sitio de alimentación fijo e incitan la formación de un sofisticado sistema trófico llamado sincitia (células gigantes), las hembras permanecen allí durante todo su ciclo, se tornan inmóviles, adquieren una forma abultada para depositar los huevos. Los géneros más representativos de este grupo son: *Meloidogyne*, *Globodera*, *Heterodera*, *Nacobbus*, *Punctodera* y *Cactodera*, *Rotilenchulus* (Coyne *et al.*, 2007).

a.2). Endoparásitos migratorios: No están fijos en un sitio de alimentación, se hospedan y migran a través de los tejidos. No forman células modificadas de alimentación y todas sus etapas de desarrollo son parasíticas (Godoy *et al.*, 2003). Donde los géneros más representativos de este grupo son: *Pratylenchus*, *Radopholus*, *Escutellonema* y *Hirschmanniella*.



b) Semi-endoparásitos: Son aquellos parásitos que introducen de forma parcial el cuerpo en los órganos de la planta y pueden ser:

b.1) Semi-endoparásitos sedentarios: Se caracterizan porque las hembras se alimentan con el cuerpo parcialmente impregnado en las raíces, son de forma irregular abultada, poseen un saco de huevos y se nutren de células modificadas. Ejemplo: *Tylenchulus*, *Semipenetrans*, *Rotylenchulus* y los géneros *Sphaeronema* y *Tylenchulus*. (Guzmán y Castaño, 2012).

b.2) Semi-endoparásitos migratorios: Se distinguen por implantar en las raíces solo la parte anterior del cuerpo, mientras la parte posterior del nematodo permanece en el suelo (Godoy et al., 2003). Conservan su aspecto vermiforme, colocan los huevos libremente en el suelo, se alimentan de células no modificadas y todos sus estados de desarrollo son parasíticos. Ejemplo: *Helicotylenchus* y *Haplolaimus* (Guzmán y Castaño, 2012).

c) Ectoparásitos: Estos nematodos parásitos de plantas introducen en el tejido vegetal solo el estilete dentro de los órganos de la planta. (Tihohod, 2000, Freitas *et al.*, 2007)

2.5.3 Características Morfológicas y Anatómicas de los Nematodos Fitoparásitos

Los nematodos son el grupo de organismos no segmentados más grande de la tierra; estos organismos poseen simetría bilateral con sistemas fisiológicos similares a los animales superiores son pequeños, presentan una longitud que varía de 0.2 a 10.0 mm y ancho de 0.01 a 0.5 mm. También presentan forma cilíndrica y delgada, excepto aquellos géneros en los cuales las hembras en su estado avanzado de desarrollo adoptan formas de limón, redonda o riñón (Cepeda, 1996). (Figura 2)



Los nematodos poseen una región anterior donde se ubica la cabeza, los órganos sensoriales y el estilete, que es la característica principal de este tipo de microorganismos. El cuerpo de estos organismos está cubierto por la cutícula que varía dependiendo del estado juvenil del organismo, está compuesta de líneas distintas que recorren el cuerpo extendiéndose desde la boca hasta la vulva. El sistema digestivo se encuentra dividido en tres regiones que son: estomodeo, mesenterón y proctodeo. La primera región comprende desde la boca, el estilete, cavidad bucal hasta el bulbo basal, siendo su principal característica la localización de los músculos aptos para sostener y permitir el libre movimiento del estilete (Lima 2018). (Figura 2)

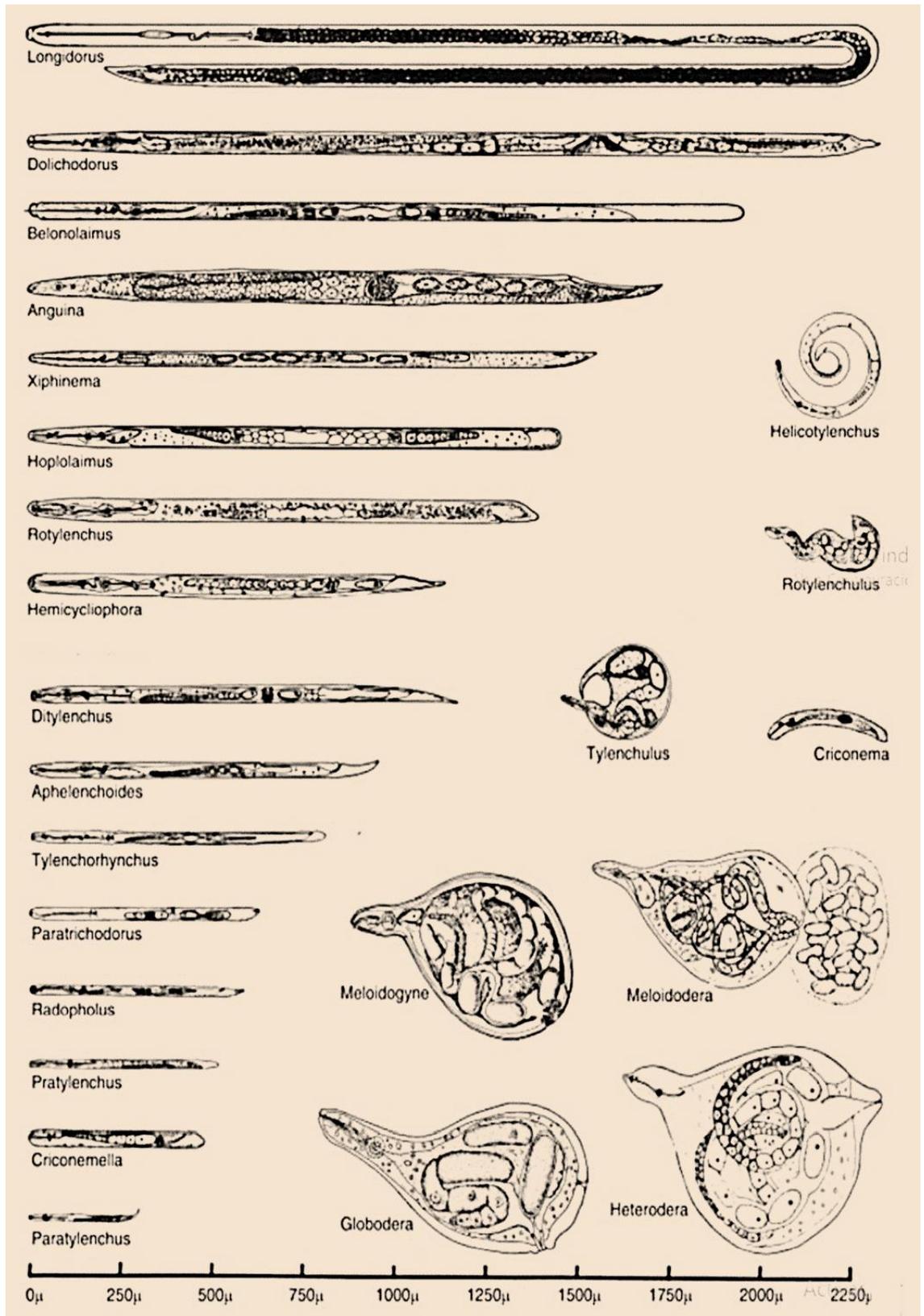


Figura 2: Principales formas de nematodos parásitos de plantas. (Agrios ,2004)



El intestino o mesenterón es la parte media de este sistema y se comprende desde el bulbo basal hasta el pre recto, siendo su principal función la absorción de alimento como glucógeno, proteínas y grasas que se pudieran utilizar en los procesos vitales para este microorganismo (Wharton, 1986).

Finalmente se ubica el proctodeo que se constituye por la terminación del intestino e inicio del recto, el cual, es un tubo achatado de manera dorso-ventralmente y unido por medio de la cutícula (Lima, 2018).

La reproducción es un asunto muy importante para cualquier especie de nematodo, siendo el macho más pequeño que la hembra. El sistema reproductivo es desarrollado, las hembras poseen uno o más ovarios seguidos de un oviducto, espermateca, útero, terminando en la vulva (Lima, 2018).

Por lo que respecta al macho, su sistema reproductivo se encuentra compuesto de un testículo, vesícula seminal, vasos denominados eferentes y deferentes terminando en la cloaca, en el sexo masculino la principal diferencia es la presencia de la bursa o ala caudal, que permite el agarre de la hembra para el proceso copulatorio en nematodos (Viglierchio, 1991).(Figura 3)

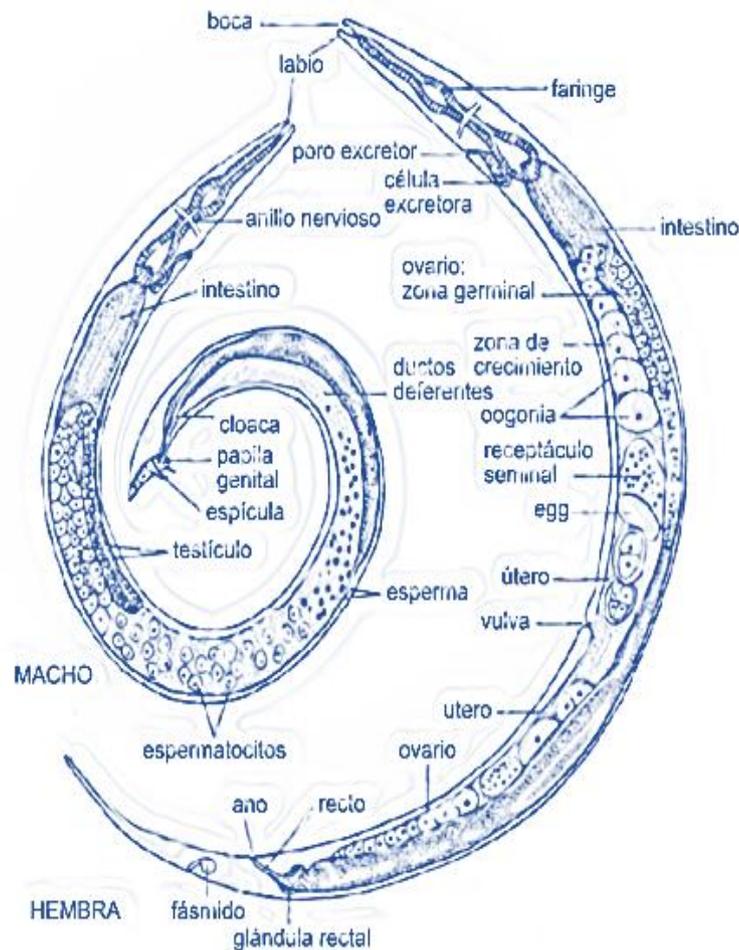


Figura 3: Morfología general del nematodo (Fuente: Mahale ,2015).

2.5.4 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos

Entre los factores que afectan las poblaciones de nematodos según Jiménez (1999) están:

a) Condiciones de Suelo. Los factores del suelo como humedad, temperatura, textura y constitución afectan a los nematodos.

a.1) Temperatura. La temperatura en el suelo tiene un importante impacto sobre los nematodos, afecta las actividades como la puesta de huevos, reproducción, movimiento, desarrollo y supervivencia. Casi todos los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre 5 °C-15 °C, la amplitud



óptima es de 15 °C-30 °C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30 °C -40 °C. Las temperaturas por encima de estos límites puede ser fatales (Jiménez 1991).

a.2) Humedad del suelo. Las mejores condiciones de humedad para la vida de los nematodos es cuando el contenido de agua en el suelo se limita a una película envolvente de las partículas de este. La sequía excesiva y el encharcamiento prolongado en donde falta de oxígeno, puede frenar la reproducción. El contenido de humedad óptimo de este se puede encontrar entre el 40% y 80% de la capacidad de retención del suelo (Unión Carabidae Agricultura citado por López 2006)

b) Condiciones climáticas. Tanto la precipitación como la temperatura ambiental están vinculadas en el crecimiento y desarrollo de los nematodos. A estos dos factores están vinculados a las fluctuaciones estacionales en las poblacionales de nematodos (Nacional Academia of Science, 1978 citado por López 2006). Las fluctuaciones poblacionales de los nematodos no pueden atribuirse a las lluvias como factor directo; más bien a los efectos de su influencia, como la reducción de oxígeno disponible cuando el suelo se encuentra saturado o la incorporación al suelo de cantidades óptimas de humedad que beneficien la reproducción de los nematodos y su movilización libre. Jiménez (1972) citado por López (2006).

c) Condición Fisiológica del Cultivo. Debido a que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional (Tarte, 1980). Además de servir como fuente de alimentación a los nematodos, las plantas hospederas modifican el medio ambiente para cambiar su humedad, aumentar la cantidad de anhídrido carbónico, disminuyendo el oxígeno.



Las exudaciones de sus raíces pueden estimular la reproducción o actuar como atrayentes de nematodos (Unión Carabidae Agrícola citado por López 2006).

2.6 GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARASITOS ASOCIADOS A PIÑA

2.6.1. Género *Mesocriconema*

Los nematodos anillados son muy comunes, especialmente en cultivos permanentes o perennes, pueden ser muy abundantes en los suelos (Ferris, 1997). Así mismo, posee un cuerpo corto, robusto e intensamente anillado, cola generalmente puntiaguda, borde de los anillos finamente dentados, de movimiento lento, el estilete es muy largo en comparación con la longitud del cuerpo.

a. Morfología

Fuerte dimorfismo sexual, hembra: cuerpo de 0.20 – 1 mm de largo, robusto de movimiento lento, recto o ligeramente curvado. Extremo anterior redondeado a cónico parte posterior, cutícula provista de 42 – 200. Anillos salientes finamente dentados orientados hacia la parte posterior. En este orden (Flores, 2017) indica que estos individuos tienen una cutícula gruesa intensamente anillado, con una longitud promedio de 495.066 μm . y un estilete de 74.248 μm .

El género *Mesocriconema* está estrechamente relacionado con *Criconemoides*, pero se diferencia por tener una vulva abierta y una diferencia en la estructura de los lóbulos submedios (Loof y De Grisse, 1989). No siempre es fácil evaluar estas diferencias y ambos géneros son sinónimos según Hunt, (2005).



b. Sintomatología

Los síntomas generales asociados al daño por nematodos involucran lesiones en las raíces absorbentes que degradan o pudren los tejidos, permitiendo la invasión por patógenos secundarios, reducción del sistema radical, amuñonamiento y en algunos casos proliferación de raicillas. Como el daño se localiza en la raíz los síntomas son evidentes también en la parte aérea: amurallamientos, acaparamiento, raquitismo, marchitez recurrente, especialmente en horas de gran intensidad solar y volcamiento de plantas aún con vientos moderados.

Se alimentan ectoparasiticamente en las puntas de las raíces o incluso en raíces maduras. Estos nematodos son de tipo migratorio a menos que los espacios porosos del suelo limiten sus movimientos. Las etapas adultas de los nematodos anillados más grandes aparentan ser sedentarias (Ferris, 1997).

2.6.2. Género *Aphelenchus* spp. “Nematodo de las Hojas”

Aphelenchus es principalmente fungible y ocurre comúnmente en el suelo, pero también en vainas foliares, coronas de plantas y la corteza de algunas raíces. Los registros de patogenicidad en plantas superiores son relativamente pocos (Hunt, 1993).

La patogenicidad de la especie es insignificante, pero bien podría ser portadora de otros agentes causantes de enfermedades como las bacterias y los hongos, no está claro si es capaz de penetrar raíces sanas o si simplemente ataca a los que ya están dañados por otras causas, o plantas debilitadas (Decker, 1988). Es una especie cosmopolita.

a. Descripción morfológica

Hembra: Cuerpo estrechado hacia las extremidades, cutícula finamente estriada, campo lateral ocupado $1/4 - 1/3$ de diámetro del cuerpo, con marcas de 10-12 incisuras,



cabeza ligeramente despegada, sin estrías, cola cilíndrica corta con una terminación redondeada, fasmidius no observados, ovario único, extendido en algunos ovocitos en una sola fila saco postvulvar 2-3 veces el ancho del cuerpo (Chaturvedi y Khera, 1979).

Masculino: morfología general similar a la femenina. Cola cónica, provista de una bursa soportado por 4 pares de nervios, uno de este pre anal y tres post anal (Chaturvedi y Khera, 1979).

2.6.3. Género *Discocriconemella* spp.

El género *Discocriconemella*, propuesto. Por De Grisse y Loof, 1965, contiene 22 especies con gran diversidad interespecífica, el carácter distintivo primario común a todas las especies es el primer anulo cefálico agrandado, que es modificado en un disco. (Vovlas, 1992)

Subfamilia Criconematidae: *Discocriconemella*, *Ogma*, *Blandicephalanema*, *Bakernema*, *Hemicriconemoides*, *Nothocriconemoides* y *Pateracephalanema*.

Los Criconematidae, curvan sus cuerpos ventralmente al morir; su parte anterior es puntiaguda y termina en una región cefálica levemente redondeada, su estilete es robusto y esta seguido por un esófago típicamente criconematoide. La región caudal es relativamente corta, levemente redondeada, la vulva generalmente es rectangular o relativamente ovalada. (Volcy, 1998).

2.6.4. Género *Dorylaimus* spp. “Nematodo de Raíz de Escobilla”

Este nematodo fue descrito por primera vez por Dujardin en 1845. Se encuentra generalmente en suelos húmedos y su distribución es cosmopolita, observaciones realizadas han mostrado que éste género es omnívoro, pues devora alimentos tanto vegetales como animales, algunas especies de éste género son predadores como *D.*



serpentinus y *D. carteri*, y otros se alimentan de las raíces, por lo que forman las escobillas y reducen así, el tamaño del sistema radicular, además de que retardan el desarrollo de los cultivos (Cepeda, 1996).

a. Características generales

Presenta un estilete falso que en su parte apical es biselado, en la región cefálica se observa un diente, el esófago presenta una expansión gradual en forma de botella, la vulva se encuentra al 60 %, ovario didélfico- anfidélfico no reflejado, la cola es redonda en algunas especies, en otras termina en ángulo de 60°, aunque la especie *D. bastiani* presenta un mucron en su cola; longitudes aprox. machos 3 a 5 mm y hembras 3.0 a 4.2 mm. (Cepeda, 1996).

b. Sintomatología

Los síntomas característicos de éste nematodo en cultivos donde la densidad de poblacional es alta, ocasiona raíz de escobilla, escaso desarrollo de la planta y por consiguiente una baja en la producción (Cepeda, 1996).

2.6.5. Género *Helicotylenchus* spp. “Nematodo Espiral”

La palabra *Helicotylenchus*, proviene de los vocablos griegos helic (=espiral, enrollar), tyl (= perilla, nudo), ench (= lanza, arpón), indicando que es un microorganismo con forma de espiral y con un estomatoestilete en la región anterior (cabeza) que es usado para perforar los tejidos de la planta hospedante y extraer los nutrientes, causando enfermedades que se manifiestan con un crecimiento deficiente y un rendimiento menor (Siddiqi, 2000; Agrios, 2005; Luc *et al.*, 2005; Perry y Moens, 2006).



a. Biología

Biológicamente y dependiendo del hospedante, el hábito alimenticio de *Helicotylenchus* spp. es un parásito que vive en la superficie externa de su hospedante, aunque algunas especies pueden comportarse como semiendoparásitos (semi=mitad y endo=interior), es decir, que la parte del cuerpo se encuentra en el interior del tejido cortical de la raíz. En algunos casos, se alimentan por períodos prolongados en sitios específicos, extrayendo alimentos de los tejidos más internos de las raíces sin provocar daños aparentes o notorios (Hunt, 2005).

b. Ciclo de vida

Después de cuatro días, los nematodos ingresan completamente en las células parenquimatosas del córtex de la raíz hasta 4 a 6 células de profundidad, alimentándose directamente sobre ellas y causando daños como citoplasma contraído, ruptura de paredes celulares e incremento en el tamaño del núcleo, tornándose decoloradas y algunas veces necróticas (Guzmán, 2011).

c. Sintomatología y daños

En altas infestaciones, estas lesiones pueden producir necrosis extensiva de la raíz en la capa más externa del córtex, y muerte descendente de ésta (Agrios, 2005). Clorosis, necrosis del sistema radical, reducción de la producción han estado asociados con altas densidades poblacionales de varias especies de estos nematodos en varios cultivos. Asimismo (Perry y Moens, 2013) indican que; es un ectoparásito o semiendoparásito que ataca las raíces de muchas plantas, se alimentan de una sola célula por varios días.



2.6.6. Género *Meloidogyne* spp. -- “Nematodo del nódulo de la raíz”

Tihohod (2000) menciona que la etimología del género Mel'oid proviene del griego melón (manzana o calabaza) + oeides, oid (semejante) + gyne (mujer o hembra) = hembra como manzana. La escritura correcta actualmente es la propuesta por Goldi, como *Meloidogyne* descrito en la literatura nematológica.

Perry y Moens (2009) indican que son un grupo polífago de importancia económica, altamente adaptados como parásitos obligados, están distribuidos cosmopolitamente y parasitan cada especie de planta superior. Típicamente se reproducen y alimentan de células modificadas dentro de la raíz de la planta, donde inducen a la formación de grandes agallas.

Agrios (2004) refiere que el nematodo se fija en las raíces y provoca la aparición de células gigantes que forman una agalla, esta estructura dificulta la absorción de elementos del suelo, los síntomas ocasionados por el ataque de este nematodo son similares a los producidos por deficiencias nutricionales e invasión de hongos del suelo.

Perry y Moens (2009) manifiesta que frecuentemente las discusiones sobre *Meloidogyne* spp. se concentran en las cuatro mayores especies. Las tres especies tropicales, *M. incógnita*, *M. arenaria* y *M. javanica*, y la especie de clima templado, *M. hapla*. Cada una tiene un extenso rango de hospederos y están distribuidas alrededor del mundo.

Theberge (1985) menciona que las plantas cultivadas en climas cálidos pueden experimentar pérdidas por el “nematodo de las agallas” y a menudo son tratadas con nematicidas químicos, aunque actualmente no son muy utilizados por la ineficiencia y daños a la salud y al medio ambiente. Los daños que causan los nematodos de las agallas son: un crecimiento deficiente, baja calidad de frutos, bajo rendimiento en cosecha y una



reducción en la resistencia a otras causas (como sequía y otras enfermedades). Un alto nivel de ataque puede llevar a la pérdida total de la cosecha. Así también raíces dañadas por el nematodo de las agallas no aprovechan fertilizantes, agua de manera eficaz, llevando al agricultor a pérdidas adicionales.

a. Ciclo De Vida Del Género *Meloidogyne* spp.

Siddiqi (2000) dice que el primer estadio ocurre dentro del huevo, posteriormente los juveniles del segundo estadio eclosionan, estos juveniles pueden vivir durante un mes libre en el suelo y tienen energía suficiente para moverse hasta localizar y penetrar la raíz, donde establecen su sitio de alimentación, usualmente dentro del periciclo y el tejido vascular.

Gravato Nobre *et al.* (1995) manifiesta que la naturaleza de los signos para la orientación del juvenil y la selección de las células gigantes en las raíces es desconocida, aunque se cree que el reconocimiento de los tejidos por el nematodo sufre influencia de potenciales eléctricos, gradientes de pH y moléculas de la superficie celular.

Taylor y Sasser (1983) manifiestan que los juveniles presentan una segunda muda y da lugar a la tercera y cuarta etapa, en la cual es posible distinguirlo ya como individuo macho o hembra. El macho sufre la cuarta y última muda y emerge de la raíz como un macho adulto vermiforme, el cual vive libremente en el suelo. La hembra de la cuarta etapa juvenil continúa aumentando de grosor y un poco más de longitud, sufre la última muda y se desarrolla en una hembra adulta, la cual continúa hinchándose y fecundada o no por el macho, forma huevecillos que deposita en una cubierta protectora (matriz). El ciclo de vida puede concluir al cabo de 3 o 4 semanas, bajo condiciones ambientales óptimas.



b. Características morfológicas

Las hembras miden entre 0.5 y 0.8 mm, en el centro de su región posterior, la cutícula de la hembra tiene un patrón de marcas cuticulares rodeando el ano y la vulva, este patrón es usado para la identificación de especies, son nematodos endoparásitos sedentarios quiere decir que desarrollan su ciclo dentro de la planta hospedadora (Dropkin, 1980). Son endoparásitos obligados altamente adaptados a las raíces, donde tienen garantizado un continuo abastecimiento de agua y comida, además de protección dentro de la raíz. (Siddiqi, 2000). Así también (Flores *et al.*, 2017) manifiesta que juveniles de *Meloidogyne* tienen una longitud promedio de: 364.480 μm ; estilete de 14.123 μm

c. Sintomatología y daños

Este nematodo daña las raíces de las plantas, formando nudos o agallas fáciles de ver a simple vista, que afectan la capacidad de absorción de agua y nutrientes, provocando un retardo en el crecimiento y síntomas de deficiencia de nitrógeno (clorosis) en la parte aérea, con tendencia a marchitarse durante los días calurosos. Los rendimientos disminuyen considerablemente y los frutos son de mala calidad. El daño puede ser más severo cuando el nematodo interactúa con hongos y bacterias del suelo, formándose verdaderos complejos que disminuyen drásticamente la producción (Taylor y Sasser, 1983).

2.6.7. Género *Mononchus* spp.

Micoletzky (1922) en su obra clásica obra sobre los nematodos de vida libre, erigió la familia Odontopharyngidae con 7 subfamilias, estando el género *Mononchus* en Oncholaiminae *Trichodorus*. Filipjev (1934) colocó al género *Mononchus* en una



subfamilia (Mononchinae) de la familia Trilobidae. El género estuvo allí hasta 1937, cuando Chitwood erigió a la familia Mononchidae para retenerlo.

Los expertos en el estudio de los nematodos libres y parásitos de plantas en general adoptan el esquema originalmente propuesto por Chitwood (1937). Sin embargo, recientemente Clark (1961) concluyó: Por presentar los Mononchidae grandes afinidades para con los nematodos de la superfamilia Dorylaimoidea, se vio, por lo tanto, impelido a crear esta súper familia y colocarla en el suborden Dorylaimina, al lado de Dorylaimoidea y Diphtherophoroidea.

a. Morfología

Los Mononchidae presentan la forma usual de los nematodos de vida libre, estos son cilíndricos, atenuándose hacia las extremidades, principalmente para el lado posterior, sin embargo, son referidos como fusiformes. En ciertas especies, por ejemplo, *Iotonohus trichurus* (Cobb, 1917) Andrassy (1953) el filamento posterior es intenso, resultando en extremo caudal largo y filiforme.

En la mayor parte de las especies la cola es cónica, más o menos larga similar en los dos sexos, a veces fuertemente arqueada ventralmente, las papilas caudales, pequeñas, pueden ser a menudo divisadas.

Papel de los mononchidae como parte del complejo biótico del suelo

Los Mononchidae fueron originalmente considerados nematodos que se nutrían de vegetales superiores, esto es capaces de dañar las raíces y otros órganos de la planta, y obtener de ellos su alimento. Los antiguos nematólogos realmente pensaban que eran nocivos a las plantas y eso por el hecho de que los individuos se concentran en las



cercanías del sistema radicular y también por el encuentro frecuente de materia vegetal como parte del contenido intestinal.

Cobb (1915) publicó una información pionera, por haber observado ejemplares de *Monochus papillatus* Bastian (1865), alimentándose de larvas y machos de nematodos de cítricos (*Tylenchulus senvipenetrans* Cobb, 1913). Desde entonces, COBB y muchos otros autores relataron observaciones similares, sabiéndose hoy como cierto que todas las especies de la familia son predadoras o carnívoras, nutriéndose de nematodos, huevos, rotíferos y otros componentes de la fauna del suelo (Steiner y Heinly, 1922).

2.6.8. Género *Pratylenchus* spp. “Nematodo de las lesiones”

Las especies de *Pratylenchus* son genéricamente llamados nematodos de las lesiones radicales debido a los síntomas en la forma de lesiones necróticas que causan en las raíces de sus hospederas (Tihohod, 1993) siendo considerados en Brasil y el mundo, como el segundo grupo de fitoparásitos de mayor importancia económica (Sasser y Freckman, 1987; Tihohod, 1993).

Estos nematodos son endoparásitos migradores, de cuerpo fusiforme, cuya longitud de los adultos varía de 0,3 a 0,9 mm (Loof, 1990). En ese mismo sentido (Mayta, 2017) indica que estos individuos presentan una longitud promedio 552 μm .

Las especies de *Pratylenchus* se asemejan bastante desde el punto de vista morfológico, lo que hace que la identificación a nivel de géneros sea relativamente simple y la específica sea bien más difícil (Loof, 1990). *Pratylenchus* posee características morfológicas que permiten diferenciarlo de otros géneros. La estructura cefálica se caracteriza por ser plana. El estilete es corto y oscuro. El esófago traslapa ventralmente con el intestino (Davis y Mac Guidwin, 2000)



Los estadios juveniles de *Pratylenchus* normalmente poseen los mismos caracteres que los adultos, pero no cuentan con órganos reproductivos desarrollados. Las hembras de *Pratylenchus* se caracterizan por tener la vulva al 70-85% de la longitud de su cuerpo, la cola es de forma cónica pero redondeada en el extremo, cerca de la cola, debajo de la vulva se encuentra el ano. Los machos son de menor tamaño, más delgados y con la cola más afinada que la de las hembras; además, presentan bursa copulatoria terminal (Davis y Mac Guidwin, 2000).

a. Especies crípticas

Se entiende como especies crípticas aquellas que han sufrido procesos de especiación pero que no presentan cambios morfológicos importantes, lo que hace difícil su identificación empleando únicamente métodos morfológicos (Palomares-Rius *et al.*, 2014).

La separación de las especies dentro del género *Pratylenchus* es difícil por la gran variabilidad intraespecífica y el pequeño número de características diagnósticas disponibles para diferenciar a nivel de especie (Castillo y Vovlas, 2007). *Pratylenchus* posee especies crípticas como: *P. coffeae* (Palomares-Rius *et al.*, 2014) y *P. hippeastri* (Inserra, 2007).

b. Distribución geográfica

El género *Pratylenchus* puede encontrarse en cualquier continente. Algunas especies habitan en climas templados, otras en tropicales y algunas se adaptan a ambas condiciones (Castillo y Vovlas, 2007). La distribución es dependiente de la presencia de plantas hospederas y factores abióticos como la temperatura (Townshend *et al.*, 1978).



c. Ciclo de vida

Pratylenchus se encuentra principalmente en la raíz, aunque en menor medida se encuentra en el suelo, todos los estadios de vida son parasíticos, excepto J1 (Bridge y Starr, 2007). La duración del ciclo de vida varía con la especie y con la temperatura y humedad del suelo (Das Neves *et al.*, 2012). La fase juvenil o adulta penetra la raíz y viaja a través de ella hasta que se establece próximo a la endodermis para alimentarse del tejido radical. Es evidente entonces que la hembra puede ovipositar dentro de la raíz o bien en el suelo alrededor de ella (Weischer y Brown 2000).

d. Síntomas

La presencia de *Pratylenchus* en las raíces se observa como lesiones necróticas de un milímetro a varios centímetros de longitud. Si la infestación de las plantas es alta, se limita el desarrollo de las raíces, se retrasa su crecimiento y se presenta clorosis en el área foliar (Bridge y Starr, 2007).

Las altas densidades de *Pratylenchus* causan síntomas de clorosis foliar, necrosamiento del sistema radical, plantas de menor tamaño y disminución de la producción

2.6.9. Género *Rotylenchus*

Rotylenchus sp. parásitos de una amplia gama de especies silvestres y plantas cultivadas y están estrechamente asociados con las raíces de las plantas. Ellos son migratorios ectoparásitos y navegan en la superficie de las raíces. Como migratorias ectoparásitos no entran en la raíz de la planta, los daños que causa es generalmente limitado a la necrosis de las células, penetraron por estilete. Sin embargo, las especies con más estiletos (por ejemplo ya que, *Rotylenchus cazorlaensis*, *Rotylenchus*



magnus y *Rotylenchus robustus*) penetran en los tejidos más profundamente, con lo que matan más células y causando más extensos daños a la raíz.

Hembras vermiformes de 0.7 – 1.5 mm de largo y de cuerpo en forma de espiral o de C. Armadura cefálica bien desarrollada al igual que el estilete y las protuberancias basales. Glándulas esofageales con traslape o a veces lateral. Anfidélficas con fasmidio pequeño y cola corta y hemiesférica pocas veces con pequeñas con proyección ventral. Diformismo sexual no muy marcado pero la cabeza del macho es más pequeña. Comprende unas 60 especies en su mayoría de zonas templadas o frías. Número básico de cromosomas $n=8$ (Volcy, 1998).

El *R. reniformis* es un parásito muy común en los piñales de Hawaii y Puerto Rico. En el Paraguay este nematodo se encuentra asociado a varias especies, como la piña, soja, café, cítricos, banano, mamonero, caña de azúcar y otras especies vegetales de importancia económica. (Valiente, A)

a. Modo de vida y relación parasítica

Probablemente, *Rotylenchus* sp, es el único nematodo de la subfamilia hoplolaiminae que presenta una estrategia de crecimiento parecida a "k". Esto quiere decir a grandes rasgos que su ciclo de vida es largo y que su tasa de incremento de la población no es alta. Por ejemplo, ciclo de vida de *R. robustus* en condiciones naturales dura entre 14 y 18 meses ó 100 días a una temperatura experimental constante de 23 °C. En cuanto a su parasitismo, prefiere las pequeñas raíces y coloniza la región de elongación o la zona cerca de la punta de la raíz. Puede alimentarse como ectoparásito o continuamente hasta por cinco días de diferentes células de un solo sitio. En presencia de altas poblaciones, plantas como zanahoria, lechuga, guisantes y clavel muestran lesiones necróticas sobre las superficies de las raíces, disminución de biomasa radical y enanismo.



Aunque es poco frecuente, *Rotylenchus* puede ocasionar al igual que *Ditylenchus* síntomas de fasciación (mal deformacion) como ha sido demostrado en *Lilium henryi* (VOLCY, 1998).

b. Sintomatología y daños

Rotylenchus sp. ectoparásito migratorio, cuyos daños en el sistema radicular provocan, en general, en los cultivos una falta de crecimiento, escaso vigor, amarilleo y perdida de hojas, entre otros (BARRIGA, 1965)

- **Síntomas:**

Las picaduras causan necrosis de las células y sistema radiculares raquíticos. Las lesiones pueden unirse y formar áreas necróticas visibles en las raíces. En áreas infestadas en campo, con 5000 nematodos por 100 cm³ de suelo recogido alrededor de las raíces (SFA, 2001).

- **Daño:**

Se ve reflejado principalmente en las partes aéreas de la planta y se manifiesta con un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en nutrientes como amarillamiento del follaje, marchitamiento excesivo en tiempo cálido o seco, una menor producción de la planta y una baja calidad de los productos (BAYER, 2007).

2.6.10. Género *Trichodorus* spp. “Nematodo de la atrofia radicular”

Del género *Trichodorus* se han descrito 59 especies, 15 fueron referidos a un nuevo género *Paratrichodorus* por Siddiqi (1974) y una especie *T. monohystera*. Allen (1957), fue clasificado por Andrassy (1976) dentro de un tercer género de los Trichodoridae, *Monotrichodorus*. (Het *et al.*, 1988).



En la actualidad el género *Trichodorus* incluye 38 especies, de los cuales 34 son válidos, veinte especies solo son conocidas por su tipo de población, a menudo basado en un número limitado de especímenes. Solo de las siguientes especies tres o más, las poblaciones fueron estudiadas y medidas: *T. aequalis*, *T. cedarus*, *T. eburneus*, *T. orientalis*, *T. primitivus*, *T. similis*, *T. sparsus* y *T. viruliferus*; sin embargo, a menudo restringido a una pequeña cantidad de ejemplares. (Het *et al.*, 1988).

Trichodorus spp. Tiene un rango amplio de hospederos en las regiones templadas y pueden ser transmisor de virus en varias especies de plantas, provoca enanismo, la alimentación del nematodo se realiza en la región meristemática de la punta de la raíz, la cual detiene su desarrollo, provocando presencia de numerosas raíces atrofiadas (raíz atoconada). Las raíces presentan cambios de color o síntomas adicionales y poca o ninguna necrosis.

2.6.11. Género *Tylenchus* spp.

Este nematodo fitoparásitos posee un estilete y nódulos pequeños que son poco visibles al microscopio, la distancia de la parte anterior de la cabeza hacia el centro del bulbo medio es corta, la vulva se encuentra entre el 60 o 70% de la parte anterior de la cabeza, la cola de estos individuos es filiforme (cola de ratón). Asimismo, estos alcanzan una longitud del cuerpo entre 1.0 y 1.2 mm, son nematodos ectoparásitos que atacan diferentes plantas. (Torres, 2016).

Yeates *et al.*, (1993) describen a *Tylenchus* como parásitos de plantas (algas, líquenes (componentes de algas u hongos), o alimentadores de musgo que se alimentan mediante perforación), o alimentadores de hifas. Así mismo, *clasifica* a *Tylenchus* spp. Como "asociada a plantas", lo que indica que se encontraron en las rizósferas de las plantas.



2.6.12. Género *Xiphinema* spp. "Nematodo daga"

El género *Xiphinema* fue descrito por Coomans *et al.* (2001). *Xiphinema* (Cobb, 1913) es uno de los géneros más amplios de la familia Longidoridae, constituida por ectoparásitos radicales, migratorios y polífagos. *Xiphinema* presenta anfidios en forma de embudo o estribo invertido, con apertura anfidial en forma de corte, el anillo guía del estilete se encuentra siempre en el tercio posterior del odontostilo y es doble; el odontostilo en su unión con el odontóforo presenta la base bifurcada o dentada; el odontóforo presenta esclerotizaciones basales; el núcleo de la glándula esofágica dorsal es grande y se encuentra situado muy próximo a la apertura de dicha glándula, los núcleos de las glándulas subventrales son menores y se encuentran situados en la parte media del bulbo esofágico. El útero puede ser desde corto y simple hasta largo con varias porciones bien diferenciadas.

Dentro de la familia se distinguen cinco géneros atendiendo a la forma y aperturas anfidiales, naturaleza del odontostilo, posición y naturaleza del anillo guía del estilete y tamaño y posición relativa de los núcleos de las glándulas esofágicas subventrales. Coomans *et al.* (2001).

Xiphinema tiene alrededor de 163 especies. Tienen un ciclo de vida muy largo, de varios meses a dos años. Los nematodos inducen "células y agallas gigantes" y necrosis, las células gigantes son causadas por cariocinesis sin citocinesis dando células multinucleadas. Son fácilmente reconocibles, debido a una longitud de cuerpo larga y un estilete largo capaz de alcanzar el tejido vascular. Estos nematodos son muy grandes, con una longitud de 2 a 8 mm. El odontostilete en estos nematodos es largo, tienen una distribución mundial, generalmente ambientes húmedos (Ravichandra 2014).



Roman (1978) describe un síntoma típico del nematodo daga, es la muerte regresiva y las lesiones que ocasionan sirve como portal de entrada para otros organismos secundarios. Así mismo, este nematodo es un agente transmisor de virus e induce a la formación de células gigantes y formación de nódulos pequeños, se alimenta del tejido parenquimático vascular, provoca que la corteza se desprenda más fácil que una corteza normal quedando sólo el cilindro (raíz rizada).

2.6.13. Nematodos de vida Libre

Los nematodos NPP (no parásitos de plantas) se encuentran en cifras elevadas en las muestras de suelos, pueden diferenciarse de los parásitos de plantas por no tener estiletes o por la falta de bulbos o ranuras en la base de sus estiletes. Los nematodos de vida libre se alimentan primero de microorganismos asociados a la descomposición de la materia orgánica, se consideran recicladores de nutrientes del suelo y son muy importantes para el ecosistema. También existen algunas especies de nematodos de vida libre que son depredadoras, alimentándose primero de otros nematodos. En relación a los nematodos parásitos de plantas, se puede hablar que gastan gran parte de sus ciclos de vida en el ambiente del suelo. La textura, la estructura y la composición química del suelo tienen una importancia primordial en la determinación del número y tipos de nematodos parásitos de plantas encontrados. (Convibra, 2014)

A pesar de que los nematodos pueden ser numerosos en la mayoría de los ecosistemas, la contribución de ellos para la respiración del suelo es relativamente pequeña. Sin embargo, la contribución de un grupo de organismos para el funcionamiento del sistema como un todo no puede ser medida solamente en base a la cantidad de energía procesada por ese grupo. En la cadena alimenticia los consumidores como los nematodos



tienen papel importante como reguladores de ciertos procesos esenciales, como la descomposición de la materia orgánica. (Whitford *et al.*, 1982).

Los nematodos presentan un grande potencial para ser utilizados como excelentes indicadores ecológicos del suelo, así como: Son encontrados abundantemente en múltiples y variadas biomasas, donde haya agua y carbono orgánico, Presentan diversidad trófica, Poseen ciclo biológico relativamente corto, Constituyen comunidades ínter específicas, ocurriendo interacciones entre sus diferentes miembros, Ciertos taxones o grupos de taxones, comprobadamente presentan sensibilidad diferenciada frente a disturbios ocurridos en el medio. Pueden ser identificados y cuantificados sin mayores dificultades, inclusive las formas de vida libre, por lo menos hasta el nivel de género (Goulart, 2002; Neilson, 2005; Tomazini, 2008).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en dos fases; la fase de campo se realizó en seis sectores del distrito de San Gabán, la fase de laboratorio se realizó en la facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica (Laboratorio de entomología, área de nematología), en la Universidad Nacional del Altiplano – Puno

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

La provincia de Carabaya es una de las trece que conforman el departamento de Puno, bajo la administración del Gobierno Regional de Puno-Perú. Limita por el norte con el Departamento de Madre de Dios; por el este con la Provincia de Sandia; por el sur la Provincia de Azángaro y la Provincia de Melgar y por el oeste con el Departamento de Cusco. Abarca un área de 12 266,40 km². Esta provincia se divide en diez distritos: Ajoyani, Ayapata, Coasa, Corani, Crucero, Ituata, Macusani, Ollachea, San Gabán, Usicayos.

El distrito de San Gabán (del quechua *sanqawasi*, "casa de fieras" -antiguos recintos de tortura incas-). Geográficamente se ubica dentro de las coordenadas geográficas Latitud: -13.4386, Longitud: -70.4025 13° 26' 19" Sur, 70° 24' 9" Oeste.

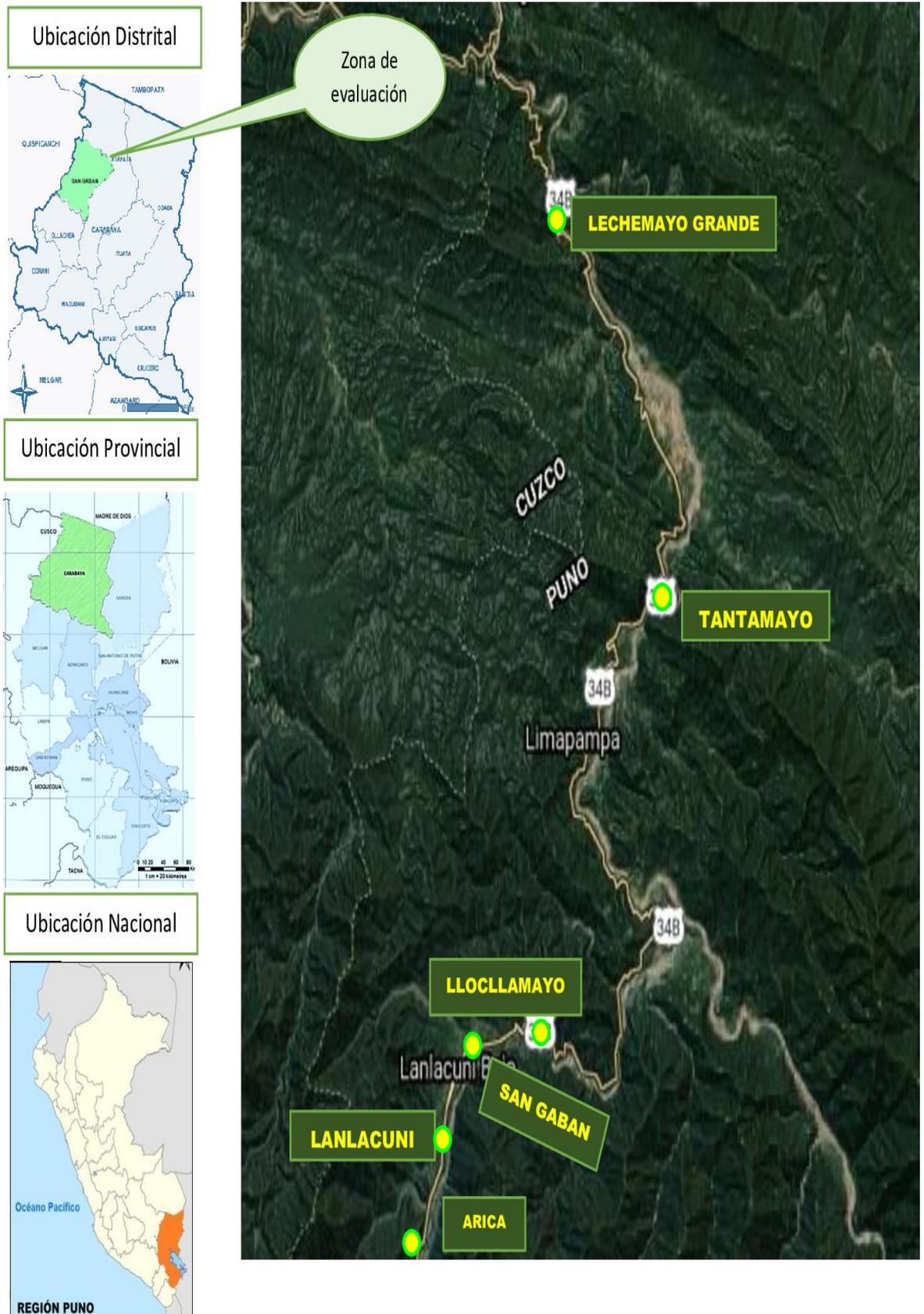


Figura 4: Mapa de ubicación. Sectores en los que se hizo la recolección de muestras de suelo y raíces del cultivo de piña. Distrito de San Gabán

3.2. FASE DE CAMPO

En total se obtuvo 55 muestras, consideradas representativas con respecto a las áreas de cultivo (Figura 5), que son provenientes de un total de 11 parcelas (Tabla 1), para lo cual se usó los siguientes materiales: bolsas plásticas, etiquetas y fichas de campo, cámara fotográfica, pala, pico, tijera.

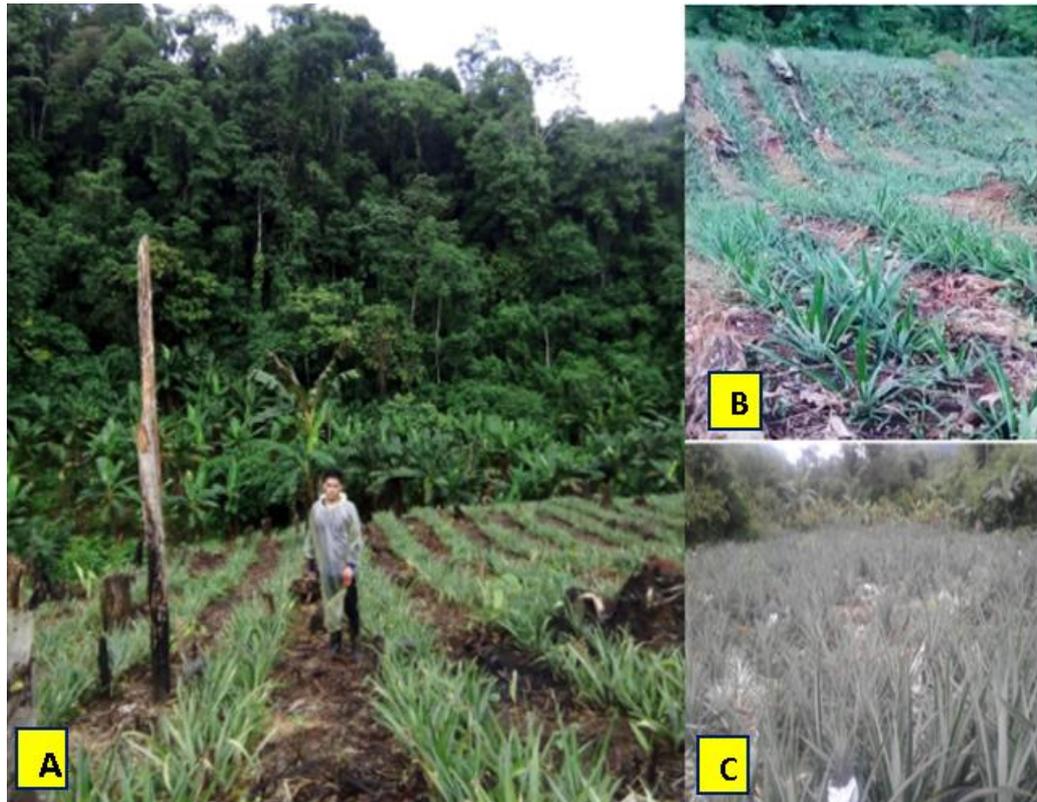


Figura 5: Campos de cultivo de piña evaluados. **A:** parcela de Lechemayo II, **B:** parcela de Llocllamayo, **C:** parcela de Lanlacuni I.

3.2.1. Colecta de muestras de suelo y raíces

Los muestreos se realizaron a mediados de febrero del año 2020, en el estado de desarrollo vegetativo de la planta. A continuación, se describen los pasos de la colección de muestras de suelo y raíces que se efectuaron en el presente trabajo de investigación:

1. Los puntos se tomaron recorriendo el área en zigzag.

2. Se limpió la superficie del área eliminando la tierra de la capa superficial de 3 a 5 cm, para evitar la colecta de nematodos muertos, o inadecuados para el análisis. (Figura 6 A)
3. La colecta de muestras se realizó abriendo el suelo en forma de V, a una profundidad de 25 a 30 cm colocándose la muestra de suelo en bolsas de plásticos colectándose unos 500g (Figura 6 B)
5. Las bolsas se rotularon indicando el campo de cultivo (Figura 6 C).
6. Se tomaron muestras de raíces a una profundidad de 20 a 30 cm de suelo y raíces laterales se recogió un promedio de 100 g.
7. Posteriormente todas las muestras fueron transportadas al laboratorio de Entomología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, para su posterior evaluación.



Figura 6: Colecta de muestras de suelo y raíces de cultivo de piña: A: Limpieza de la superficie B: Toma de muestras de suelo y raíces C: rotulado de bolsas para envío a laboratorio



Tabla 1: Sectores evaluados para determinar presencia de nematodos asociados a piña en el distrito de San Gabán

N°	SECTORES	PARCELA	NUMERO	NUMERO
			E MUESTRAS DE SUELO	DE MUESTRAS DE RAIZ
1	ARICA	I	5	5
2	ARICA	II	5	5
3	ARICA	III	5	5
4	LANLACUNI	I (*)	5	5
5	SAN GABAN	I	5	5
6	SAN GABAN	II	5	5
7	LLOCLLAMAYO	I	5	5
8	LLOCLLAMAYO	II	5	5
9	TANTAMAYO	I (*)	5	5
10	LECHEMAYO	I	5	5
11	LECHEMAYO	II	5	5
TOTAL			55	55

(*) En esos sectores, se muestreo una parcela debido a que no se encontró más parcelas con cultivo de piña.

3.3. FASE DE LABORATORIO

En esta fase se usaron dos métodos: Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964) y la Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972)



3.3.1. Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964)

1. Se homogenizó bien la muestra de suelo (Figura 7A) utilizando guantes quirúrgicos.
2. Se retiró una proporción de 250 cm³ de suelo.
3. Se mezcló bien el suelo con el agua (aproximadamente un litro), con la finalidad de desagregar los terrones, para la liberación de los nematodos en la suspensión.
4. Posteriormente se vertió el líquido a través de un tamiz de 60 Mesh (0.420 mm de abertura) y en la parte superior, seguido del tamiz de 100 Mesh (0.149 mm de abertura) y debajo un tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura) (figura 7 B).
5. Luego se recolectó 50 ml de los dos últimos tamices mencionados anteriormente.
6. Seguidamente a la suspensión de 50 ml. se adicionó una cucharada de caolín (cal deshidratada) con la finalidad de separar la parte sedimentada de la parte líquida (Figura 7 C), esta fue homogenizada y vertida al tubo de centrifugación donde se centrifugó, por 2 minutos a una velocidad de 1,750 rpm. (Figura 7D).
7. Al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de centrifugación, y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante.
8. Posteriormente se adicionó la solución de sacarosa (500 gramos de azúcar disuelta en un litro de agua) para cada tubo y se homogenizó (figura 7E y 7F).
9. La suspensión se centrifugó 1,750 rpm durante 1 minuto, al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de la centrifugadora y se vertieron individualmente en el tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura), posteriormente fue lavado con bastante agua, para retirar la solución de sacarosa (figura 7G, 7 H).

10. Por último, se recolectó en vasos de plástico individualmente y fueron llevados al estereoscopio de manera individual (ZEISS STEMI 305) para su conteo e identificación. (Figura 7 I y 7 J).



Figura 7:A: Es la homogenización de las muestras ; B:es el tamizado ; C:Vasos con caolín ; D:centrifugadora ; E: vasos con solución sacarosa; F: homogenización de las muestras ;G: muestras listas para ser centrifugadas ; H:lavado de muestras con bastante agua para retirar la solución de sacarosa ; I: colección de los nematodos ; J:muestras listas para ser observadas al microscopio .

3.3.2. Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972)

1. Las raíces, colectadas del cultivo de piña fueron lavadas cuidadosamente y cortadas en pedazos de aproximadamente 1cm (Figura 8 A), posteriormente se pesaron 05 gramos, para luego transferirlos a la licuadora, adicionándose una solución de hipoclorito de sodio (Cañocal = agua sanitaria en concentración de 0.5 %) (Figura 8 B).
2. Luego se trituraron las raíces en la licuadora por un minuto en máxima velocidad (Figura 8C).

3. Finalizado el tiempo, se pasaron los restos vegetales en el tamiz de 60, 100 y 400 Mesh, con la ayuda de chorros fuertes de agua con una piseta, se recolectó 50 ml la suspensión de nematodos a un vaso de plástico (Figura 8 D).

4. Posteriormente se vertió la suspensión en los tubos de centrifugación y se realizó el mismo procedimiento realizado anteriormente (Figura 8E y 8H).

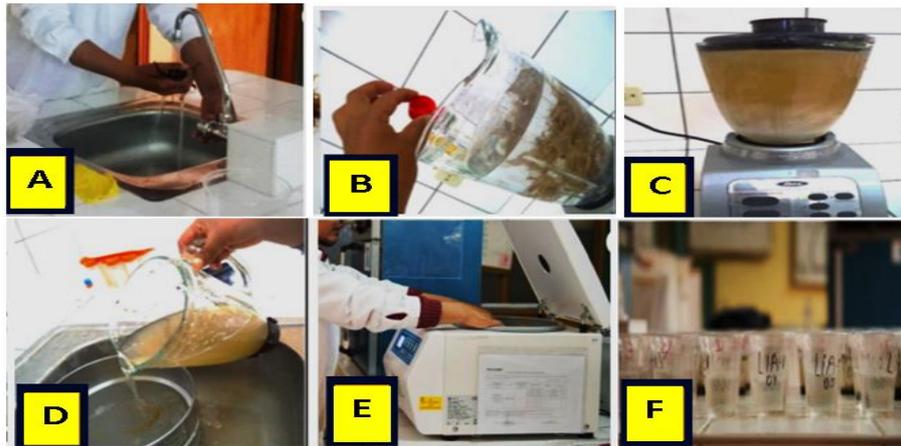


Figura 8: A: Las raíces del cultivo de piña lavadas cuidadosamente y cortadas en pedazos; B: adición de la solución de hipoclorito de sodio; C: licuado de raíces; D: Vertido de los restos vegetales en el tamiz; E: centrifugado de las raíces; F: muestras listas para ser observadas.

Conteo de nematodos:

De la suspensión de 50ml. de la muestra en estudio, se retiró 5ml, los cuales fueron colocados en una placa de Petri pequeña individualizada, para ser observadas bajo el estereoscopio para realizar la identificación y conteo respectivo (con el contador celular (piano) de los fitonemátodos. (Figura 9).



Figura 9: estereoscopio y contador celular.

Para identificar los géneros de nematodos, fueron tomados en cuenta los criterios morfológicos (presencia y tamaño del estilete, la longitud del cuerpo, forma de la cabeza y cola, así como la distribución de órganos internos), basados en la clave dicotómica de Mai y Mullin, (1996).

Análisis morfológico: Los nematodos recuperados para el análisis de las características morfológicas, fueron llevados y observados en el microscopio (4/0.10, 10/0.25, 40/0.65 ∞ /0.17).

3.4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LAS ZONAS EVALUADAS

En el Anexo 1, se muestra los datos meteorológicos originales del Distrito de San Gabán correspondiente a la campaña agrícola del 2019(julio) al 2020 (junio); información proporcionada por el SENAMHI de la estación CO 133119 San Gabán, ubicada en el departamento de PUNO, Provincia de Carabaya, distrito de San Gabán.

La temperatura promedio de la campaña agrícola 2019 (julio) - 2020 (junio) fue de 21.3 °C, el promedio de la precipitación total de 453.6 mm mientras el promedio de humedad fue de 89.8%.

El muestreo de suelo y raíz se realizó a mediados del mes de febrero del 2020, cuando se registró una temperatura de 28.0 (T°C Max.) ,19.1 (T°C Min.) promedio de 23.6 °C y una precipitación de 824.5 mm con una humedad del 92.6%.

Se puede observar en la figura 10, que en la campaña agrícola 2019 - 2020, la temperatura fluctúa entre los rangos de 18.1 a 24 °C.

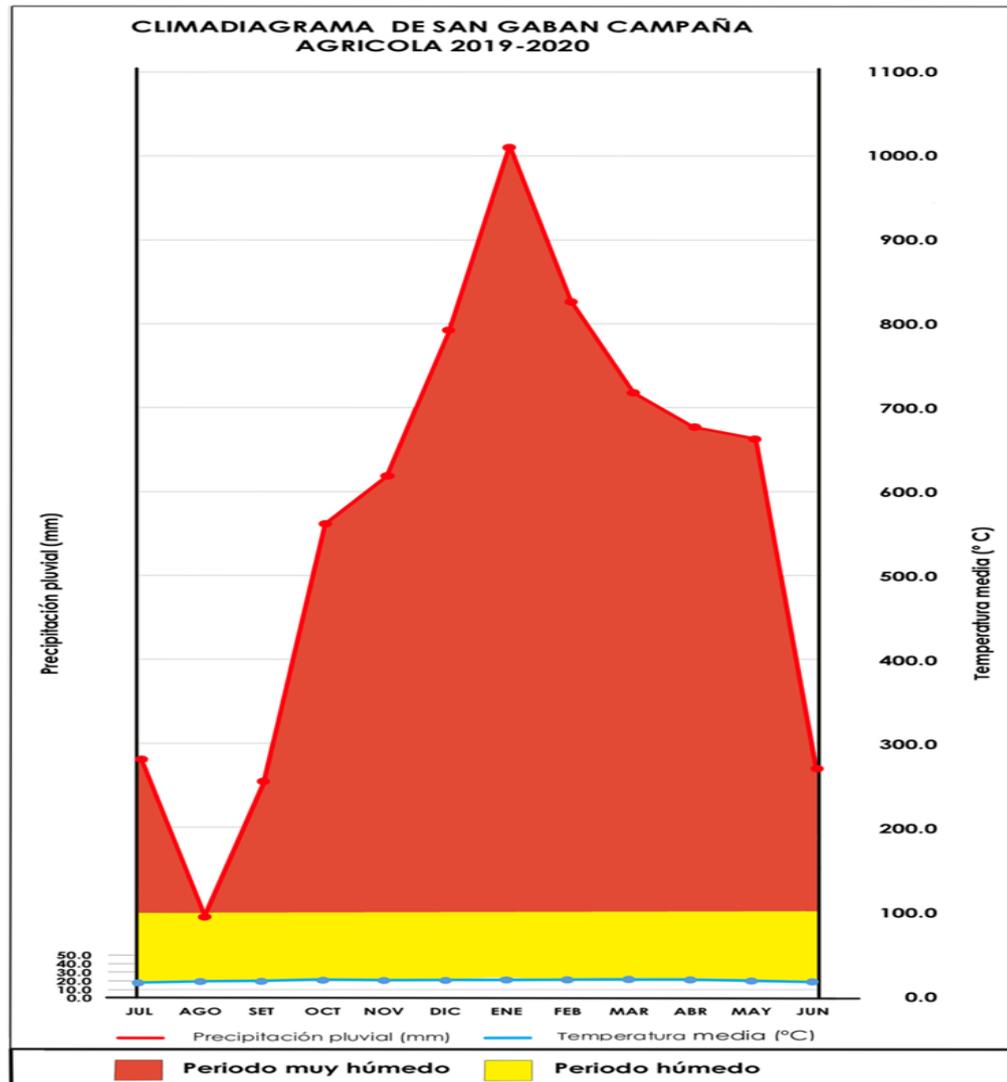


Figura 10: Climadiagrama (temperaturas medias y precipitación pluvial) de la campaña agrícola 2019-2020 del distrito de San Gabán de la Región Puno.

Fuente: Senamhi

La precipitación pluvial de la campaña agrícola 2019-2020 (Figura 10) fue incrementándose de 561.5mm a 1009.7 siendo registrado el pico más alto en el mes de

enero del 2020. , se observó una menor precipitación en agosto del 2019 con 89.6 mm muy por debajo de la normal que registra 397.3 mm en agosto del acumulado de 9 años.

En la Figura 11, se visualiza que en los últimos 9 años la temperatura fluctúa entre los rangos de 18.5°C a 21.6 °C. en cuanto a la precipitación pluvial los meses con mayor precipitación fueron en diciembre, febrero y enero con 1017.2 ,962.0 y 850 mm respectivamente y un menor registro de 364 .2 mm en el mes de junio.

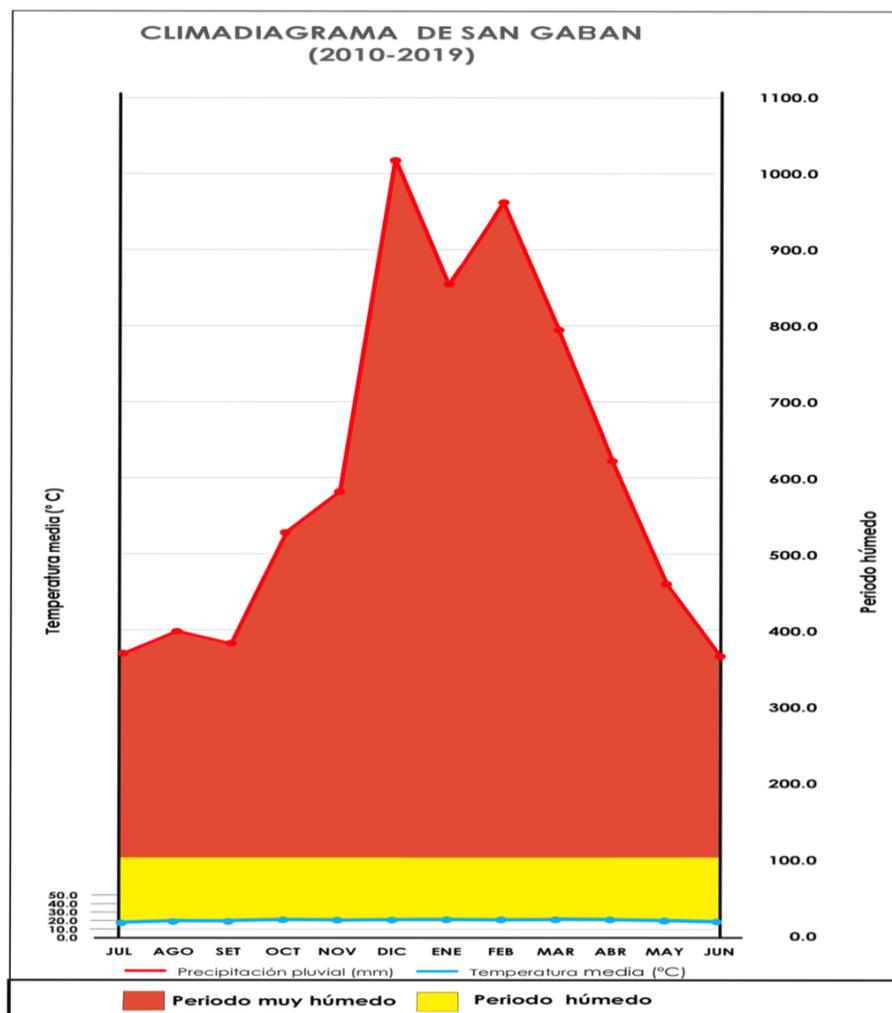


Figura 11: Climadiagrama promedio de 9 años (julio 2010-junio 2019) en el distrito de San Gabán de la Región Puno

Fuente: Senamhi

En lo referente a la temperatura, se observa que la T° media de la campaña agrícola 2019-2020 se muestra ligeramente más alta que la normal de 9 años.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA POR GÉNEROS ENCONTRADOS

Con los métodos indicados en la metodología fue posible identificar los siguientes géneros de nematodos fitoparásitos presentes en el cultivo de piña en el valle de San Gabán: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema* y nematodos de vida libre no identificados, *Dorylaimus*, los cuales se caracterizarán a continuación:

4.1.1. Género *Helicotylenchus* spp.

Los individuos de este género fueron observados con el cuerpo de forma en espiral o enrollada que es una característica principal del género en estado de reposo (Figura 11A); mostrando la cabeza bien desarrollada de forma cónica algo redondeada, sin estriaciones longitudinales; estilete robusto de 21.310 μm de longitud notándose que los bulbos medios son redondeados (Figura 11 B) .La longitud del cuerpo es de 561.04 μm (Figura 11 A), la terminación de la cola curvada con una ligera proyección ventral.

Las características morfológicas descritas coinciden con las que menciona Main y Mullin (1996), quienes refieren que la cabeza es cónica y redondeada, es una característica fundamental para la evaluación morfológica del género *Helicotylenchus*; de igual forma nuestra descripción es similar a la de Ferris (1999) Haciendo referencia a que la terminación de la cola es curvada; lo cual confirma, que nuestra identificación es correcta, referida al género *Helicotylenchus* (Figura 11); oportunamente Escalona *et al.*, (2006) mencionan que este género presenta forma de espiral con una longitud promedio de 595 μm y un estilete de 23 μm , relativamente más grande a la biometría de nuestros

resultados; en cambio, Schreck et al., (2010) menciona haber determinado que la longitud para el género *Helicotylenchus* varía de 510 a 970 μm en hembras y 530 a 700 μm en machos; y un estilete de 22 a 26 μm en hembras y 20 a 23 μm en machos, comprobándose de esta forma que los datos recolectados de nuestra descripción están dentro del rango de longitudes que señala el autor.

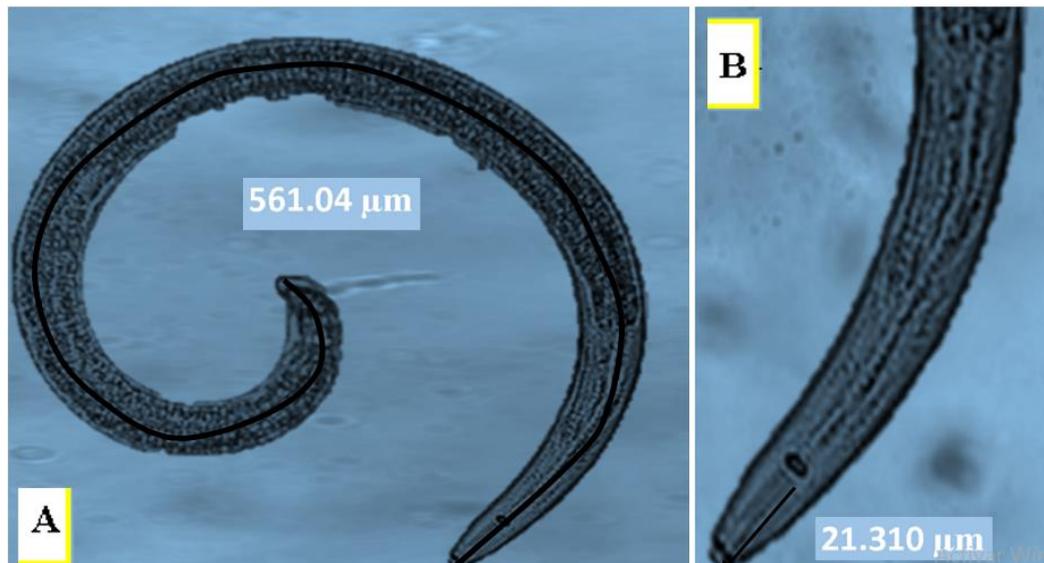


Figura 12: Género *Helicotylenchus*. **A:** cuerpo entero del nematodo en forma espiral, **B:** Dimensión del estilete.

4.1.2. Género *Mesocriconema* spp.

Se observó que los individuos de este género presentan el cuerpo corto, robusto con una cutícula gruesa fuertemente anillada, con los anillos bien definidos y notorios en todo el cuerpo, lo cual es una característica propia de este género, se determinó una longitud promedio de 477.398 μm (Figura 12 A). La terminación de la cola en forma cónica y la longitud del estilete es de 70.69 μm (Figura 12 B). Al respecto nuestros resultados son corroboradas con los citados por Ferris(1997), quien indica que el género *Mesocriconema* posee un cuerpo corto, robusto e intensamente anillado, cola generalmente puntiaguda, borde de los anillos finamente dentados similar a como se

muestra en la Figura 12 C, son de movimiento lento, el estilete es muy largo en comparación con la longitud del cuerpo, confirmando así la presencia de este género en el cultivo de piña en el valle de San Gabán .Las características morfo métricas evaluadas (Figura 12) se comparan también con los citados por Tihohod (2000), que refiere que la longitud del estilete se encuentra en rangos de 59-65 μm , valores numéricos que son menores en relación a las medidas observadas en la presente investigación .Sin embargo Bernardo (2017) describe que la longitud del estilete en este género varía de 71.1 a 85.9 μm , rango dentro del cual se encuentran nuestros especímenes. Según, Perry y Moens (2013) tanto en hembras como machos la longitud del cuerpo varió de 200 - 1000 μm en individuos del género *Mesocriconema*, dimensiones que involucran nuestros resultados.

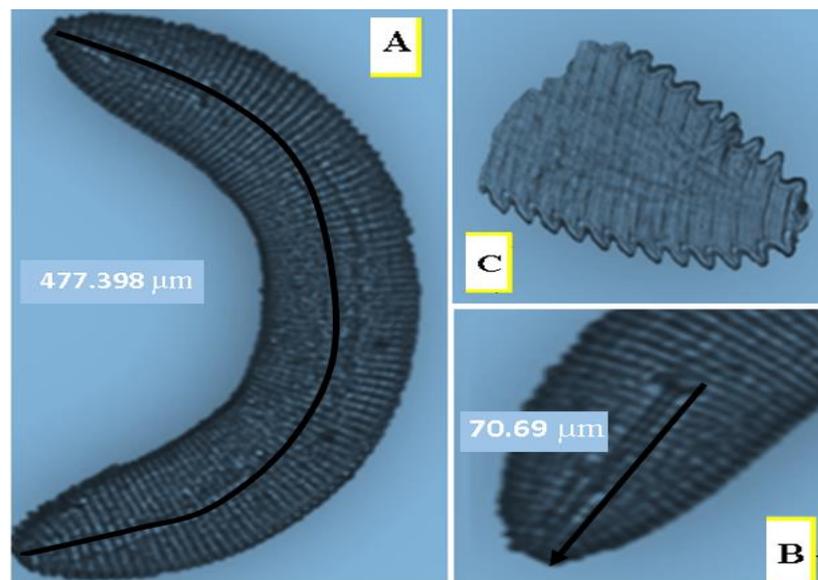


Figura 13: Género *Mesocriconema* .A: cuerpo entero del nematodo robusto y anillado, B: Dimensión del estilete, C: Dientes laterales y terminación de la cola)

4.1.3. Nematodos de Vida Libre

Entre las observaciones de nematodos fitoparásitos aparecieron también un grupo de nematodos de vida libre con formas y tamaños diferentes. Presentando el cuerpo largo, de forma cilíndrica, revestida por una cutícula gruesa y principalmente cuentan con un

odontóforo en lugar de un estilete a excepción de otras especies que poseen un odontoestilete con una cavidad bucal esclerosada.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Hickman *et al.* (1998), que estos organismos no poseen un estilete si no un odontoestilete, y que el cuerpo tiene la forma cilíndrica, Tihohod (2000), señala que estos nematodos no poseen un estilete si no un odontoestilete, (odontóforo), y que el cuerpo tiene la forma cilíndrica y a veces redonda, estas características coinciden con los individuos encontrados en el presente trabajo. De igual modo investigadores como Lara *et al.* (2003), mencionan que estos nematodos de vida libre tienen el cuerpo largo que miden aproximadamente de 1000 a 2500 μm de largo.

4.1.4. Género *Dorylaimus* spp. (Nematodo de vida libre)

Los individuos extraídos y analizados de las muestras de suelo y raíces del cultivo de piña en el valle de San Gabán presentaron las siguientes características morfológicas: Cuerpo alargado con una longitud promedio de 1080.00 μm (Figura 13 A), observándose un falso estilete (odontoestilete) de 178.025 μm de longitud (Figura 13 B), que en su parte apical es biselado, además la terminación de la cola se observó ligeramente curvada y con terminación roma (Figura 13 C). Detalles que se asemejan a las descripciones hechas por Mulvey y Anderson (1979) Cepeda (1996). Ratificado por Sen, Chatterjee y Manna (2011) indican además que en machos el extremo superior es ventralmente más curvado que en hembras y la longitud del cuerpo puede variar de 1,145.5 a 2,016 μm , dentro de estas medidas se encuentra nuestros especímenes y la longitud del estilete puede variar de 174 a 210 μm ; Esta medida concuerda con la medición realizada.

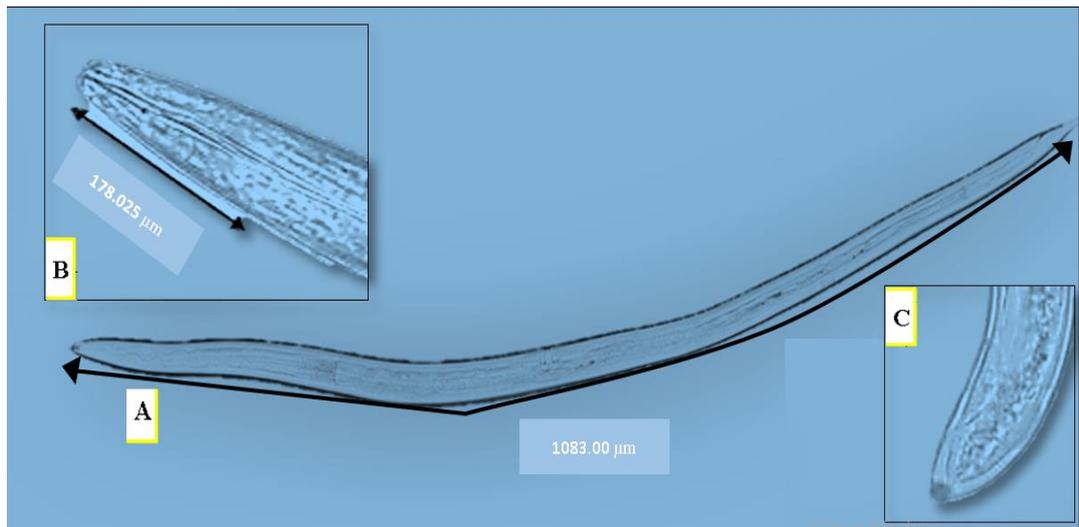


Figura 14: Género Dorylaimus. A: cuerpo entero del nematodo, **B:** Dimensión del estilete, **C:** forma y final de la cola

4.2. DENSIDAD POBLACIONAL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y NEMÁTODOS DE VIDA LIBRE EN EL CULTIVO DE PIÑA EN EL VALLE DE SAN GABÁN

La densidad poblacional más alta de nematodos fitoparásitos en suelo por sectores son: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema* con 12 y 5 individuos por 100 cm³ de suelo respectivamente, *Dorylaimus* con 18 individuos por 100 cm³ de suelo y nematodos de vida libre con 14 individuos por 100 cm³ de suelo (Figura 14). El género *Dorylaimus* y los de vida libre han registrado los mayores conteos con un total acumulado de 64 y 63 nematodos en suelo respectivamente. (Anexo 3) Los sectores que registraron mayor cantidad de nematodos en suelo fueron Llocllamayo I , San Gabán I y Arica I con un total de nematodos en suelo de 31 , 27 y 24 individuos (Anexo 3), observándose que en Llocllamayo I destacaron los nematodos de vida libre y el género *Helicotylenchus* con 14 y 12 individuos /100 cm³ de suelo , en San Gabán I, el género *Dorylaimus* y nematodos de vida libre con 18 y 8 individuos /100 cm³ de suelo y en Arica I la mayor cantidad de

nematodos pertenece a nematodos de vida libre y al género *Dorylaimus* con 10 y 9 individuos /100 cm³ de suelo (Figura 14).

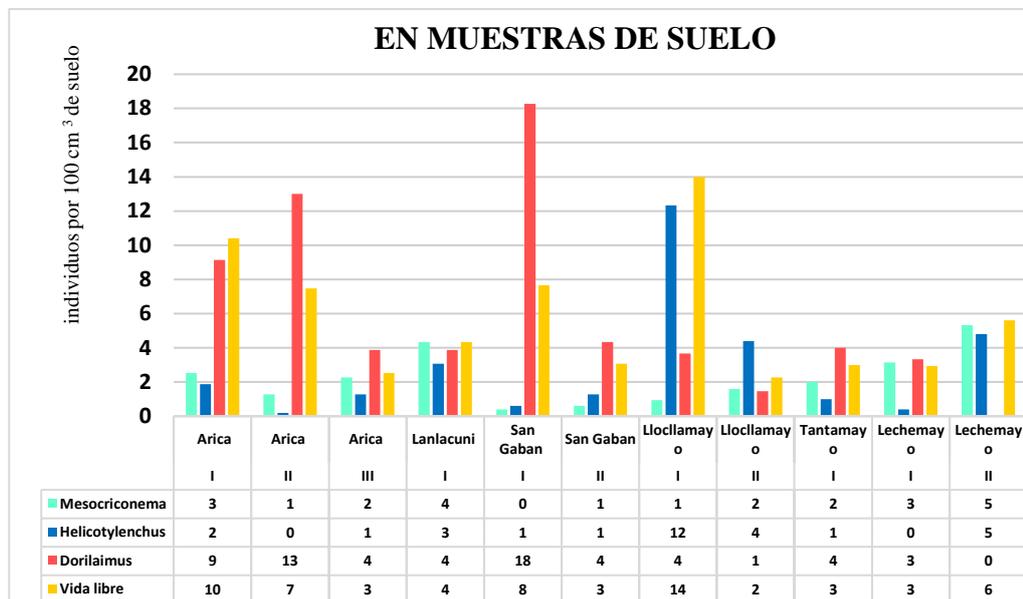


Figura 15: Densidad poblacional promedio de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo de piña en suelo en cinco sectores del valle de San Gabán – Puno

Jiménez 1991, menciona que casi todos los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre 5°C-15°C, la amplitud óptima es de 15 °C-30 °C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30 °C a 40 °C. Las temperaturas por encima de estos límites pueden ser fatales. De acuerdo con nuestros datos meteorológicos podemos observar que las temperaturas promedio oscilaron entre los 18.1 y 24 °C un rango óptimo para el desarrollo de nematodos fitoparásitos según lo mencionado por Jiménez anteriormente. Pero de acuerdo a nuestros resultados de densidad poblacional promedio de nematodos en suelo son relativamente bajas lo que explicare por hecho de que las temperaturas mínimas se mantuvieron por debajo de la óptima desde enero del 2019 a octubre del mismo año, lo que pudo hacer entrar en inactividad la reproducción de los nematodos en el cultivo de *Ananas comosus*, a partir de noviembre del 2019 a febrero del 2020 las temperaturas estuvieron en las óptimas .



La dinámica poblacional de estos patógenos depende del agua del suelo (Freckman et al., 1987 mencionado por Julca, A. *et al* 2001), y la fluctuación de la humedad del suelo, debido a la lluvia o al agua de riego, es uno de los principales factores que influyen en el aumento de las poblaciones de nematodos. Las fluctuaciones poblacionales de los nematodos no pueden atribuirse a las lluvias como factor directo; más bien a los efectos de su influencia, como la reducción de oxígeno disponible cuando el suelo se encuentra saturado o la incorporación al suelo de cantidades óptimas de humedad que beneficien la reproducción de los nematodos y su movilización libre. Jiménez (1972) citado por López (2006). Por el contrario, cuando el suelo está seco, puede disminuir el número del nematodo anillado (*Criconemoides xenoplax*), del nematodo daga (*Xiphinema americanum*) y de los nematodos formadores de quistes y de los que provocan nódulos radiculares (National Academy of Sciences, 1986 mencionado por Julca, A. *et al* 2001).

Existe una correlación positiva entre la población de nematodos del suelo y el nivel de precipitaciones, además de confirmar que el agua es un medio de transporte y diseminación de fitopatógenos (Agrios, 1997).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente podemos, observar que las precipitaciones fueron altas los meses anteriores al muestreo, el mes de enero registro 1009.7 mm por lo que se puede decir que esta humedad pudo actuar en contra de las nematodos, reduciendo el oxígeno disponible por la saturación.

La densidad poblacional más alta de nematodos fitoparásitos por sectores en raíces del cultivo de piña (*Ananas comosus*) son: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema* con 6 y 2 individuos por 5 g de raíz respectivamente, *Dorylaimus* con 8 individuos por 5 g de raíz y nematodos de vida libre con 10 individuos por 5g de raíz (Figura 15). El género

Helicotylenchus y los de vida libre han registrado los mayores conteos con un total acumulado de 14 y 32 nematodos en raíces respectivamente. (Anexo 3) Los sectores que registraron mayor cantidad de nematodos en raíces fueron Arica I con un total de 21 individuos por 5g.de raíces, Arica III y Lechemayo I con la misma cantidad total de 13 individuos por 5g. raíces (Anexo 3), observándose que en Arica I, nematodos de vida libre y el género *Dorylaimus* con 10 y 8 individuos por 5g de raíz. En Arica III la mayor cantidad de nematodos pertenece al género *Helicotylenchus* y a nematodos de vida libre con 6 y 5 individuos por 5g de raíz, en Lechemayo I destacaron los nematodos de vida libre y el género de *Helicotylenchus* con 5 y 4 individuos por 5 g de raíz (Figura 15)

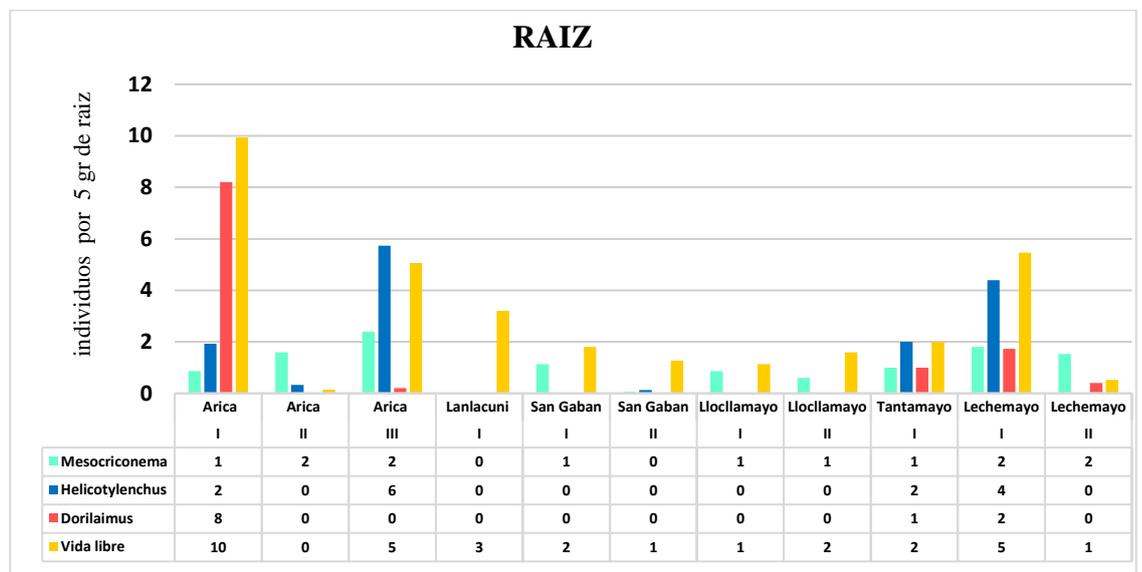


Figura 16: Densidad poblacional promedio de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo de piña en raíces en cinco sectores del valle de San Gabán – Puno

Debido a que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional (Tarte 1980).



4.2.1. Densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus*/Sectores evaluados

La densidad poblacional promedio de *Helicotylenchus* es la más alta correspondiente a 12 individuos /100 cm³ de suelo, en el sector de Llocllamayo I, seguido de Lechemayo II con 5 individuos /100 cm³ de suelo, en cambio en Arica II y Lechemayo I, no se registraron individuos (Figura 16). En las raíces se observó que *Helicotylenchus* solo está presente en cuatro sectores: Arica III, Lechemayo I, Arica I y Tantamayo I con 6,4 y 2 individuos /5g de raíz. (Figura 16)

Damarola *et al.*, 2013; Fernández y Quesada, 2013; Guzmán *et al.*, 2013; Gandarilla *et al.*, 2014, reportan que *Helicotylenchus* es un nematodo importante en el cultivo de piña a nivel mundial, debido a su alta frecuencia de ocurrencia y nivel poblacional. Por otro lado, Piedrahita, Zapata *et al.* (2012), reportó que en los campos de piña en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica, en las muestras de suelo la importancia relativa de *Helicotylenchus* es mayor, debido a que *Helicotylenchus*, a diferencia de *Pratylenchus*, es un nematodo ectoparásito. Mientras que Vargas, Varón de Agudelo, & Gómez, 2002; Ravichandra, 2014, reportan que *Helicotylenchus*, además de afectar el sistema radical, facilitan la entrada de otros fitopatógenos.

Ferreira *et al.*, 2014, relacionan a *Helicotylenchus* con la marchitez de la planta de piña, induciendo a menor turgencia en hojas y clorosis en hojas más viejas. Los mismos autores en su trabajo resaltan que el parasitismo de este fitonematodo repercute en la disminución significativa del peso del fruto y retraso de la madurez de los mismos. Ko & Schmitt, 1996, reportan que los daños de *H. dihystra* en piña son la reducción en el peso de las raíces, brotes y hoja D, suprimiendo el desarrollo de las plantas.

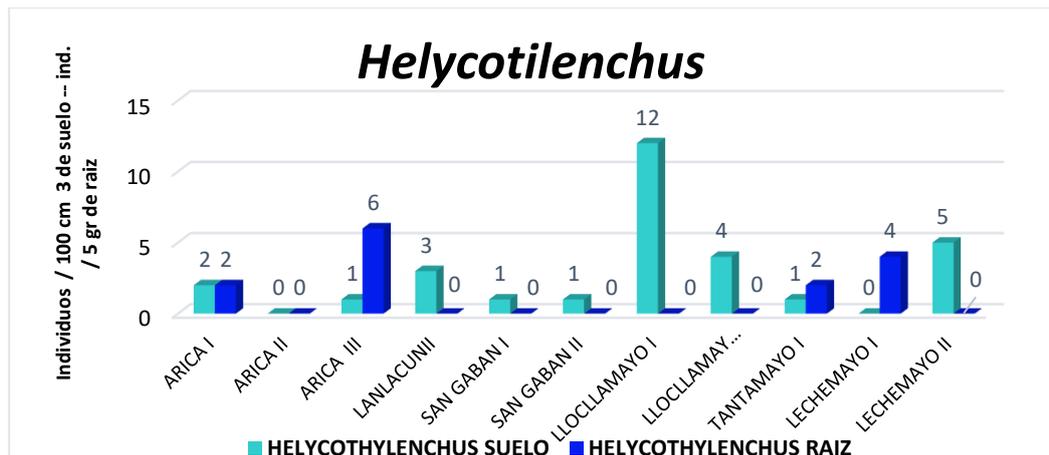


Figura 17: comparación de la Densidad poblacional promedio del género *Helicotylenchus* en suelo y raíz del cultivo de piña del valle de San Gabán

4.2.2. Densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* sector evaluado

La mayor densidad poblacional del género *Mesocriconema* se observó en el sector Lechemayo II y Lanlacuni I con 5 y 4 individuos /100 cm³ de suelo respectivamente; mientras que, en Arica II, San Gabán II, Llocllamayo I; presentaron la misma cantidad de individuos con 1 individuo /100 cm³ de suelo, no se encontró *Mesocriconema* en el suelo de San Gabán I. (Figura 17). *Mesocriconema* en las raíces se encontró en dos sectores con 2 individuos /5g de raíz (Arica I – II y Lechemayo I -- II), en el sector Lanlacuni I y San Gabán II no se registró este género en raíces.

Aguilar (2017) identificó *Mesocriconema* en una población de 8.8 individuos /100 cm³ de suelo en el distrito San Gabán en el cultivo de maíz. Con relación a este reporte nuestra densidad está muy por debajo de lo indicado.

Valiente, 2005; MAG-CENTA, 2011 reportó que bajo ciertas condiciones se pueden presentar afecciones con *Criconemoides* spp. en el cultivo de piña. Ferris (1999), indica que *Mesocriconema* aumenta su densidad en estación lluviosa. Según Bauer-Gomes et al., (2010) la amplia distribución de poblaciones de *Mesocriconema* iguales o

superiores a 1000 nematodos/100 cm³ de suelo produce síntomas de muerte. (Crow 2005, McCarty 2001), quienes señalan que el umbral de daño de *Criconemoides* género *Mesocriconema*, debe estar en los rangos de 150 a 1500 individuos/100 cm³ de suelo.

Con base en los resultados de las áreas evaluadas, podemos señalar que las poblaciones de nematodos se encuentran por debajo del umbral de daño económico, lo cual significa que el género *Mesocriconema* no representa un peligro para el normal desarrollo del cultivo.

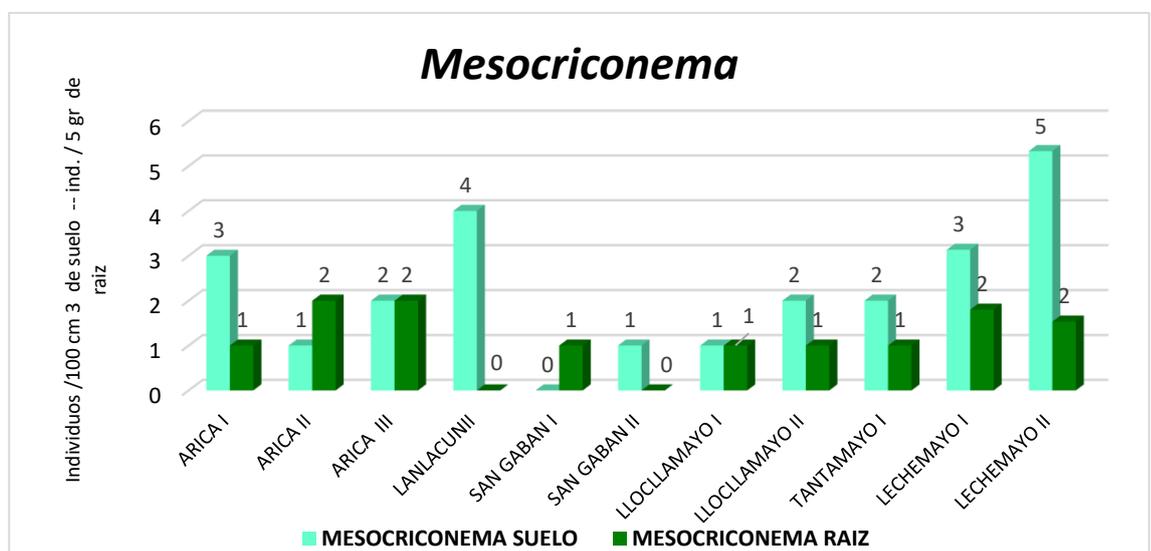


Figura 18: Densidad poblacional promedio del género *Mesocriconema* en el cultivo de piña del valle de San Gabán

4.2.3. Densidad poblacional promedio del género *Dorylaimus*/sector evaluado

Considerando que el género *Dorylaimus*, no tiene especies fitoparásitas por la presencia de odontoestilete, siendo más bien considerado como omnívoro, se ha encontrado que presenta mayor cantidad de individuos en los sectores de: San Gabán I, Arica II y Arica I con 18, 13 y 9 individuos /100cm³ Llocllamayo II presentó la menor cantidad de individuos con 1 individuo /100 cm³ de suelo. En Lechemayo II, no se encontraron nematodos de este género en suelo y raíz. (Figura 18). En las raíces se

observa que este género está presente solo en tres sectores, Arica Lechemayo I y Tantamayo I con 8,2 y 1 individuos /5g de raíz.

Garambel (2017), Vidal (2018) reportan *Dorylaimus* con una población de 71 individuos /100 cm³ de suelo en el distrito de San Gabán en cultivo de café. En relación al umbral de daño, A & L GREAT Lakes Laboratories (2009), menciona que este nematodo no se considera dañino a menos que esté presente en densidades poblacionales altas, por encima de 100 individuos/100 cm³ de suelo. De acuerdo a nuestros resultados (Figura 18) las densidades poblacionales encontradas en este trabajo son muy bajas, por lo que se considera, que no llega a causar daños al cultivo de piña.

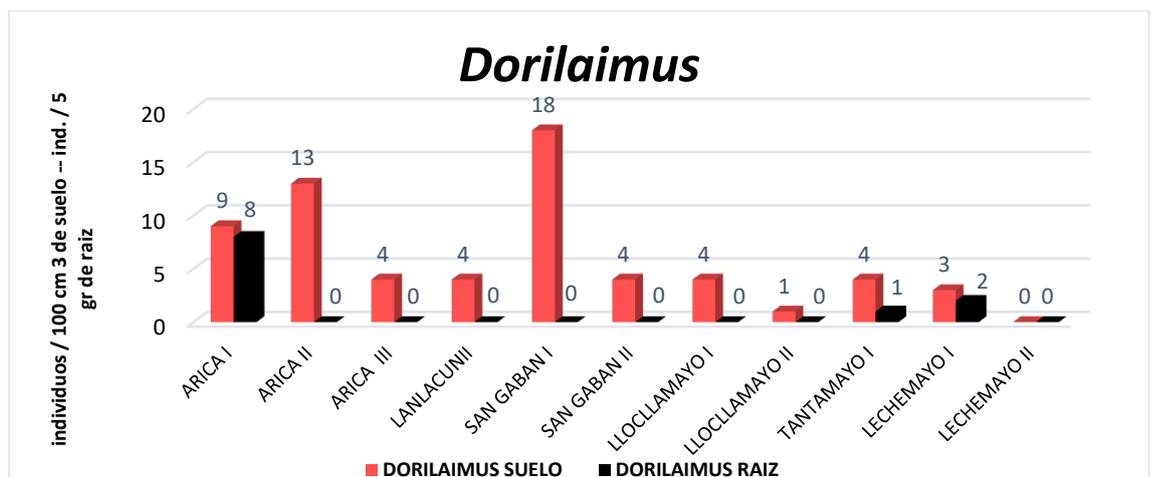


Figura 19: Densidad poblacional promedio del género *Dorylaimus* en el cultivo de piña del valle de San Gabán

Mulvey y Anderson (1979), quienes mencionan que este nematodo se encuentra más en suelos húmedos, que son omnívoros, alimentándose tanto de vegetales como animales, se alimentan de raíces forma la escobilla, reducen el tamaño del sistema radicular y además retardan el desarrollo de los cultivos. Tarjan (1967) y Traté (1970)



reportaron la presencia del género *Dorylaimus* spp. asociado a las raíces del cultivo de piña en Panamá.

De acuerdo con Mulvey y Anderson (1979) con respecto a la humedad como factor que favorece el desarrollo de *Dorylaimus*, observamos que el mes anterior a nuestro muestreo la precipitación fue bastante alta (enero 2020 con 1009.7 mm) y las temperaturas se encontraron en el óptimo (29 T °C máx. y 17.8 T°C min.) para el desarrollo de este.

4.2.4. Densidad poblacional promedio de nematodos de Vida Libre

Los nematodos de vida libre se encuentran presentes en todos los sectores evaluados, la mayor densidad poblacional es en Llocllamayo I con 14 individuos/100 cm³ de suelo), Seguido de Arica I y San Gabán I, que mostraron densidades promedio de 10 y 8 individuos /100 cm³ de suelo respectivamente. (Figura 19). En las raíces se observa que Arica I presenta la mayor cantidad de nematodos de vida libre con 10 individuos /5g de raíz, seguido de Arica III y Lechemayo I con 5 individuos /5g de raíz.

Lavelle y Spain (2001) mencionan que los nematodos de vida libre son responsables de la descomposición, mineralización y flujo de nutrientes en el suelo, además de regular poblaciones de hongos y bacterias. La presencia de nematodos de vida libre, es beneficioso porque actúan como controladores biológicos para regular la población de nematodos fitoparásitos. Por lo tanto, las bajas densidades poblacionales hacen que otros nematodos fitoparásitos de importancia agrícola puedan establecerse y causar pérdidas en la producción.

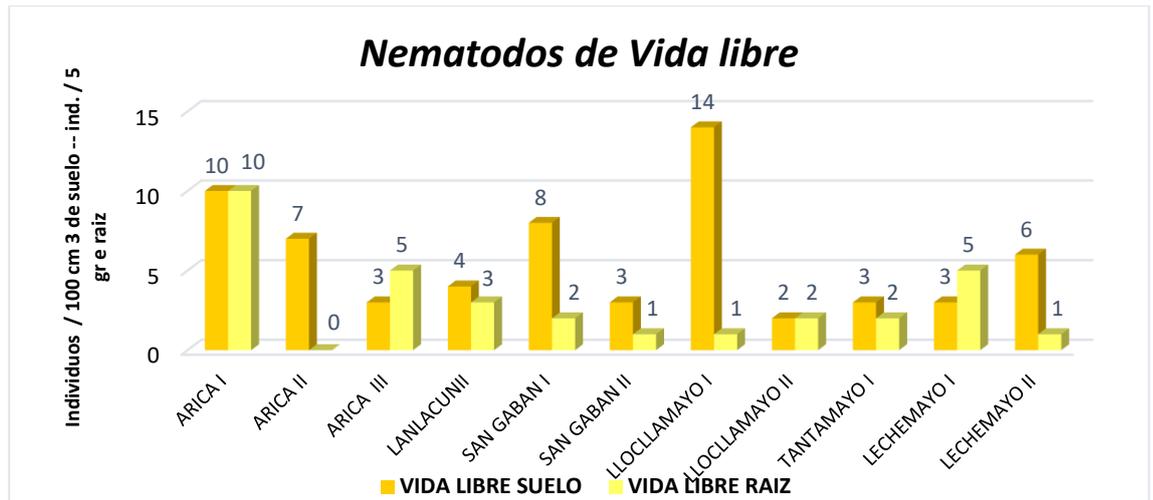


Figura 20: Densidad poblacional promedio de nematodos de vida libre en el cultivo de piña del valle de San Gabán



V. CONCLUSIONES

- Asociados al cultivo de piña en el valle de San Gabán – Puno, se identificaron los géneros fitoparásitos: *Helicotylenchus* y *Mesocriconema* un género de Vida Libre: *Dorylaimus* spp. (Omnívoro) y otros de vida Libre. (No identificados) (Saprophytes)
- Las densidades poblacionales en suelo y raíces de *Helicotylenchus* y *Mesocriconema* son más bajas que las densidades de los nematodos de vida libre *Dorylaimus* y otros no identificados



VI. RECOMENDACIONES

Dadas las conclusiones obtenidas podemos hacer las siguientes recomendaciones:

- Realizar investigaciones sobre nematodos de vida libre, como indicadores ambientales en la evaluación del Agroecosistemas.
- Evaluar campos de cultivo de piña del valle de Sandia-Puno, para determinar la presencia de nematodos fitoparásitos (*Helicotylenchus* y otros)
- Realizar estudios de Nematodos de vida Libre como controladores biológicos de Nematodos Fitoparásitos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A & L Great Lakes Laboratories (2009), Soil Nematodes. Fact Sheet N. 37. (Consultado el 05-05-2017). Disponible en URL:<https://algreatlakes.com>
- Agrios, G. (2004) Plant Pathology. University of Florida. Florida, USA: Fifth edition. Department of Plant Pathology, 945.
- Agrios, G. (2005). Plant Pathology. United States of America: (5th ed.) Publishedn Elsevier.
- Aguilar, M. (2017). Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. "Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Cusco y Puno" <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6040>
- Amaya de Guerra, J. "Nematodos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en Trujillo." (Dic 1980) v. 23 (1) p. 139-140.
- Andrássy, I. (1959). Die Mundhoehlentypen der Mononchiden und der Schluessel der Mylonchulus Arten (Nematoda). Opuse. Zool. Budapest. 3 (1): 3-12.
- Arellano Cruz, Germán y Raven Buller, Klaus. 1992 Sociedad Entomológica del Perú, XXXIV Convención Nacional de Entomología, programa y resúmenes. Página 33.
- BAKER, K.F. and J.L. COLLINS. (1939). Notes on the distribution and ecology of *Ananas* and *Pseudoanans* in South America. Amer. J. Bot. 26: 297-702.
- Bauer Gomes, C., Carpena Carvalho, F. L., Casagrande Júnior, J. G., & Radmann, E. B. (2010). Avaliação do Potencial de Coberturas Verdes e de Sistemas de Rotações de Cultura na Supressão do Nematóide Anelado (*Mesocriconema Xenoplax*) em pré-plantio ao Pessegueiro. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 32, n. 1, p. 074-081.
- Bello Amez, Segundo D. (1989). El Cultivo de la Piña (*Ananas comosus* L. Merr) en la Selva Central del Perú y Algunos Estudios Realizados para Mejorar su Tecnología. UNALM. Trabajo profesional.
- Bernardo, J. (2017). Impacto de coberturas verdes e resíduos orgânicos sobre a nematofauna do solo, desenvolvimento de plantas e qualidade de frutos em pomar de pessegueiro. Tese de Doutorado. Brasil: U. Federal de Pelota
- Bridge, J., & Starr, J. L. (2007). Plant Nematodes of Agricultural Importance. Londres, Manson: Color Illustrations. 212 pp.
- Castillo, P., & Vovlas, N. (2008). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. Leiden, Boston. Estados Unidos de Norteamérica: 529 pp.
- Cepeda, S. (1996). Nematología agrícola. México: Ed. Trillas, 305 pp.
- Chaturvedi, Y., & Khera, S. (1979). Studies on Taxonomy, Biology and Ecology of Nematodes Associated with jute crop. India: Edited by the Director, Zoological Survey of India.



- Chitwood, B. (1937). A revised classification of the nematoda. Papers in Helminthology, 30 year Jubileum K.I. Skrjabin, Moscou: pp. 69-80.
- Clark, W. C. (1961). The oesophago-intestinal junction in the Mononchidae (Enoplida, Nematoda). Nematologica 5: 178-183.
- Cobb, N. A. (1913). New nematode genera found inhabiting freshwater and non-brackish soils. Journal of the Washington Academy of Sciences, 3: 432-444.
- Cobb, M. V. (1915). Some freshwater nematodes of the Douglas Lake region of Michigan, U.S.A. Trans. Am. Microsc. Soc 34: 21-47.
- Cobb, N. (1917). The mononchs (Mononchus Bastian, 1866), a genus of free-living predatory nematodes. En Em: Contributions to a Science of Nematology", VI, (págs. pp. 129-184)
- COLLINS, J.L. (1948). Pineapples in ancient America. The Scientific Monthly 67: 372-377. - 69 -
- COLLINS, J.L. (1960). Pineapple, botany, cultivation and utilization. Leonard Hill Ltd. London. 294 pp.
- Convibra. (2014). *Metodologias Para Estudio E Diagnóstico De Nematóides Parasitas De Plantas No Brasil*. Recuperado el 03 de Marzo de 2019, de <http://www.convibra.com.br/dp/resultado.asp?pid=8802>
- Coolen, W. y D'herde (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Agricultural Research Centre, 77.
- Coomans, A., Huys, R., Heyns, J., & Luc, M. (2001). Character analysis, phylogeny and biogeography of the genus Xiphinema Cobb, 1913 (Nematoda: Longidoridae). Ann. Sc. Zool. Mus. Afr. Centr. Tervuren, Belgique. , 239 pp.
- Coyne, D., Nicol, J. y Claudius-Cole, B. (2007). Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio. Instituto Internacional de Agricultura y el Centro Internacional de Mejora del Maíz y trigo. Cotonou, Benin, 82.
- Crow, W.T. (2005). Nematodos de plantas y parásitos en el campo de golf. Perspectivas sobre el manejo de plagas 16: 10-15.
- Daramola, F. Y., Afolami, S. O., Idowu, A. A., & Nwanguma, E. I. (2013). Studies on the occurrence and distribution of plant-parasitic nematodes in some pineappleproducing states in Nigeria. Asian Journal of Crop Science, Vol. 5, pp. 190-199. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.190.199>
- Das Neves, D. L., Ribeiro, L. M., & Dias-Arieira, C. R. (2012). Sobrevivência de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes sustratos, com baixo teor de umidade. Nematologica 42(2), pp. 211-217.
- Davis, E. L., & Macguidwin, A. E. (2000). Lesion nematode disease. The Plant Health Instructor. Recuperado el 11 de Marzo de 2019, de <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/LesionNematode.aspx>
- De Jesús Guzmán-Hernández, T., et al. (2014). "Principales géneros de nematodos fitoparásitos asociados a plátano y piña en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica." Revista Tecnología en Marcha 27(1): 85-92.



- De Ley, P. y Blaxter, M. L. (2002). Systematic position and phylogeny In *The Biology of Nematodes* (ed. Lee D.) 1–30 Taylor y Francis, London, UK.
- Decker, H. (1988). *Plant nematodes and their control*. Brill, The Netherlands.
- Dropkin, V. H. (1980). *Introduction to plant nematology*. John Wiley & Sons, EEUU. 216 pp.
- Escalona, Y. (2006). Rodríguez, Dorian, Contreras, Nancy, Jiménez, Nixon. Patógenos del suelo en el cultivo de pimentón en la zona baja del Municipio Jiménez, Estado Lara, Venezuela Bioagro., 18 Disponible en: ISSN 1316-3361
- Fernández-Solano, O. M. and A. S. Quesada-Solís (2009). "Nemátodos asociados a los cultivos de Costa Rica." *MAG*. San José, Costa Rica.
- Ferraz, S., Freitas, L. G., Lopes, S. E., & Dias-Arieira, R. C. (2010). Manejo sustentável de fitonematoides. Viçosa, MG: Ed. UFV, pp. 63-100.
- Ferreira, T., Souza, R., Silva, W., Ferreira, K., & Torres, P. (2014). Interaction of *Pratylenchus brachyurus* and *Helicotylenchus* sp. with mealybug wilt of pineapple in microplots. *Nematropica*, 44(2), 181–189.
- Ferris, H., Venette, R. C., & Lau, S. S. (1997). Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. *Applied Soil Ecology* 3, 161 pp.
- Ferris, H. (1999). *Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX)*. University of California. Recuperado de: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>
- Flores, Y., (2017) Tesis para optar el título de ingeniera agrónomo. "Caracterización del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la región Puno, Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3970>.
- Freitas, L. G., Neves, W. S. y Olivera, R. D. (2007). Métodos en nematología vegetal. In: Alfenas, A. C., Mafia, R. G. *metodos en fitopatología*. Editora de la Universidad federal de Vicoso. Vicoso. Minas gerais, 253 – 292
- Freitas, L. G., Neves, W. S., & Oliveira, R. D. (2007). Método en Nematología Vegetal. In: Alfenas, A.C.; Mafia, R.G. *Métodos em fitopatologia*. En Cap. 11 (págs. pp.253-292). MG, Brasil: Universidad Federal de Viçosa, UFV
- Gandarilla Basterrechea, H., et al. (2014). "Fitonemátodos asociados a los cultivos de frutos tropicales." *Fitosanidad* 18(3).
- Garambel, S. (2017). Tesis para optar el título profesional de: Licenciado en Biología "Caracterización de poblaciones del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp) de las zonas productoras de café (*Coffea arabica* L.) de Puno."
- García Tain, Y., et al. (2011). "Determinación de las propiedades de calidad de la piña (*Ananas Comosus*) variedad Cayena Lisa almacenada a temperatura ambiente." *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 20(1): 62-65.
- Gianessi LP, Silvers CS, Sankula S, Carpenter JE (2002). *Plant Biotechnology: Current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture. An Analysis of 40 Case Studies. Nematode Resistant Pineapple*. National Center for Food and Agricultural Policy NW Washington, E-mail: ncfap@ncfap.org



Disponible en: Website: www.ncfap.org. June 8p.

- Gómez, M., & Montes, M. (2005). Manejo de Nematodos Endoparásitos: Proyecciones Futuras. Recuperado el 21 de Abril de 2019, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1054/cuf0018s.pdf>
- Goulart, A., Monteiro, A., & Ferraz, L. (2003). Comunidades de nematoides en cerrado com vegetacao orginal preservada o substituida por Culturas. 1. Diversidade trófica. *Nematologia Brasileira* V.27, n 2., 128-137.
- Gravato Nobre, M. G., Von Mende, N., Dolan, L., Schimidit, K. P., Evans, K., & Mulligan, B. (1995). Immunolabelling of cell surfaces of *Arabidopsis thaliana* roots following infection by *Meloidogyne incognita* (Nematoda). *Journal of Experimental Botany, Lancaster*, v. 46, pp. 1711-1720.
- Guzmán, O. (2011). Importancia De Los Nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden Y *H. Dihystera* (Cobb) Sher, en Banano Y Plátano. *agron. 19*(2), pp. 19 - 32.
- Guzmán P., O. A., & Castaño, Z. J. (2012). Identificación de nematodos fitoparásitos en guayabo (*Psidium guajava* L.), en el municipio de Manizales. Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 34(130), pp. 117-126.
- Guzmán Piedrahita, O., Pastaño Zapat, J., & Villega Estrada, B. (2009). Diagnóstico de enfermedades de plantas de origen biótico. *Revista Agron 17*(2), pp. 7 -24.
- Het, B. A., Belgisch, K., & Voor, N. (1988). Morphometric variability and value of the characters used for specific identification in *Trichodorus* CoBB. pp. 29–44.
- Hickman, P. C., Roberts, L. S. y Parson, A. (1998). *Principios Integrales de Zoología*. McGraw-Hill Interamericana. Edición española. España, p. 311-320.
- Hunt, D. J. (1993). *Aphelenchida, Longidoridae and Trichoridae: Their Systematics and Bionomics*. Wallingford UK.: CAB International.
- Hunt, J., & et al. (2005). The Geology and genesis of iron oxidecopper_gold mineralisation associated with wernecke Breccias, Yukon, Canada. Unpublished PhD thesis. Townsville, Australia, 120 pp.: James Cook University.
- Inserra, R. N., Troccoli, A., Gozel, U., Bernard, E. C., Dunn, D., & Duncan, L. W. (2007). *Pratylenchus hippeastri* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) from amaryllis in Florida with notes on *P. scribneri* and *P. hexincisus*. *Nematology* 9, pp. 25-42.
- Jenkins, W. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant disease reporter*, v. 48, 692
- Jiménez Díaz, José A. (1999). *Manual práctico para el cultivo de piña de exportación*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 222p.
- Julca Otiniano, A. M. (1997). "Nemátodos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus*) cv." Samba de Chanchamayo" y su relación con los componentes de producción y calidad."
- Julca, Otiniano, A. M A.; Gallego, E.; Sánchez, J.; Cordovilla, P. (2001). Agua y nematodos parásitos de las plantas. *Revista Copyright Ediciones de Horticultura, S.L.* 2001



- Ko, M. P., & Schmitt, D. P. (1996). Changes in plant-parasitic nematode populations in pineapple fields following inter-cycle cover crops. *Journal of Nematology*, 28(4), 546–556.
- Lara, A., Castro, B. T., Castro, M. G., Castro, M. J. y Malpica, S. A. (2003) La importancia de los nemátodos de vida libre. Departamento el Hombre y su Ambiente. División de CBS UAM-Xochimilco. e-mail: rlara@cueyatl.uam.mx 4p.
- Lavelle, P. y Spain, A. V. (2001). *Soil Ecology*. Springer Kluwer Academic. Dordrecht, Germany, 654p.
- Leal; F; M. G. Antoni. 1980. Especies del genera Ananas: Origen y distribución geografica. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Trap. Reg.* 24:103-10
- Lima Medina, I. (2018). Nematodos parásitos de plantas, Cap. XII Practicas de laboratorio en Nematología Agrícola. Editorial. G y S impresores. Pg. 553 - 565.
- Lima, M. I. y Casa, C. V. H. (2016). *Nematología agrícola. Especialización en nematología agrícola y prácticas de rutina para el diagnóstico*.
- Loof, p. a. (1990). The family Pratylenchidae Thorne, 1994. In: Nickle, W.R. New York: (Ed.). *Manual of agricultural nematology*. pp.363 – 421.
- Lopez, J.B. 2006. Determinación de géneros y densidades poblacionales de nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Norte. De Costa Rica. *Practica de Especialidad. Bach. Ing. Agr. Región Huetar Norte, Alajuela, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos* 58 p.
- Luc , M. R., Sikora, & Bridge, J. (2005). *Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd Edition. p.871.
- Mai, W. y P. Mullin. (1996). *Plant parasitic nematodes Apictorict key to genres*.
- Mayta, M. (2017). *Caracterización Isoenzimática y Distribución del Nemátodo del nódulo de la Raíz (Meloidogyne spp.) en el Cultivo de Café (Coffea Arábica L.) en San Juan del Oro sandia. Tesis de pregrado. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano*.
- McCarty, L.B. (2001). *Mejores Prácticas de Gestión de Campos de Golf*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 672 p.
- Micoletzky, H. (1922). Die freilebenden Erd-Nematoden. *Arch.Naturgesch.* 87 (8-9): 1-650, figs. 1-55 n.1950 - General structure of nematodes. Em "An introduction to Nematology", de B.G. Chitwood e M.B. Chitwood, Monumental Printing Co. Estados Unidos, pp. 7-12, figs. 4-9.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). (2016). *Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático*. p. 28- 44.
- Mulvey, R. H. y Anderson, R. V. (1979). Benthic species of *Dorylaimus* Dujardin, 1845 (nematode: Dorylaimidae) and *Arcti dorylaimus* n. gen. from the Mackenzietories, Canadá. *Can, J. Zool.*, 57, 743 – 755.
- Munive, L. (2015). *Producción del cultivo de Piña cv. Golden en la Selva Central Mazamari – Satipo (Junín)*. Tesis ing. Lima, Perú. UNALM. 55 p.



- Neilson, R. (2005). Nematode ecology; a current perspective. Piracicaba/SP: In: Congresso Brasileiro De Nematologia, 25, Piracicaba: SBN, p.18-23.
- Olmos, A. (2015). "Cadena regional de piña departamento de Casanare." Gobernación de Casanare. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente.
- Palomares-Rius, J. E., Cantalapedra-Navarrete, C., & Castillo, P. (2014). Cryptic Species in: Plant-parasitic nematodes. *nematology* 16(10), pp. 1105-1118.
- PAULL, R.E. (1997). Pineapple. Pag.291-323 En Mitra, S.K. (ed.), *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International. New York.
- Peña A. H. (1988). El cultivo de la piña. Folleto
- Perry, R., Moens, M., & Starr, J. (2009). Root knot nematodes. CAB International, 480 pp.
- Perry, R. y Moens, M. (2013). Nematología de plantas. CAB International, Londres.
- Pichis–Palcazu, P. E. (2010). "Manual de Piña." Proyecto Mejoramiento de la producción del Cultivo de la Piña Mediante Sistemas Agroforestales en el Distrito de Perené–Chanchamayo. Perú.
- Piedrahita, Ó. A. G., *et al.* (2012). "Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica."
- Proyecto Especial Pichis – Palcazu. (PEPP) (2010), Manual de Piña. Proyecto Mejoramiento de la producción del Cultivo de la Piña Mediante Sistemas Agroforestales en el Distrito de Perene – Chanchamayo.
- Py C. *et. al.* (1956). La fumure de l'ananas en Guinee. Fruits.
- Py, C. y Tisseau, M.A. (1969), La Piña Tropical. 1ª - Edición. Editorial Blume. Barcelona España.
- Py, C.;].]. Lacoueilhe; C. Teisson. 1984. Lanas, sa culture, ses produits. Editions G-P. Maisonneuve & Larose. Paris. 562 p.
- Ravichandra, N. (2014). Horticultural Nematology. Bangalore, Karnataka, India.: DOI 10.1007/978-81-322-1841-8.
- Rebolledo, M.A.; D.E. Uriza A.; Rebolledo M., (1998). Tecnología para la producción de piña en México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental. Papaloapan. Folleto Técnico Num. 20, Veracruz, México
- Retana JP 2015, Apropic - Manual de la Piña - pp.1
- Sandoval, I. and E. Torres (2011). "Guía técnica del cultivo de la piña." Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova". San Andrés, El Salvador.
- Sasser, J., & Freckman, D. (1987). A World perspective on Nematology: the role of the society. In: Veech JA, Dickson DW (eds) *vistas on nematology: a commemoration of the 25th anniversary of the society of nematologists*. Society of nematologists, Lakeland, FL., 1987, pp. 7-14.
- SARH, 1992. Frutales Tropicales y subtropicales. Editorial Trillas. México



- Schereck, R. C., Vieira, D. S. M. C., Marais, M., Santos, M. S., Duyts, H., Freitas, H., Van Der Putten, W. M. y Abrantes, I. (2010). First record of *Helicotylenchus varicaudatus* Yuen, 1964 (nematoda: Hoplolaimidae) parasitizing *Ammophila arenaria* (L.). Link in Portuguese coastal sand dunes. *Phytopathology Mediterranean* 49, 212 – 226.
- Schomaker CH, Been TH 1998 The seinhorst research program. *Fundam. Appl. Nematol.* 21:437-458.
- Sen, D., Chatterjee, A. y Manna, B. (2011). A new species of *Dorilaymus dujardin*, 1845 (nematoda: dorylaimidae) from west bengal, India *Nematol. mediterr.* 39: 3-8
- Siddiqi, MR. (2000). Morphological characters and taxonomic methods. In: *Tylenchide parasites of plant and insects*. Second edition. CAB Internacional. UK.
- Sistema Integrado de Estadística Agraria –SIEA, periodo 2014-2019. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/calendario/>
- Steiner, G., & Helen Heinly. (1922). The possibility of control of *Heterodera radicola* and other plant-injurious nemas by means of predatory nemas, especially by *Mononchus papillatus* Bastian. *Jour. Wash. Acad. Sci* 12.
- Tarjan, A. (1967). Some plant nematode genera associated with citrus and other crops in Costa Rica and Panamá. *Turrialba, CR.* 17(3):280-283.
- Tarté, R. (1970). Reconocimiento de nematodos asociados con diversos cultivos en Panamá. *Turrialba, Costa Rica.* 20(4): 401-406 p.
- Taylor, A., & Sasser, J. (1983). *Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz. Proyecto internacional de Meloidogyne*. Estados Unidos: Artes gráficas de la Universidad de Carolina del Norte. 109 pp.
- Theberge, R. L. (1985). *Common African Pests and Diseases of cassava, Yam, Sweet Potato and Cocoyam*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 107 pp.
- Tihohod, D. (1993). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FUNEP.
- Tihohod, D. (2000). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472.
- Tomazini, M. D. (2008). *Caracterizacao das comunidades de nematoides em mata nativa e áreas contiguas submetidas a diferentes tipos de uso agrícola em Piracicaba (SP)*. Tese de Doutorado. Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de Sao Paulo.
- Torres, E. (2016). *Tylenchus*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado el 17 de Abril de 2019, de <https://prezi.com/qcvhul6uqo7o/tylenchus/>
- Townshend, J., Potter, J., & Willis, C. (1978). Ranges of Distribution of Species of *Pratylenchus* in Northeastern North America. Florida, USA: *Canadian Plant Disease Survey* 58:80-82. University of Florida. 945 pp.
- Treto, E. (1982). Influencia de aplicaciones de cachaza a la piña cultivada en un suelo ferralítico rojo compactado. *Cultivos Tropicales (Cuba)*
- Uriza. (1981). *Manual de la producción de piña en los estados de Veracruz y Oaxaca*. Bajo Papalopan. Folleto técnico. INIFAP.



- Valiente, A. «Asociados con el cultivo de la piña 2005», <http://www.lni.unipi.it/stevia/Suplemento/PAG42005.HTM>.
- Valiente, A- Tecnico del IAN, Caacupe
- Vargas, V. (2009). "Manejo técnico del cultivo de piña", Folleto N°13-09. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/180/1/Manejo_tecnico_pi_na_2009.pdf
- Vargas, Z., Varón de Agudelo, F., & Gómez, E. (2002). Nematodos asociados al tomate de árbol *Solanum betaceum* en el Valle del Cauca. *Fitopatología Colombiana*, 26, 8. Retrieved from https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17664/42220_45977.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vera Obando, N. Y., et al. (2017). "Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de piña (*Ananas comosus*) en Amazonas, Perú." *Scientia Agropecuaria* 8(1): 79-84.
- Vidal, J. (2018). Tesis para optar el grado académico de: Magíster scientiae en agroecología. "Prospección de poblaciones del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) y otros géneros de nematodos asociados al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la región Puno"
- Viglierchio, D. (1991). *The world of nematodes. Agriculture and Environmental Science*, 266. pp.
- Volcy, C. (1998). Algunas Especies De Nematodos Criconematides En Suelos Cultivados En Antioquia, Colombia. *Fac. Nal. Agr. Medellin*, 51(2), 215–234.
- Vovlas, N., & Di Vito, M. (1991). Effect of root- nematodes *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on the growth of coffee (*coffea arabica* L.) in pots. *Istituto di Nematologia Agrarian, C.N.R. Nematology* 19; 253-258 p.
- Weischer, B., & Brown, D. J. (2000). *An Introduction to Nematodes: General Nematology: A Student's Textbook*, Pensoft Publishers. Sofia, Bulgaria. p: 50-51.
- Wharton, D. A. (1986). *A functional biology of nematodes*. London, Reino Unido, 192 pp.: Croom Helm.
- Whitford, W. G., Freckman, D. W., Santos, P., Elkins, N. Z., & Parker, L. W. (1982). The role of nematodes in decomposition in desert ecosystems. In FRECKMAN, D. W. (ed.). *nematodes in soil ecosystems*. Austria: University of Texas Press, pp. 98– 116.
- Yeates, G., Bongers, T., de Goede, R., Freckman, D., & Georgiev, S. (1993). Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera--An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology* 25(3), pp. 315-331.
- Zhong, S., et al. (2016). "Response of soil nematode community composition and diversity to different crop rotations and tillage in the tropics." *Applied soil ecology* 107: 134-143.



ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos registrados por SENAMHI –PUNO, temperaturas (máxima, mínima y media) y precipitación pluvial del año 2019 y los meses de (enero-febrero) del 2020. Comparación del promedio mensual de temperatura y precipitación pluvial del año 2015 al 2018 del distrito de San Gabán, Provincia de Carabaya, Región Puno.

Año	Meses	T.ºC Max.	T.ºC Min.	T.ºC Prom	HR %	Prep. (mm)	Prep. Promedio mensual año julio 2010 a junio 2019 (mm)	Temp. Promedio mensual año (julio 2010 a junio 2019)
2019	JUL	26.8	9.5	18.1	91.5	279.3	368.0	18.5
	AGO	29.6	9.3	19.5	86.7	89.6	397.3	19.7
	SET	30.9	13.0	22.0	87.1	254.8	381.1	19.8
	OCT	29.4	13.4	21.4	89.0	561.6	527.1	21.4
	NOV	30.2	15.5	22.8	90.1	618.5	581.8	20.9
	DIC	28.2	18.4	23.3	91.6	791.1	1017.2	21.3
2020	ENE	29.7	18.2	24.0	89.1	1009.7	850.6	21.3
	FEB	28.0	19.1	23.6	92.6	824.5	962.0	21.4
	MAR	28.7	12.8	20.7	90.1	190.0	794.3	21.6
	ABR	29.7	11.0	20.3	89.0	260.0	622.0	21.4
	MAY	28.1	11.2	19.6	90.4	270.0	460.2	20.1
	JUN	28.3	11.8	20.0	91.2	294.0	364.2	18.9
	Total	347.6	163.1	255.3	1078.2	5443.1	7325.8	246.3
	Promedio	29.0	13.6	21.3	89.8	453.6	610.5	20.5



Anexo 2: Datos meteorológicos del distrito de San Gabán del año 2015 a febrero del 2020 proporcionados por SENAMHI

A. PARAMETRO :PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MAXIMA EN °C

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	07_JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	28.8	29.5	29.8	29.1	27	27.2	25.7	28.5	30.4	30	28.9	28.9
2011	27.9	27.3	28.8	29.4	27.4	26.9	26.9	28.1	30.2	30	30.1	29.1
2012	28.6	27.2	28.6	29.2	28.2	26.8	25.9	28.5	29.9	30.1	29.5	28.5
2013	30.2	29.3	29.2	29.1	27.6	27.1	27.2	27.1	28.1	30	29.6	29.1
2014	27.7	27.3	28.5	29.2	27.6	26.8	26.2	29.5	30.2	31.2	28.8	28.0
2015	28.5	28.8	29.9	29.2	27.1	27.6	26.5	28.7	30.2	30.8	29.7	29.2
2016	30.1	28.9	29.1	28.8	26.6	25.1	27.9	28.6	29.1	30.0	29.6	28.6
2017	30.4	28.4	29.0	28.5	28.4	25.9	26.8	29.2	29.8	29.9	29.6	28.7
2018	29.6	29.3	27.6	29.2	28.2	25.1	27.9	26.9	30.6	30.2	28.0	28.8
2019	29.2	29.0	28.7	29.7	28.1	28.3	26.8	29.6	30.9	29.4	30.2	28.2
2020	29.7	28.0	28.7	29.7	28.1	28.3						

B. PARAMETRO :PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MINIMA EN °C

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	07_JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	14.6	14.7	14.8	14.9	13.9	12.6	9.0	11.3	1.1	14.0	1.4	14.2
2011	14.3	14.0	14.1	13.9	12.2	12.1	12.3	11.8	12.3	13.1	13.9	13.9
2012	13.2	13.2	12.3	11.7	10.2	9.6	9.2	9.8	10.1	11.9	12.6	13.0
2013	12.0	10.8	12.5	9.8	8.4	8.2	5.8	8.4	9.3	9.9	10.0	10.0
2014	8.4	9.5	9.9	10.4	7.9	6.7	6.6	7.3	8.4	11.8	14.4	16.0
2015	15.5	15.9	18.2	18.4	17.4	17.5	14.9	14.6	16.4	17.1	18.5	18.2
2016	18.7	19.3	19.7	18.4	17.6	12.9	10.3	12.0	10.2	12.7	16.1	15.8
2017	15.7	19.3	17.2	17.6	17.6	13.7	11.7	14.6	10.7	12.0	13.7	13.1
2018	12.6	12.1	11.1	10.6	9.2	7.0	11.6	8.9	10.1	10.9	11.4	10.8
2019	11.0	14.1	12.8	11.0	11.2	11.8	9.5	9.3	13.0	13.4	15.5	18.4
2020	18.2	19.1	12.8	11.0	11.2	11.8						



C. PARAMETRO :PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	07_JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	1121.5	1251.0	1182.7	363.6	546.6	66.6	193.4	239.3	328.3	854.5	746.4	1202.1
2011	1092.6	1161.1	817.0	781.4	298.7	295.8	826.1	600.6	249.7	606.6	490.6	1059.3
2012	945.2	1065.8	663.5	765.2	336.4	480.9	413.1	240.7	312.0	532.8	919.1	1245.1
2013	515.8	1126.7	880.6	776.7	299.5	826.9	142.2	371.4	516.3	631.9	643.5	1317.9
2014	892.5	788.2	995.0	549.2	585.0	383.2	433.9	251.9	594.9	364.5	553.8	877.1
2015	903.5	889.9	566.3	668.4	774.4	214.2	633.9	584	618.5	361.3	441.6	850.9
2016	822.1	820.6	476.2	479.5	290	337.6	314.2	201.4	259.3	309.8	215.7	645.1
2017	624	985.1	769.4	673.6	476.5	375.2	218.1	752.1	388.4	390.2	643.6	723.2
2018	783.2	713.1	874.7	486.4	331.6	393.7	137.2	334.2	162.5	692.5	582.1	1234.4
2019	805.7	818.1	717.8	676.2	663.2	268	279.3	89.6	254.8	561.6	618.5	791.1
2020	1009.7	824.5	190.0	260.0	270.0	294.0						

D. PARAMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA EN (%)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	07_JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2010	90	90	95	90	91	89	91	90	87	89	90	89
2011	90	92	91	0	87	90	89	87	88	89	89	89
2012	90	91	90	91	94	94	92	90	89	89	88	89
2013	89	90	91	89	89	89	91	89	89	90	95	92
2014	92	92	90	90	90	90	90	86	86	86	88	92
2015	89.9	90.0	88.9	89.6	91.7	90.4	90.9	89.7	87.0	86.6	87.9	88.7
2016	89.1	90.3	90.7	90.7	90.7	92.3	90.0	89.2	88.5	88.8	89.3	89.9
2017	88.3	92.2	90.9	91.1	91.2	91.4	89.4	89.1	88.6	88.5	89.3	90.4
2018	89.3	89.7	91.8	90.5	90.7	93.3	90.2	89.2	88.3	87.7	90.6	90.4
2019	89.9	90.8	90.1	89.0	90.4	91.2	91.5	86.7	87.1	89.0	90.1	91.6
2020	89.1	92.6	90.1	89.0	90.4	91.2						



Anexo 3: Incidencia de nematodos fitoparásitos y de vida libre en raíz de piña en el valle de San Gabán

SECTORES EVALUADOS	PARCELA	GENEROS DE NEMATODOS								TOTAL	
		<i>Mesocriconema</i>		<i>Helicotylenchus</i>		<i>Dorylaimus</i>		<i>Vida libre</i>		SUELO	RAIZ
		SUELO	RAIZ	SUELO	RAIZ	SUELO	RAIZ	SUELO	RAIZ		
ARICA	I	3	1	2	2	9	8	10	10	24	21
ARICA	II	1	2	0	0	13	0	7	0	21	2
ARICA	III	2	2	1	6	4	0	3	5	10	13
LANLACUNI	I	4	0	3	0	4	0	4	3	15	3
SAN GABAN	I	0	1	1	0	18	0	8	2	27	3
SAN GABAN	II	1	0	1	0	4	0	3	1	9	1
LLOCLLAMAYO	I	1	1	12	0	4	0	14	1	31	2
LLOCLLAMAYO	II	2	1	4	0	1	0	2	2	9	3
TANTAMAYO	I	2	1	1	2	4	1	3	2	10	6
LECHEMAYO	I	3	2	0	4	3	2	3	5	9	13
LECHEMAYO	II	5	2	5	0	0	0	6	1	16	3
TOTAL		24	12	30	14	64	11	63	32		



Anexo 4:

VOCABULARIO

Aguzado: De forma puntiaguda – punzante.

Ano: En hembras, es la abertura ventral, terminal del intestino precedido del recto; en machos es la abertura cloacal. El ano marca el límite anterior de la cola.

Bráctea: término usado en botánica, que hace referencia al órgano foliáceo en la proximidad de las flores, diferente a las hojas normales y a las piezas del perianto. Su función principal no es la fotosíntesis, sino proteger las flores o inflorescencias

Córtex: capa superficial de un órgano.

Esqueje: estaca o estaquilla, es el trozo de tallo, de hoja o de raíz que se pone a enraizar.

Espermateca: Es una cavidad o saco para almacenar el esperma (receptáculo seminal) en el sistema reproductor de las hembras de muchos invertebrados, especialmente insectos.

Estilete: Tuvo axial esclerotizado, de origen cuticular, una porción final de la cabeza tiene un lumen continuo con un lumen al esófago.

Hijuelo: retoño que nace de la raíz de una planta.

Hipógino: relativo a las flores, cuando el perianto y el androceo se insertan por debajo del ovario, el ovario es por tanto súpero.

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

Mucron: Proyección apical, aguda y muy corta.

Necrosis: Muerte de las células y los tejidos de una zona determinada de un organismo vivo.

Odontoestilete: Tipo de estilete de muchos nematodos de vida libre y los de la familia

Odontóforo: Estructura secundaria de un odontoestilete, formado por la modificación de la región faríngea anterior.



Ovopositor: Órgano usado por las hembras de insectos para depositar huevos.

Parasitismo: El parasitismo se produce cuando un individuo vive a expensas de otro al que puede perjudicar.

Polífago: De alimentación variada.

Sincitia: Es una célula con varios núcleos resultante de la fusión de varias células.

Sorosis: En Botánica, es un fruto compuesto, carnoso, derivado de una inflorescencia. En este tipo de fruto todas las flores de la inflorescencia participan en el desarrollo de una estructura que parece un solo fruto pero que en realidad está formada por muchos frutos.

Tricomas: Son los pelos que recubren la superficie de las hojas, los pétalos e incluso las raíces de los vegetales. Estos pelos o excrecencias pueden ser muy variados en forma, origen o función.

Vermiforme: Es un adjetivo utilizado para caracterizar seres vivos o estructuras que tienen forma parecida a un gusano.