



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Determinación de la cantidad de ceniza en la incidencia de nematodos en
plantones de cacao (*Theobroma cacao*) en el distrito de Soritor - 2017**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Oscar Richard Inga Rodríguez

ASESOR:

Ing. Juan José Pinedo Canta

Código N° 6051217

Moyobamba – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Determinación de la cantidad de ceniza en la incidencia de nemátodos en plantones de
“cacao” (*Theobroma cacao linn*) en el distrito de Soritor – 2017.

AUTOR:

Bach. Oscar Richard Inga Rodríguez

Sustentado y aprobado el 31 de diciembre del 2018, por los siguientes jurados:

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Secretario

Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza
Miembro

Ing. Juan José Pinedo Canta
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Oscar Richard Inga Rodríguez, identificado con DNI N° 46056539, egresado de la Facultad de Ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada **Determinación de la cantidad de ceniza para el control de la incidencia de nematodos en plántones de “cacao” (Theobroma cacao) en el distrito de Soritor - 2017.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 31 de diciembre del 2018.



.....
Oscar Richard Inga Rodríguez
DNI N° 46056539

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Inga Rodríguez Oscar Richard		
Código de alumno :	085123	Teléfono:	939139084
Correo electrónico :	jinjuke@gmail.com	DNI:	46056539

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología.
Escuela Profesional de:	Ingeniería Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Determinación de la cantidad de ceniza en la incidencia de nemátodos en plantones de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en el distrito de Saito - 2017
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

22, 04, 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mis padres y familiares que siempre estuvieron inculcándome los valores necesarios para culminar mi carrera, y a Dios por haberme cuidado y otorgarnos esta oportunidad para poder culminar esta etapa satisfactoriamente.

Agradecimiento

A mis padres, a quienes les debo la existencia, quienes con su amor y esfuerzo me han acompañado a lo largo de mi carrera universitaria, gracias por brindarme su apoyo ante tantas adversidades y demostrarme que Dios está conmigo siempre; jamás me alcanzaría la vida para devolverles todo lo que me han dado.

A mis familiares, por haber compartido tantas cosas conmigo, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero agradecer a mi asesor Ing. Juan José Pinedo Canta, por su invaluable apoyo durante la realización de la presente investigación.

Índice

	Pág.
Dedicatoria.	vi
Agradecimiento.	vii
Índice	viii
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	1
CAPÍTULO I	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Bases teóricas	10
1.3. Definición de términos	34
CAPÍTULO II	
MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1. Materiales	35
2.2. Métodos	35
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. Características biométricas de los plantones de cacao	38
3.2. Nivel de incidencia de nematodos	41
3.3. Cantidad óptima de ceniza	42
3.4. Discusiones	43
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXO 1: Mapa de ubicación	52
ANEXO 2: Diagrama de campo	53
ANEXO 3: Panel fotográfico	54

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: <i>Composición química de la cascarilla y ceniza de arroz</i>	10
Tabla 2: <i>Número de nódulos en raíces de los plantones de cacao al cuarto mes</i>	38
Tabla 3: <i>Análisis de varianza para número de nódulos en las raíces de plantones de cacao</i>	39
Tabla 4: <i>Altura (en cm) de los plantones de cacao al cuarto mes</i>	39
Tabla 5: <i>Análisis de varianza para la altura (en cm) de plantones de cacao al cuarto mes</i>	40
Tabla 6: <i>Número de manchas en hojas de plantones de cacao al cuarto mes</i>	40
Tabla 7: <i>Análisis de varianza para número de manchas en las hojas de plantones de cacao al cuarto mes</i>	41
Tabla 8: <i>Incidencia de los nemátodos en las raíces de plantones de cacao</i>	42
Tabla 9: <i>Prueba de Dunnett para determinar el tratamiento óptimo</i>	42

Resumen

La presente investigación, tuvo por objetivo general determinar la cantidad de ceniza para el control de la incidencia de nematodos en plántones de cacao en el distrito de Soritor, para lo cual se evaluaron las características biométricas de los plántones de cacao en crecimiento y desarrollo, el nivel de incidencia de nematodos y la cantidad óptima de ceniza en el sustrato elaborado para controlar la incidencia de nematodos.

Para tal efecto la investigación de tipo aplicada se trabajó con un diseño completo al azar con 4 tratamientos experimentales, considerando en el sustrato diferentes porcentajes de ceniza, al 5%, 10%, 15% y 20% en peso además de un tratamiento testigo.

En la parte operativa se trabajó con una muestra de 50 plántones con 10 repeticiones de cada tratamiento obteniendo que el tratamiento 3 (ceniza al 15% en peso) fue el óptimo para combatir la infestación por nematodos en las raíces de los plántones, para el crecimiento y para combatir manchas en hojas. Asimismo, la mayor incidencia de nematodos se da en el tratamiento testigo (95%), siendo el tratamiento 3 el que presenta menor incidencia (40%) en lo referente a la presencia de nematodos en la raíz de los plántones. Finalmente, asumiendo un nivel de confianza del 95% se concluye que el tratamiento 3 (ceniza al 15% en peso) se presenta como óptimo para el control de nematodos en las plantaciones de cacao; los tratamientos 1,2 y 3 también son significativos, lo cual reafirma la eficacia de ceniza como controlador de plagas.

Palabras clave: *ceniza, incidencia, infestación, nematodo.*

Abstract

The main objective of this searching was to determine the amount of ash for controlling the incidence of nematodes in cocoa seedlings in Soritor district, for which the biometric characteristics of the growing and developing cocoa seedlings were evaluated. level of incidence of nematodes and the optimum amount of ash in the substrate prepared to control the incidence of nematodes.

For this purpose the applied type research was worked with a complete random design with 4 experimental treatments, considering in the substrate different percentages of ash, 5%, 10%, 15% and 20% in weight in addition to a control treatment.

In the operative part, we worked with a sample of 50 seedlings with 10 repetitions of each treatment, obtaining that treatment 3 (ash to 15% by weight) was the optimum to combat the infestation by nematodes in the roots of the seedlings, for growth and to combat leaf spotting. Likewise, the highest incidence of nematodes occurs in the control treatment (95%), with treatment 3 having the lowest incidence (40%) in relation to the presence of nematodes in the root of the seedlings. Finally, assuming a confidence level of 95%, it is concluded that treatment 3 (ash to 15% by weight) is presented as optimal for the control of nematodes in cocoa plantations; treatments 1,2 and 3 are also significant, which reaffirms the effectiveness of ash as a pest controller.

Keywords: ash, incidence, infestation, nematode.



Introducción

El cacao es uno de los cultivos alimenticios que desde el punto de vista tecnológico e industrial ha tenido un avance muy lento. Entre una de las razones es el desconocimiento del sistema de manejo de la plantación en el valle del Alto Mayo.

El alto costo de la reproducción asexual pone en atención a los más importantes centros de producción, buscando tecnologías más adecuadas para la producción masiva de plántones y la calidad final del producto.

En el distrito de Soritor, entre otros sectores del valle han iniciado la propagación del cacao instalando pequeños campos de cultivo con técnicas insipientes, en los cuales las plagas disminuyen el rendimiento de las plantas en un tiempo relativamente corto.

Existen serios problemas fitosanitarios en las plantaciones de cacao, entre ellos la presencia de nematodos, quienes hacen daños a las raíces alterando el normal desarrollo de las funciones de la planta; esto disminuye el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las cosechas de cacao.

Asimismo, en el valle del Alto Mayo, principalmente en Soritor, existen grandes volúmenes de ceniza provenientes de la cascarilla de arroz, porque el arroz es el principal cultivo de esta zona; sin embargo existe desconocimiento de las bondades de la ceniza en la preparación de sustrato (suelo preparado) para disminuir daños en la producción de plántones en el vivero.

La cascarilla de arroz es un material de desecho agrícola que constituye alrededor del 20% de la producción mundial de arroz, la cascarilla de arroz es el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos y su disposición final es uno de los mayores problemas existentes en los países productores de arroz como Colombia. Según estudios recientes, en el país se producen cerca de 2100.000 toneladas de arroz al año, y como consecuencia de esta producción cerca de 400.000 toneladas de cascarilla de arroz como residuo, las cuales mediante un proceso de quema controlada dan origen a cerca de 100.000 toneladas de ceniza de cascarilla de arroz con un alto contenido de sílice, convirtiéndose así, en una alternativa potencial para su uso en la industria, gracias a sus características puzolánicas y su alta disponibilidad alrededor del mundo.

Uno de los beneficios de la ceniza es el control de plagas. Se utiliza cuando se observa que las plantas pequeñas aparecen con los tallos quebrados y sin brotes, sin duda están siendo atacadas por gusanos de tierra, los cuales de noche realizan los daños para alimentarse y de día se esconden debajo de la tierra o entre la hojarasca; para evitar el ataque se espolvorea las cenizas alrededor de la base del tallo de modo que forme una barrera que repela el avance de la plaga.

Para el control de enfermedades, la ceniza actúa sobre algunos tipos de hongos que producen manchas blanquecinas en la parte inferior de las hojas, se aplica en espolvoreo sobre la parte superior e inferior de las hojas, también se aplica disuelto en agua, ambas preparaciones evitan que el hongo pueda establecerse y cause daño a la planta. La cantidad de ceniza que se va a utilizar depende del tamaño y número de hojas de las plantas a proteger.

Las situaciones antes descritas respecto al control de plagas en la mayoría de los casos son controladas con insumos agroquímicos lo cual contamina el suelo y el casos extremos a los mismos agricultores dado que no usan los equipos de protección adecuados para aplicar dichos productos químicos, produciéndose en algunos casos intoxicación u otras consecuencias dañinas para la salud.

Es bajo este panorama surge la presente investigación para responder la siguiente interrogante: ¿En qué medida la cantidad de ceniza influye en la incidencia de nemátodos en plántones de cacao a nivel de repicado en vivero en el distrito de Soritor?

Para responder a la interrogante planteada se formula como objetivo general determinar la cantidad de ceniza en la incidencia de nemátodos en plántones de cacao a nivel de repicado en vivero, en el distrito de Soritor, lo cual supone el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

Evaluar las características biométricas de los plántones de cacao.

Determinar el nivel de incidencia de nemátodos en plántones de cacao

Determinar la cantidad óptima de ceniza en el sustrato elaborado para controlar la incidencia de nemátodos en plántones de cacao.

Bajo este contexto es de suponer que una dosis adecuada de ceniza mezclada con sustrato puede ser útil para el control de nematodos a nivel de repicado en vivero, lo cual constituyó la hipótesis de investigación.

Por otra parte, la investigación se justifica porque mediante esta propuesta estamos contribuyendo en la conservación del suelo, dado que el agricultor actualmente se está usando muchos agroquímicos en su afán de obtener mayores ganancias. Se considera importante difundir esta propuesta dado que la ceniza no está siendo aprovechada adecuadamente perdiéndose un valioso abono orgánico y controlador de plagas lo cual desconoce la mayoría de los agricultores.

Finalmente, para una mejor estructuración de la presente investigación, esta ha sido dividida en los siguientes capítulos:

En el capítulo I hace a la revisión bibliográfica como son los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

En el capítulo II se presentan los materiales y métodos relacionados con el desarrollo de la investigación. Finalmente en el capítulo III se presentan los resultados de la investigación, así como la discusión de los mismos de acuerdo a los antecedentes y teorías relacionadas con la investigación.

Finalmente se tienen las principales conclusiones y recomendaciones así como las referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

León y Pinchao (2015), realizaron una investigación titulada “Evaluación del efecto de caldo de ceniza y purín de ajo y ají sobre las poblaciones de chrysomelidae (coleóptera) en la acacia bracatinga (*paraserianthes lophantha*)” concluyendo que el tratamiento que presentó mayor reducción de la población de Chrysomelidae (Coleóptera), fue el tratamiento 1 (caldo de ceniza) con respecto a los otros tratamientos (tratamiento testigo y purín de ajo y ají); el cual inició con un promedio de 538,7 individuos y finalizó con un promedio de 159,7.

El tratamiento 2 causó poca disminución de la población, posiblemente porque el efecto de repelencia que tiene el ajo y el ají sea de corta duración; por lo cual sería interesante evaluar otras dosis, frecuencia de aplicación y otros métodos de preparación.

Los insecticidas botánicos usados en este trabajo son una alternativa sostenible para ser utilizados para el control de plagas, disminuyendo el uso intensivo de insecticidas químicos, lo cual favorece las condiciones medioambientales, y no afectan la salud humana y de los animales, promoviendo además la recuperación del equilibrio natural del ecosistema.

El daño causado por la familia Chrysomelidae son muy notorios, por lo cual se ve la necesidad de utilizar insecticidas botánicos para la disminución de la población sin afectar el medio ambiente.

Las investigaciones realizadas en campo, fortalecen los conocimientos adquiridos por parte de los estudiantes, aportando en sus procesos de aprendizaje y entorno laboral. La metodología establecida al inicio del proyecto para medir mortalidad no tuvo en cuenta los

efectos del clima y la pendiente en la que se encontraban los árboles; al ser lavados los insectos por la escorrentía antes de realizar los conteos.

Por el tiempo de investigación el insecto no se puede ser tomado como plaga ya que no es posible determinar daños económicos causados.

Las aplicaciones de biopreparados pueden influir en la aparición o aumento de entomofauna benéfica, restableciendo el equilibrio de los sistemas.

Nico (2012), en su investigación titulada “Incidencia y patogenicidad de nemátodos fitopatógenos en plantones de olivo (*Olea europea* L.) en viveros de Andalucía, y estrategias para su control” concluyó que en los viveros de olivo inspeccionados en las provincias de Córdoba, Jaén y Sevilla destaca por su incidencia en raíz y por su importancia fitopatológica, las infecciones por los nemátodos noduladores de raíz (*Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica*), y los nemátodos lesionadores de raíz (*Pratylenchus penetrans* y *Pratylenchus vulnus*). Los plantones de olivo infectados por nemátodos fitoparásitos constituyen un medio potencial para la dispersión de estos agentes a nuevas áreas olivareras.

Los cvs. Arbequina y Picual de olivo no son huéspedes de los nemátodos lesionadores de raíz *Pratylenchus thornei*, *Pratylenchus fallax* y *Zygotylenchus guevarai*, pero sí de los nemátodos ectoparásitos migratorios *Criconemella xenoplax*, *Helycotylenchus pseudorobustus* y *Helycotylenchus vulgaris*. Por lo tanto, las poblaciones de estas últimas especies pueden incrementarse sobre dichos cultivares de olivo durante la producción en vivero y tras la plantación definitiva.

La infección de plantones de los cvs. Arbequina y Picual de olivo por *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus penetrans* y *Pratylenchus vulnus* causa una reducción significativa del crecimiento relativo del diámetro del tallo. Asimismo, la infección de plantones de ‘Picual’ por *Meloidogyne arenaria* y *Meloidogyne javanica* determina la aparición de una clorosis que sugiere alteraciones perjudiciales en la nutrición mineral.

El inóculo micorrícico mixto de *Glomus intraradices* y *Glomus fasciculatum*, fue el más efectivo, ya que protegió a ‘Picual’ del efecto patogénico de *Meloidogyne incognita* y *Pratylenchus vulnus* y a ‘Arbequina’ del efecto patogénico de *Meloidogyne incognita*. La

reducción de la patogenicidad no estuvo relacionada con una reducción en la infección por el nemátodo, sugiriendo que el efecto protector se debe a un incremento de la tolerancia de la planta al nemátodo.

La enmienda del sustrato viverístico con compost de corcho redujo significativamente las poblaciones de *Meloidogyne incognita*. Dicha reducción fue directamente proporcional a la concentración de la enmienda en el sustrato, y alcanzó porcentajes superiores al 95 % con una concentración del 75 %. El crecimiento de los plantones mantenidos en los sustratos enmendados con compost de corcho no aumentó significativamente en consonancia con la reducción de la población del nemátodo, lo que sugiere alguna acción fitotóxica que anula parcialmente a dosis altas los efectos positivos de la desinfestación.

A nivel nacional

Ramírez (2011), en su tesis titulada “Distribución y frecuencia de ocurrencia de nemátodos de café (*coffea arábica* l.) en la provincia de Leoncio Prado” concluyó que en las raíces el género *Meloidogyne* se presentó en todas las localidades muestreadas, mientras que *Pratylenchus* considerado como el segundo patógeno de importancia en el cultivo del café se encontró sólo en dos localidades con bajas poblaciones.

Las muestras analizadas de raíces del cafeto en producción presentan fuertes síntomas de ataques de *Meloidogyne*. Las nodulaciones sobrepasan el grado 4 de la escala internacional de *Meloidogyne*, en las localidades de Flores de Belén y Hermilio Valdizán.

Las poblaciones de *Pratylenchus* y *Dolichodons*, representan una baja infestación. La presencia de *Tylenchulus* en las localidades encontradas obedece a que en dichos lugares del cultivo hay presencia de algunas plantaciones de cítricos, mientras que en las raíces las poblaciones de *Pratylenchus* presentan una baja infestación.

Con respecto a los nemátodos *Aphelenchoides* y *Dolichidonis* se reportan como nemátodos que se encuentran en el contorno de las raíces en las zonas en estudio.

Torrado y Castaño (2009), en su investigación denominada “Incidencia de nemátodos en plátano en distintos estados fenológicos” llegando a la conclusión que los principales nemátodos que se encontraron afectando los materiales evaluados fueron *Radopholus*

similis, *Meloidogyne* spp. y *Helicotylenchus* spp. El 95% de la población total de nemátodos se encontró en las raíces. La cultivariedad África fue la que presentó mayor susceptibilidad a *R. similis*, mientras que en 'Dominico Hartón' fue *Meloidogyne* spp. el nematodo predominante. Los híbridos mostraron similar susceptibilidad tanto a *R. similis* como a *Meloidogyne* spp.

Las altas poblaciones de nemátodos que se encontraron durante el estudio en los materiales evaluados sugieren que el principal medio de diseminación de los nemátodos en las plantas fue la semilla.

El comportamiento de las poblaciones de nemátodos mostró una relación altamente significativa con el estado de desarrollo de las plantas. *Helicotylenchus* spp. y *Radopholus similis* presentaron la mayor incidencia cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica. En África la población de *R. similis* se comportó diferente, ya que se presentaron tres picos máximos de incidencia, hacia la mitad de los estados de plántula, prefloración y madurez fisiológica.

La población máxima de *Meloidogyne* spp. en los híbridos se observó en estado de floración. En las cultivariedades “África” y “Dominico Hartón” el comportamiento de este nematodo fue similar, solo que la mayor población se alcanzó en estado de pre-floración.

La precipitación influyó significativamente sobre la población de nemátodos en las raíces, presentándose una mayor población de nemátodos en épocas de mayor precipitación.

Las poblaciones de *Meloidogyne* spp. y *Radopholus similis* sugirieron un comportamiento mutuamente excluyente, es decir, cuando incrementó la población de una de las dos, la otra tendió a disminuir; sin embargo la correlación no alcanzó a ser significativa.

A nivel regional

Realizaron una investigación denominada “Evaluación del volumen dispersado de los insecticidas caporal y cipermetoxo asperjados en plantas de cacao, y su efecto tóxico en el suelo”, para se utilizó “Termitas” y “Pollos bb” Navarro y Saavedra (2014).

En la evaluación de “Termitas” vivos ubicados en la muestra de suelo bajo la planta, después de la aspersión de ciperhex, el valor promedio de la evaluación durante cinco días consecutivos y de cuatro aspersiones en la primera aplicación trabajando con una muestra de 20 individuos en el sector uno (1) fue 2.87, en el sector dos (2), 2.82 y en el sector tres (3), 2.94 individuos, con el promedio general 2.88.

Mientras que el suelo con Caporal, presento el valor promedio de la evaluación durante cinco días consecutivos y de cuatro aspersiones en la primera aplicación trabajando con una muestra de 20 individuos en el sector uno (1) fue 4.91, en el sector dos (2), 5.82 y en el sector tres (3), 6.25 individuos, con el promedio general 5.66

En el caso de “Termitas” muertos con ciperhex el valor promedio de la evaluación durante cinco días consecutivos y de cuatro aspersiones en la primera aplicación trabajando con una muestra de 20 individuos en el sector uno (1) fue 4.13, en el sector dos(2), 3.78 y en el sector tres (3), 4.75 individuos, con el promedio general 4.22.

Mientras que el suelo con Caporal, presento el valor promedio de la evaluación durante cinco días consecutivos y de cuatro aspersiones en la primera aplicación trabajando con una muestra de 20 individuos en el sector uno (1) fue 3.64, en el sector dos (2), 3.84 y en el sector tres (3), 3.87 individuos, con el promedio general 3.78.

En su investigación “Evaluación de la cantidad de ceniza conteniendo silicio para disminuir el daño causado por *spodoptera frugiperda* en *Oryza sativa* en la ciudad e Moyobamba”, concluyó que La cantidad de ceniza de cascara de arroz (ceniza de la cascara de arroz) determinado para agregar al suelo con mayor incremento de protección de *Oryza sativa* para disminuir daños de *Spodoptera frugiperda*, fueron de 2.5 kilos de ceniza de cascara de arroz, incorporados en 8 kilos de tierra para las almacigueras Callao, A (2014).

Entre las características de *Spodoptera frugiperda* en su ciclo biológico, alimentados con hojas de arroz procedente de suelos tratados con ceniza de cascara de arroz, fueron observadas las siguientes: Los tamaños de las larvas que alcanzaron fueron menores, solamente 38mm, comparados con el tamaño de larvas reportados por otros investigadores (40, 42 hasta 45 mm), debido al alimento utilizado con más silicio en la planta comparado con una alimentación normal en la crianza convencional.

Como se observa en la actualidad, la tendencia de producción de arroz en el país, la región y el valle del Alto Mayo. Es hacia el incremento del uso de agroquímicos de forma tal que se convierte en una amenaza debido al impacto ambiental que ello representa. Mediante la contaminación de cuerpos de agua, la acumulación de residuos peligrosos y contaminantes orgánicos permanentes.

De manera que en definitiva el uso de productos alternativos de origen orgánico, tales como la ceniza de cascara de arroz que incorporado al suelo de manera técnico – mecánico para reducir daños causados por fitófagos en plantaciones de arroz, aparece como la mejor opción debido a sus resultados en mejora de la resistencia al ataque de plagas, tamaño de plantas y peso en biomasa fresca y seca.

En su investigación intitulada “Evaluación del crecimiento del café y cacao tratado con tres aplicaciones de biol, enriquecido con sustancias orgánicas en la producción de plantones en Lamas” trabajó con aplicaciones de biol enriquecido en forma gradual, en distintas poblaciones de plantas de “café” y “cacao”, una vez, dos veces, tres veces por todo el ciclo o alcanzar la edad de plantones para ser llevados a campo definitivo.

La constitución del biol fue a partir de una mezcla de estiércol con agua en la proporción 1:1, con el enriquecimiento de una botella de leche de vaca, una cucharada de miel de abeja y un litro de agua de coco, todo fue mezclado y ubicado en un envase cerrado macerado por 45 días, eliminando el gas formado cada 15 días, cernido el líquido obtenido llamado biol, mezclado con agua en proporción 1:2, un litro de biol mezclado con dos litros de agua fueron asperjados a las plantas de “café” y “cacao” Rojas, J (2014).

Se realizaron dos evaluaciones biométricas, altura de planta y número de hojas desarrolladas por planta en “café” y “cacao”. No presentaron significación entre los tratamientos estudiados, sin embargo en el café la mayor altura alcanzó el tratamiento dos aplicaciones (A2) con 7.75 cm. De altura promedio mensual, con tres aplicaciones (A3) fue 7.63 cm. Una aplicación (A1) fue 7.18 cm. El testigo (A0) con 6.78 cm.

En el cacao la mayor altura alcanzó el tratamiento A3 (tres aplicaciones) con 15.53 cm. Seguido de A1 (una aplicación) con 14.90 cm. Y A2 (dos aplicaciones) con 13.95 cm. Superando al testigo (A0) con 13.1 cm.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Ceniza de la cascarilla de arroz

El arroz es una de las plantas que contiene gran cantidad de sílice, principalmente en la cáscara, lo que determina una composición no apta para la alimentación de animales debido a sus débiles propiedades nutritivas. Por otra parte posee una superficie irregular y abrasiva muy resistente a la degradación natural, hecho que genera serios problemas de acumulación. Por estos motivos, su destino más frecuente es la quema, de la cual se obtiene en promedio, 40 kg de ceniza por cada tonelada de arroz. (Puede afirmarse que no existe otro residuo agro-industrial que genere un volumen equivalente de ceniza cuando es quemado). Esta ceniza está también compuesta principalmente por sílice (en el entorno de 90 %), de características altamente perjudiciales a la salud humana si su estructura es cristalina, mientras que si es amorfa no perjudica a la salud humana.

Uno de los campos que tiene más utilización en los molinos arroceros es el aprovechamiento de la combustión de la cascarilla de arroz para el calentamiento del aire destinado al proceso de secamiento del mismo arroz. La ceniza proviene del quemado de la cascarilla del silicio absorbido por la planta solo una parte queda en el grano y la gran mayoría forma la parte estructural de la cascarilla, la ceniza está compuesta principalmente por oxido de silicio (Andrade, 2006). Ver tabla 1.

Tabla 1

Composición química de la cascarilla y ceniza de arroz

Componente	%	Componente	%
Carbono	39.0	Ceniza de sílice	94.10
Hidrógeno	5.6	Oxido de calcio	0.55
Nitrógeno	0.6	Oxido de magnesio	0.95
Oxígeno	37.2	Oxido de potasio	2.10
Azufre	0.1	Oxido de sodio	0.11
cenizas	17.8	Sulfato	0.06
		Cloro	0.05
		Oxido de titanio	0.05
		Oxido de aluminio	0.12
		Otros componentes (P2O5, F2O3)	1.82
Total	100	Total	100

Fuente: Varón CJ, Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz

La presencia de sílice dentro de la estructura de la cascarilla de arroz se conoce desde 1938. No obstante, desde 1934 científicos japoneses ya habían observado que el silicio es benéfico para el crecimiento normal del arroz. El contenido de sílice presente en diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas, cáscara o vaina) varía entre 2,63 y 13,3%, presentándose en mayor cantidad con respecto a la parte orgánica en la cáscara del grano de arroz. La cascarilla de arroz al ser sometida a calcinación produce una alta cantidad de ceniza, entre 13 y 29% del peso inicial, la cual está compuesta principalmente por sílice, 87-97%, y pequeñas cantidades de sales inorgánicas. Estas sales inorgánicas son impurezas que pueden ser eliminadas utilizando reflujos en medio ácido. Además, la cascarilla de arroz contiene alrededor de un 85% de material orgánico conformado por celulosa, lignina, D-xylose y pequeñas cantidades de D-galactose. Con base en estudios de la sílice obtenida de diferentes plantas [9] y diatomeas, Lanning llegó a la conclusión de que la sílice resultante de la calcinación de la cascarilla de arroz no es exactamente igual al gel de sílice y que ésta se debe clasificar como sílice opalina (Arcos. 2007).

1.2.2. Beneficios del uso de la ceniza (cascarilla de arroz)

Entre el contenido de nutrientes de la cascarilla de arroz y de su ceniza se encuentra en gran cantidad el Silicio. Este componente es necesario para muchos tipos de cultivo. Según estudios, en el cultivo de gramíneas, en este caso que se ha enfocado al arroz. El Silicio tiene mayor importancia por los beneficios que le provee a la planta, ya que puede controlar enfermedades a un grado similar que un fungicida y crea resistencia a la planta contra insectos y enfermedades, lo que representa una barrera excelente ante sus ataques (Quero, 2007).

Las cenizas se emplean en suelos forestales de carácter ácido puesto que cantidades moderadas de estas cenizas devuelven al sistema buena parte de los nutrientes extraídos durante el aprovechamiento forestal. En algunos casos, esta práctica se ha empleado para aliviar las deficiencias de P, Ca y Mg que presentan frecuentemente las plantaciones forestales desarrolladas sobre suelos ácidos. En este sentido, diferentes trabajos han mostrado respuestas positivas sobre el crecimiento y el estado nutricional de los árboles, lo que se atribuye a aumentos en la disponibilidad de nutrientes limitantes en el suelo. No obstante, hay que considerar que los suelos forestales son ricos en materia orgánica y N

orgánico, por lo que los aumentos de pH en estos suelos podrían conducir a un aumento de la mineralización de N, con el consiguiente riesgo de pérdida de N en forma de NO_3 , N_2O o N_2 a través de procesos de nitrificación y desnitrificación (Solla-Gullón, 2001).

1.2.3. El silicio (Si)

El silicio es uno de los elementos químicos cuyo símbolo es "Si" y que se encuentra en la tabla periódica en el grupo 14 o IVA. Por su abundancia ($2,57 \times 10^5$ p.p.m.) es el segundo elemento que más se encuentra en la corteza terrestre después del oxígeno ($4,95 \times 10^5$ p.p.m.). Este material compone alrededor del 20% de la corteza terrestre. Forma parte, en la tabla periódica, de la familia del carbono pero, a diferencia de éste, no se lo encuentra en la naturaleza en estado puro sino, generalmente, combinado con oxígeno en su mayoría formando óxidos de Si (SiO_2 , dióxido de silicio) y silicatos. Pertenece al grupo de los hermosos cristales de roca (roca cristalina), cuarzo lechoso, amatistas (rocas azules debido al magnesio), cuarzo rosado (color debido a la presencia de pequeñas cantidades de titanio) y cuarzo ahumado (orgánico). Ocasionalmente, cristales de tridymite y cristobalita, que son modificaciones de los silicatos a muy altas temperatura, pueden encontrarse en depósitos volcánicos. El SiO_2 abunda en distintas formas como el cuarzo, ágata, jaspe, carnelia, ópalo y pedernal. La arena es en gran parte dióxido de silicio y la mayoría de las rocas corrientes, salvo calizas o dolomitas, contienen silicio: por ejemplo, el feldespato $\text{Si}_3\text{O}_8\text{KAl}$; el asbesto $(\text{SiO}_3)_4\text{Mg}_3\text{Ca}$; la mica $(\text{SiO}_4)_3\text{H}_2\text{KAl}_3$; etc (Martínez, 2011).

En este elemento se ha mostrado bastante interés entre los técnicos y agricultores por los numerosos beneficios que trae a los cultivos, incluido el aumento en la productividad y la resistencia al estrés bióticos, y abióticos, como exceso de metales pesados, deficiencia hídrica y enfermedades fungosas. Cuando se adiciona un nutriente al suelo, vía fertilización, ocurren reacciones químicas que pueden modificar, para más o para menos, la disponibilidad de otros elementos. Es interesante, pues presenta interacciones con varios elementos que favorecen la nutrición de la planta (Coloma, 2015).

El Silicio, una vez aplicado al suelo reacciona con el agua transformándose en ácido monosilícico (H_4SiO_4) moviéndose rápidamente a través del xilema. Cuando la planta transpira, pierde el agua absorbida por el Silicio, formando una barrera protectora presentando una resistencia mecánica al ataque de enfermedades e insectos. Manifiestan que los beneficios de la mayor concentración de silicio en el suelo y suministrar al suelo

minerales ricos en silicio a través de los procesos de fertilización, permiten una solución económica y rentable para la producción agrícola, destacando un aumento en productividad como en el cultivo de Arroz (Furcal, 2012).

El Silicio aumenta el crecimiento y modifica la arquitectura de las plantas, tiene potencial para aumentar la productividad y disminuye el ataque de enfermedades fúngicas, este micronutriente protege a los cultivos contra el ataque de enfermedades e insectos plagas debido a que la acumulación de silicio en los tejidos vegetales permite proteger a la planta fortaleciendo mecánica y bioquímicamente sus tejidos evitando así su debido deterioro (Delgado, 2010).

El silicio orgánico, por su hidrosolubilidad y del hecho de su conexión directa con aminoácidos transportadores, es directamente absorbible en tasas muy elevadas. Si fuera necesario dar una cifra, éste estaría cerca del 70%. Esta es la razón del porque sinergizar el silicio con el biol.

Ahora que conocemos las bondades de este elemento, hay que aprovechar la cascarilla o tamo de arroz que un sinnúmero de piladoras desperdician al quemar cuando en la práctica esta contiene el 80% de silicio de rápida absorción. La técnica de extracción es muy simple, se denomina Extracción Pilórica (Palacios, 2012).

1.2.4. Silicio como nutriente

El silicio no es considerado por los fisiólogos y nutricionistas como elemento esencial, para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo para algunas familias de plantas, especialmente monocotiledoneas, gramíneas; el aporte de silicio al suelo incide en lograr cosechas de mejores rendimientos y calidad. Ayuda en el endurecimiento de raíz, aumenta la eficacia de Fotosíntesis, que maximiza la producción. Fortalece los tallos y pedúnculos de flores y frutas siendo bastante difícil que caigan (Rugel, 2016).

El silicio tiene varios efectos sobre los vegetales. Las plantas de Arabidopsis fertilizadas con silicio, al ser infectadas con hongos, presentan una infección menos severa, además de que el silicio retrasa la aparición de la enfermedad y/o reduce su incidencia, modulando y sincronizando mejor la respuesta de la planta al patógeno. Es decir, la función del silicio no se limita a ser una barrera física (por ejemplo, los tricomas) contra las agresiones del medio, si no que tiene un papel más activo y relevante. Las evidencias muestran que las

plantas que crecen en ausencia de silicio frecuentemente son más débiles estructuralmente, y tienen menor tamaño, desarrollo, viabilidad y su reproducción es anormal; son más susceptibles a estrés abiótico así como a la toxicidad por metales, son más fácilmente atacadas por organismos patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros. Sin embargo, debido a la dificultad de eliminar totalmente el silicio de los medios de cultivo hidropónicos para plantas, este no se había reconocido como un elemento necesario en la nutrición vegetal. Se ha propuesto que el efecto benéfico que se observa cuando se agrega un puñado de suelo a los cultivos hidropónicos podría deberse al silicio añadido (Raya y Aguirre, 2012).

La aplicación de fertilizantes con silicio es común hoy en día en Corea y Japón, con un consumo anual de 400,000 y 1,000,000 de toneladas, respectivamente, logrando un incremento y/o sostenimiento en la producción de arroz. El silicio también es utilizado en Brasil, Australia, Sudáfrica e India para incrementar la producción de caña de azúcar. En México también se está generalizando su aplicación, tanto a nivel experimental como comercial. Existen empresas que ofertan fertilizantes en los que se incluye el silicio como un componente importante (Raya y Aguirre, 2012)

1.2.5. Beneficios del silicio

El silicio (Si) suprime muchas enfermedades y ataques de insectos en las plantas. El efecto de la resistencia a plagas y enfermedades se puede deber al reforzamiento de las cutículas, como se dijo anteriormente o a que el elemento puede ser una señal que induzca reacciones de defensa en la planta.

El silicio (Si) depositado en las paredes de las células del xilema previene la compresión de los vasos bajo condiciones de alta transpiración causada por exceso de sequía o calor. La membrana Si celulosa en el tejido epidermal también protege las plantas contra las excesivas pérdidas de agua por transpiración. Esto ocurre debido a una reducción en el diámetro de los poros de las estomas, y consecuentemente, una reducción en la transpiración de la hoja (Martínez, 2014).

El silicio restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad para la producción agrícola. De 40 a 300 kg. de silicio por hectárea de suelo cultivado, son

extraídos anualmente por las cosechas. La falta de ácidos monosilícicos y la disminución de silicio amorfo conducen a la destrucción de los complejos órgano-minerales, se aceleran la degradación de la materia orgánica del suelo y se empeora la composición mineral. La aplicación de fertilizantes minerales con silicio es obligatoria para una agricultura sustentable y altamente efectiva en cualquier tipo de suelo. Es importante mencionar que la disponibilidad de agua y bióxido de carbono, son indispensables para incrementar la disponibilidad de ácido ortosilícico soluble en el suelo, mejorando significativamente la capacidad de intercambio catiónico y movilización de minerales, fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, nitrógeno y zinc, como se ejemplifica en las siguientes reacciones y ley de acción de masas. (Basel, 1987)

El silicio (Si) puede ayudar a disminuir el stress por sales en plantas superiores. Existen varias hipótesis para este efecto: Estas son:

Mejor actividad fotosintética.

Mejor selectividad en la relación K, Na.

Aumento en la actividad enzimática.

Aumento de la concentración de sustancias en el xilema, lo cual resulta en una disminución de la absorción de Na por las plantas.

1.2.6. Nemátodos

Los nemátodos están definidos como animales filiformes con cuerpo sin segmentos y cubiertos de una cutícula hialina, marcada por estrías u otras marcas. La mayoría de ellos son microscópicos y miden entre 300 y 1000 μm de largo y entre 15 y 35 μm de ancho.

Son redondeados en sección transversal, con boca, sin extremidades, translúcidos e incoloros, carecen de aparato respiratorio y circulatorio (Guzmán, 2009).

Las infestaciones de todos los nemátodos tienen un efecto debilitante sobre el sistema radicular, lo que lleva a la reducción de efectividad en la absorción y transporte de agua y nutrientes (Fierro, 2006). El nematodo del género *Rotylenchulus* sp, parasita a gran variedad de plantas cultivadas y árboles frutales, en donde se encuentra ampliamente distribuido. Es un semiendoparásito sedentario que se alimenta del tejido cortical del floema provocando una decoloración de las raíces, secado y pérdida de las hojas en última instancia (Rebois, 1970).

Los que afectan a las plantas -“fitoparásitos”- poseen simetría bilateral y una estructura llamada estilete en la parte anterior del cuerpo.

El estilete es una estructura protráctil (que puede extenderse hacia afuera) y hueca que le permite al nemátodo penetrar la raíz, así como perforar las células vegetales y extraer los nutrientes. Además, produce heridas, lo que facilita la entrada de hongos y bacterias causando enfermedades como podredumbre de la raíz y marchitamientos vasculares.

Aunque los nemátodos sobreviven en casi todos los hábitats, son esencialmente acuáticos. Las especies *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Nacobbus* presentan dimorfismo sexual. La temperatura del suelo, el grado de humedad y de aireación afecta al movimiento y supervivencia de los nemátodos en el suelo. Aparecen en mayor abundancia en el nivel del suelo comprendido entre 15 y 30 cm. La distribución de los nemátodos en los suelos cultivados es usualmente irregular y es mayor en o alrededor de las raíces de las plantas susceptibles que en ocasiones alcanzan profundidades considerables (30-150 cm o más).

La mayor concentración de nemátodos en la región de las raíces se debe a su mayor tasa de reproducción por la disponibilidad continua del alimento y también a un proceso de atracción de los nemátodos por determinadas sustancias liberadas en la rizosfera (Guzmán, 2009).

La dispersión de los nemátodos a través del suelo por sus propios medios es lenta y muy limitada, de tal forma que la distancia máxima cubierta por un nemátodo probablemente no excede unos pocos metros por estación. Dentro del suelo se mueven más rápidamente cuando los poros están recubiertos por una fina película de agua (de pocos mm de espesor) que cuando el suelo está totalmente saturado de agua. Además de por su propio movimiento, los nemátodos se dispersan también fácilmente por cualquier medio que mueva y pueda transportar las partículas de suelo.

La maquinaria agrícola, irrigación, aguas de drenaje o inundaciones, patas de animales, pájaros y tormentas de polvo dispersan a los nemátodos en áreas locales, mientras que en grandes distancias los nemátodos se dispersan primariamente con los productos de las explotaciones agrícolas y las plantas de vivero (Guzmán, 2009)

1.2.7. Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo del cacao

Meloidogyne spp.

Las especies de *Meloidogyne* (nemátodo agallador de la raíz) son endoparásitos sedentarios. Su reproducción ocurre solamente cuando el segundo estadio larval infectivo penetra en las raíces u otras partes subterráneas de una planta apropiada, migra por el interior de las raíces sin romper las células, e inicia el desarrollo de células gigantes en las cuales pueda alimentarse y desarrollarse hasta convertirse en hembras que producen huevos. Los huevos eclosionan dando origen a una nueva generación de larvas infectivas del segundo estadio (Taylor y Sasser 1983).

Este género se considera de gran importancia para el cultivo del cacao, estudios de nocividad han demostrado que la progresión de los daños ha significado pérdidas en rendimientos superiores al 60% en campos de producción afectados (Fernández *et al.* 1993). Este género destruye completamente la raíz del cacao, la planta no forma raíces nuevas, quedando las raíces gruesas, las que tienen una capacidad muy limitada para la absorción de agua y nutrientes (Jaehn 1990). A diferencia de otros géneros *Meloidogyne* posee una característica muy peculiar, (formación de agallas) a simple vista son fáciles de identificar; inicialmente de color blanco, pero después se tornan parduzcas (Teliz *et al.* 1993).

En cuanto a la parte aérea, los síntomas de una planta infestada con *Meloidogyne* son similares a los que presenta una planta con otro tipo de daño en las raíces, estos pueden ser; de acuerdo con Magunacelaya y Dagnino (1999).

Inhibición de la brotación, disminución del crecimiento y deficiencias nutricionales en forma de clorosis del follaje, ya que los nemátodos interfieren la producción y translocación de sustancias provenientes de las raíces, como las hormonas giberelinas y cito quininas, y también de sustancias que regulan la fotosíntesis Taylor y Sasser (1983).

Marchitez temporal a pesar de haber humedad adecuada en el suelo, debido al menor tamaño del sistema radical y a que los elementos vasculares en los nódulos se rompen y se deforman interrumpiendo mecánicamente el flujo normal de agua y nutrientes.

Finalmente disminución de la producción o pérdida de ésta.

Pratylenchus spp

Uno de los problemas de gran importancia en el cultivo de cacao, lo constituyen los nemátodos y en particular el nematodo lesionador *Pratylenchus spp* el cual se encuentra ampliamente distribuido en Centroamérica sobre el cultivo del café (Zhag y Schmitt 1995). El nemátodo lesionador, *Pratylenchus spp*, posee alrededor de 5 especies asociados al cultivo del cacao en todo el mundo (Morgan *et al.* 1992). En Nicaragua el género más abundante en la sexta región, tanto a nivel de vivero como de plantaciones, corresponde a *Pratylenchus* (García *et al.* 1990).

Los nemátodos pertenecientes a este género son endoparásitos migratorios altamente polífagos. Los adultos y juveniles de diferentes estadios migran constantemente desde y hacia el interior de las raíces, por lo que todos los estados del ciclo de vida, que generalmente dura 6 semanas, pueden llamarse infectivos (Magunacelaya y Dagnino 1990).

Se conocen como nemátodos lesionadores puesto que al alimentarse en el interior de las raíces desdoblan substancias vegetales como amigdalina, transformándola en ácido cianhídrico (HCN), que provoca las lesiones necróticas. Por esto, pueden causar daños en el hospedero en un medio estéril por sí mismo, sin la intervención de otro patógenos, como hongos y bacterias. El daño ocasionado por la alimentación y migración intracelular se manifiesta como oscurecimiento de raíces y reducción o ausencia de raicillas finas (Magunacelaya y Dagnino 1999).

En cuanto a síntomas aéreos en la planta éstos incluyen defoliación temprana disminución de la producción, de uniformidad y muerte temprana del cultivo (Mcfadden- Smith *et al.* 1998). Los síntomas pueden ser fácilmente enmascarados o confundidos con aquellos producidos por otros patógenos del suelo o con factores abióticos que causan estrés. Los daños pueden afectar seriamente estados iniciales de las plantas en vivero o cuando son trasplantadas en el campo (Pinochet *et al.* 2000).

En general estos nemátodos atacan el cortex de las raíces (Davide 1996). Las raíces afectadas tienden a tornarse de color pardo claro a negro, como consecuencia de la destrucción del tejido cortical de las raíces laterales (Pinochet y Ventura 1980).

Rotylenchulus spp

Los miembros de este género son ectoparásitos migratorios de la raíz, las raicillas son las que se observaron más fuertemente afectadas (Raski y Golden 1965). Según Campos *et al.* (1990), el cacao no desarrolla bien en campos infestados por este género.

Los nemátodos del género *Rotylenchulus sp.*, o nemátodos reniformes como comúnmente se les llama son semiendoparásitos sedentarios. Su ciclo de vida, es único en donde los nemátodos salen después de eclosionar del huevo en el estadio J2 y que a través de cuatro mudas dan paso para la hembra inmadura en el suelo sin alimentación (Bridge & Starr, 2010). Los estados juveniles, machos y hembras inmaduras se encuentran en el suelo. El estadio J4 o juvenil 4 es el estado infectivo del nematodo, en donde penetra las raíces y se convierte en sedentario. La reproducción sin la presencia de machos es muy común dentro de las poblaciones de especies de *Rotylenchulus* (Shurtleff & Averre, 2000).

Entre los daños ocasionados por *Rotylenchulus spp*; achaparamiento de la planta, amarillamiento de las hojas, pérdida de vigor, pudrición y pérdida de peso del sistema radical y aparición de numerosas lesiones necróticas pequeñas (Crozzoli y Casassa 1990).

Se pueden distinguir tres tipos de daños directos que el nemátodo puede ocasionar a las raíces:

Mecánico; destrucción de células, dejando huecos en las raíces.

Químico; inyección de enzimas digestivas.

Remoción; contenido celulares, hace más susceptible al ataque por otros organismos patógenos.

1.2.8. Etapas de su ciclo biológico

El ciclo vital de la mayoría de los nematodos patógenos de plantas transcurre en el suelo. *Meloidogyne spp.* tarda aproximadamente tres a cuatro semanas en el verano y en invierno

este período se puede extender hasta siete semanas. La duración del ciclo de vida es dependiente de la temperatura y aumenta a medida que la temperatura del suelo disminuye.

Además, la susceptibilidad del hospedante y la especie de nemátodo involucrada en la interacción son factores importantes (Guzmán, 2009).

Muchos nemátodos viven libremente en el suelo, alimentándose de las raíces y tallos subterráneos, pero incluso en los parásitos especializados sedentarios, los huevos, las edades juveniles preparásiticas y los machos se encuentran en el suelo durante toda o parte de su vida.

El “*Meloidogyne spp*”, nemátodo de las agallas pasa por cuatro estadios juveniles antes de convertirse en adulto:

La primera muda o cambio de cutícula se produce en el interior del huevo. En la segunda etapa juvenil se produce la eclosión del huevo y se va al suelo o penetra directamente en una raíz. En esta etapa miden aproximadamente 0,3 a 0,5 mm y pueden variar con la especie de *Meloidogyne* (Guzmán, 2009).

La segunda etapa es la forma infectiva del nemátodo de las agallas que se mueve a través de las partículas del suelo y va a las raíces de las plantas huéspedes.

Por lo general la penetra la punta de la raíz y migra entre las células para establecer un sitio de alimentación. En este momento se convierte en un endoparásito sedentario. Las secreciones producidas por nematodos en la glándula esofágica estimulan la formación de células gigantes en la raíz, que proporcionan nutrientes para los nematodos.

Los nemátodos se incrementan rápidamente en tamaño y pasan por la muda convirtiéndose en 3ª y 4ª y pasan a adultos.

Una hembra produce durante el ciclo de vida cientos de huevos que pueden alcanzar más de 2000. Estos son depositados en masa fuera de las raíces en la superficie de las agallas que están atrapados y protegidos por un mucílago contra la desecación y otras condiciones adversas (Guzmán, 2009).

Los machos migran fuera de la raíz y no se alimentan. La supervivencia de nemátodos de las agallas y finalización de su ciclo de vida depende del exitoso crecimiento de la planta huésped y las condiciones ambientales.

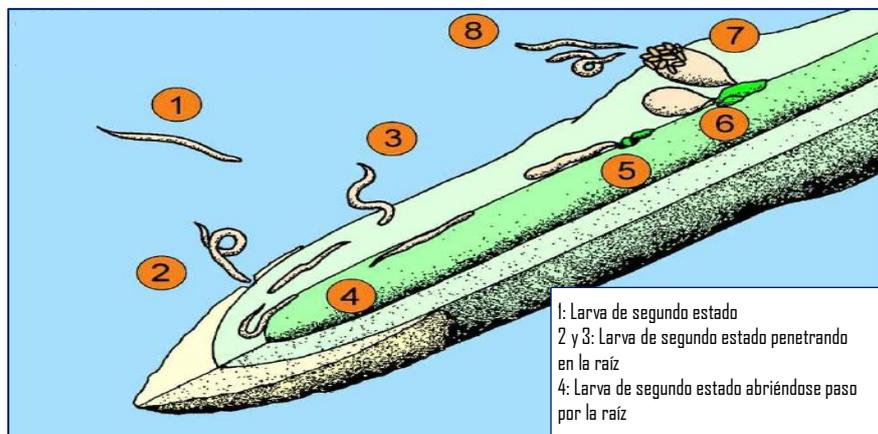


Figura 1: Ciclo de vida del nemátodo *Meloidogyne* spp (Guzmán. 2009)

1.2.9. Factores biológicos, físicos y ambientales facilitan la aparición y evolución de la plaga

El desarrollo de los nemátodos en el suelo está influenciado por suelo impropriadamente tratado por la humedad, la aireación y temperatura del mismo, plantas en contacto con la tierra y material de propagación vegetativa infectado (CIA. 2006).

Las condiciones favorables son: suelos ligeros con buena humedad y temperatura óptima de 25 a 30°C son ideales para el crecimiento y desarrollo de *Meloidogyne*.

Temperaturas inferiores a 15°C o superiores a 33°C interrumpen el desarrollo de las hembras que no llegan a completar su madurez. Los nemátodos foliares y del tallo son típicamente introducidos en el invernadero en los esquejes y plantas enraizadas; son más perjudiciales cuando los cultivos de invernadero son infectados al principio del ciclo de producción debido al uso generalizado de los medios de cultivo sin suelo, se propagan por las herramientas y la maquinaria agrícola manchadas por partículas de suelo contaminadas (CIA. 2006).

En el campo las enfermedades causadas por nemátodos se suelen manifestar con producir síntomas característicos en el sistema radicular como agallas, lesiones necróticas en las

raíces, proliferación de raíces secundarias y pobre crecimiento radicular, lo que se traduce en clorosis y en general plantas débiles con pobre crecimiento.

En cuanto a los síntomas causados por los nemátodos que atacan partes aéreas, se observan manchas foliares, putrefacciones y distorsiones en cuello y bulbos, así como agallas en las flores. Necrosis del xilema y marchitez en plantas leñosas (CIA. 2006).

1.2.10. Alternativas del control y manejo de esta plaga

La prevención es la mejor manera de controlar los patógenos del suelo, especialmente los nemátodos. Es conveniente evitar la contaminación de lotes mediante la limpieza de máquinas e implementos con partículas de suelo adheridas a los neumáticos, herramientas y zapatos, y el uso de semillas procesadas sin partículas del suelo ya que se pueden propagar nemátodos a zonas limpias (Guzmán, 2003).

El uso de fuertes chorros de agua para desinfectar es eficaz para prevenir la propagación de estos organismos. Además, utilizar -si es necesario- plántulas libre de nemátodos y evitar plantar en ocasiones de altas temperaturas y las precipitaciones.

Con respecto a métodos de control, tienen como objetivo principal reducir o mantener las densidades de población de nemátodos en niveles bajos que no causen pérdidas económicas.

El límite de tolerancia y el umbral económico, dependen de las condiciones agronómicas y ambientales locales, por lo que el éxito de un sistema predictivo estará supeditado a la existencia de datos locales sobre las pérdidas causadas por estos patógenos (Guzmán, 2003).

Una combinación de tratamientos biológicos y químicos es el enfoque más exitoso para un control eficaz de nemátodos y se convierte en la clave para desarrollar una estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en los cultivos. Es ideal asegurar el equilibrio biológico, integrando múltiples medidas de control, principalmente no químicas que preserven el ambiente y contribuyan a la sostenibilidad del modelo productivo.

El éxito dependerá de la selección y combinación adecuada de las tácticas que se adapten a cada situación.

La elección de la estrategia correcta de manejo consiste es en primer lugar una oportuna toma de muestras del suelo para determinar qué nemátodos (especies y razas) están presentes en el campo y controlar los niveles de población de estos parásitos.

Las alternativas de manejo abarcan herramientas de control físico, control químico, control biológico y control cultural a través de rotación de cultivo, haciendo un manejo del suelo con nivel adecuado de materia orgánica, la cal y la fertilización equilibrada, evitando la compactación y el uso de cultivares de soja resistentes (Guzmán, 2003).

Control físico

Consiste en la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, radiación solar, que resulten letales para los nemátodos. El fundamento es que los nemátodos sólo pueden desarrollarse y sobrevivir dentro de ciertos límites de intensidad de los factores físicos ambientales; más allá de los límites las condiciones resulta letales.

Vapor: Es una tecnología muy cara, por lo que es usualmente aplicada a pequeñas áreas como invernaderos. Su uso para el manejo de nemátodos en Argentina y Ecuador.

Solarización: Consiste en cubrir el suelo húmedo con plástico transparente y dejarlo expuesto al sol por varias semanas. La temperatura del suelo se eleva a niveles de 40-50°C, letales para los fitonematodos. Ha mostrado resultados variables. En países con clima cálido, su combinación con otras tácticas de control ha sido exitosa.

Inundación: Un alto contenido de agua limita las disponibilidades de oxígeno y reduce la actividad de los nemátodos. En los campos inundados la materia orgánica sufre descomposición, desarrollándose sustancias letales, tales como el ácido butírico, propiónico y el sulfuro de hidrógeno, que actúan como verdaderos nematicidas. Se considera alternativa poco práctica. Su combinación con la aplicación de compost ha demostrado ser efectiva en el control de poblaciones de *M. arenaria*. Es uno de los métodos más usados en áreas donde se cultivan berenjenas, tomates, fresas y pepinos (Agrios, 1991).

Control cultural

Entre las principales prácticas culturales para el manejo de nemátodos fitoparásitos se encuentran: rotación de cultivos, barbecho, cultivos trampa, cultivos de cobertura, enmiendas orgánicas, biofumigación, cultivares resistentes e injertos (Navas, 1992).

Rotación de cultivos: La rotación de cultivos es una de las prácticas más importantes, eficiente y constituye la práctica más usada en la reducción de poblaciones de nemátodos

Consiste en la plantación de cultivos sucesivos que son no-hospedantes, pobres hospedantes o cultivos trampa, para las plagas dianas. La rotación de cultivos con cultivos que no alojan un patógeno particular, tiene por objeto eliminar la totalidad o parte de estos organismos al restar su comida.

En los casos de siembras consecutivas con plantas huésped, dos o tres años, en la misma zona donde hay incidencia de nemátodos de las agallas-, puede haber una explosión en los niveles de población de estos organismos, invalidando así la zona de los cultivos subsiguientes.

La rotación de cultivos es complicada para *M. incognita* son más de 1000 especies conocidas de plantas huésped. Por lo tanto, en las zonas infestadas con *M. incognita* sugiere la rotación con maní (*Arachis sp.*), *Brachiaria* (*Brachiaria spp.*), (*Crotalaria spectabilis*) y el ricino (*Ricinus communis L.*).

Su efectividad depende de la selección adecuada de la secuencia de cultivos a emplear, a partir de la identificación de especies y razas de nemátodos presentes, así como sus niveles poblacionales.

Barbecho: Consiste en dejar el suelo sin cultivar por un cierto período, principalmente durante los meses de primavera y verano, removiéndolo en forma periódica.

Cultivos trampa: Es una técnica muy útil para eliminar una parte de la población de nemátodos endoparásitos sedentarios tales como *Meloidogyne spp.* Consiste en sembrar un hospedante susceptible, dejarlo crecer por un período de tiempo y eliminarlo antes de la formación de las masas de huevos, es importante eliminar y destruir todas las raíces antes de la siembra del siguiente cultivo.

Cultivos de cobertura: Siembra de un cultivo no comercial, que a un nivel dado de madurez se incorpora al suelo como residuos verdes secos.

Enmiendas de suelo: Las enmiendas orgánicas como el compost y residuos de cultivos pueden controlar patógenos del suelo. Con su adición aumentan considerablemente los enemigos naturales de los nemátodos parásitos, lo cual reduce los niveles de infestación en forma satisfactoria.

Biofumigación: Se define como la acción de sustancias volátiles producidas por la degradación de la materia orgánica para el control de las plagas del suelo. Generalmente, cualquier material orgánico puede actuar como biofumigante dependiendo su actividad principalmente de la dosis y del método de aplicación. Su práctica está limitada por la adición de grandes cantidades de materia orgánica al suelo ($>50 \text{ t ha}^{-1}$), por la disponibilidad de la misma y los costos de transporte.

Cultivares resistentes: El uso de cultivares resistentes ofrece ventajas para el manejo de nemátodos en los sistemas de rotación ya que permite la inclusión de cultivos de mayor importancia económica para los productores.

Injertos: Consiste en usar patrones resistentes en cultivos anuales y perennes susceptibles para el control de patógenos del suelo

Control químico

Se utilizan nematicidas, fumigantes y no fumigantes. Los nematicidas fumigantes son en su mayoría compuestos que actúan en la fase gaseosa del suelo, eliminando gran parte de los organismos vivos, son fitotóxicos de efectos irreversibles por lo que deben aplicarse en pre-plantación, bien como gas inyectado o como productos precursores, que al descomponerse producen gas. Son tóxicos e impactantes al ambiente (Navas, 1992).

Los no fumigantes son, en su mayoría, organofosforados y carbamatos que afectan al sistema nervioso del nematodo, impidiendo su alimentación; no son fitotóxicos, por lo que pueden aplicarse una vez implantado el cultivo; su efecto es reversible, son menos agresivos con el ambiente, de fácil manipulación y algunos son sistémicos; no eliminan totalmente las poblaciones de nemátodos, sino que las mantienen a niveles tolerables (Navas, 1992).

Control biológico

Abarca el fortalecimiento del control natural, la introducción de especies no nativas y el uso de plaguicidas derivados de animales, plantas, hongos, bacterias y virus para prevenir, repeler, eliminar o bien reducir el daño causado por las plagas.

Entre los principales grupos microbianos con potencialidades como agentes de control biológico de nematodos formadores de agallas se encuentran las bacterias y los hongos. Las raíces de maíz, soja, algodón y hortalizas son fuente atractiva de nutrientes para los nematodos. Existen productos para tratamiento de semillas que contienen la bacteria *Bacillus firmus* porque crea una barrera viva de protección de la raíz joven y limita la capacidad que el nematodo la alcance y le cause daños. Además las plantas crecen mejor durante toda la temporada de crecimiento y en general son más resistentes a los factores que causan stress como calor o sequía (Navas, 1992).

1.2.11. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima, cuya relación del transcurso climático y el periodo vegetativo nos permite establecer los calendarios agroclimáticos.

La práctica del cultivo bajo sombra influye significativamente en el microclima de la plantación, principalmente en la radiación solar, viento y la humedad relativa, sin dejar de lado los factores del suelo, como la nutrición mineral, incidencia de plagas y enfermedades que influyen en el crecimiento y desarrollo que se debe considerar en forma integral.

Las interacciones que existen entre la planta y el medio ambiente son difíciles de entender para mejorar el medio en que crece el cacao. Como un cultivo de trópico húmedo, el cacao es comercialmente cultivado entre las latitudes 15° N. y 15° S. del Ecuador. Excepcionalmente se encuentran en las latitudes sub tropicales a 23° y 25°S.

Cuando se define un clima apropiado para el cultivo de cacao generalmente se hace referencia a la temperatura y la precipitación (lluvia), considerados como los factores críticos del crecimiento. Así mismo, el viento, la radiación solar y la humedad relativa afectan muchos procesos fisiológicos de la planta (Paredes, 2003).

Entre los factores que tienen mayor importancia en el cultivo destacan los siguientes:

Precipitación

El cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo.

La precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2,600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao (Paredes, 2003).

Temperatura

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grado en la intensidad de floración (menor intensidad). Así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta

La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes:

Mínima de 23°C

Máxima de 32°C

Optima de 25°C

Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao.

La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye.

Por su parte altas temperaturas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción, por lo que se recomienda proteger el suelo con la hojarasca existente.

Del mismo modo, la rápida descomposición de la materia orgánica en el suelo a través de la oxidación y en presencia de la humedad está determinada por la temperatura (Paredes, 2003).

Viento

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta.

En las plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de hojas.

En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg., y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes.

Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg no se observa dicho problema (Paredes, 2003).

Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al Ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1,000 a 1,400 msnm.

La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario.

Luminosidad.

La luz es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo del cacao especialmente para la fotosíntesis, la cual ocurre a baja intensidad aun cuando la planta este a plena exposición solar.

En la etapa de establecimiento del cultivo de cacao es recomendable la siembra de otras plantas para hacer sombra, debido a que las plantaciones jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares.

Para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta (Paredes, 2003).

1.2.12. El cacao

Origen

El origen de esta especie probablemente en la región amazónica (cuenca alta del río Amazonas) y comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil. En esta región es donde se presenta la mayor variación de la especie. Se extendió de Sudamérica hasta México, pero no se sabe si su dispersión se dio naturalmente o con la ayuda del hombre. El género *Theobroma* se encuentra en estado natural en los pisos inferiores de las selvas húmedas de América tropical y prospera mejor entre los 18°N y 15°S del Ecuador a una altitud inferior a 1250 m (Avendaño et al. 2011).

Clasificación taxonómica

Según Avendaño et al (2011), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Dilleniidae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Malvaceae
Subfamilia	:	Byttnerioideae
Género	:	Theobromeae
Especie	:	T. cacao

Morfología

Según (Avendaño et al.2011), el cacao es una especie diploide ($2n=20$ cromosomas), de ciclo vegetativo perenne. Linneo en 1753, primero ubicó el género *Theobroma* en la familia Tiliaceae. Después considero que podría ser incluido en la familia Esterculiaceae, y actualmente es incluido en la familia Malvaceae. *Theobroma cacao* es una de las 22 especies del género *Theobroma*. Originaria de Sudamérica y Partes de Centroamérica.

A continuación se describen las características de la planta del cacao:

Árbol

Alcanza alturas hasta de 20m presenta un tronco recto que se puede desarrollar de formas muy variadas. El árbol de cacao proviene de semilla, emite su primera ramificación entre los 0.80 m a 1.20m de tres a seis ramas. Si se deja a libre crecimiento, el árbol emite chupones cerca del molinillo, que luego forman un segundo piso.

Raíz

El árbol de cacao proveniente de semilla, tiene una raíz pivotante principal, que puede crecer entre 1.20 m y 1.50 m dependiendo de las características del suelo. En los primero 20 a 25 cm, desde la corona radical se desarrolla la gran cantidad de raíces laterales o secundarias que dan origen a terciarias y estas a su vez, cuaternarias y así sucesivamente. Puesto que cerca del 80% a 90% de las raíces se encuentran en esta sección, cualquier tipo de cultivo o labor al suelo mal empleado puede dañarlas. Los arboles provenientes de estacas no forman raíz pivotante principal, pero forman de dos a tres raíces laterales secundarias, que penetran en el suelo a una profundidad parecida a la que llega la raíz principal y desempeñan una función similar a ésta (Larrea, 2007).

Hoja

Las hojas tienen características propias dependiendo del tallo en que se originan. Las hojas del tronco ortotrópico comúnmente poseen un peciolo largo (7cm a 9cm) con dos pulvinos, uno en la inserción del tallo y otro inmediatamente abaje la lámina, lo cual permite que la hoja se oriente respecto a la luz. Las hojas de las ramas de abanico son de peciolo con un pulvino menos marcado. La distribución de las hojas en el tronco tienen una filotaxia de

3/8, es decir, que a la tercera vuelta la primera y la octava están en el mismo plano; mientras que las de las ramas, están en espiral (Larrea, 2007)

Inflorescencia

Las inflorescencias se localizan en el tallo y ramas principales (cualiflor) en la base de las hojas, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja caer. Con el transcurso del tiempo, en los sitios de origen se produce un engrosamiento secundario que recibe el nombre de cojinete floral. El número de flores por el cojín varía dependiendo del genotipo y del sistema de cultivo. la floración generalmente se inicia pasados los tres años de edad, aunque existe material híbrido interclonal en el cual la floración ocurre entre los 14 y 18 meses de edad (Larrea, 2007).

Flor

Las flores están sostenidas por pequeños pedicelos, unidos al eje en una cima monocacial o bipara por medio de una zona de abscisión, que permite el desprendimiento de la flor cuando ya ha sido fecundada. La flor inicia su apertura generalmente por la tarde, aproximadamente a las 17 horas; la velocidad de apertura depende del ambiente, entre más seco y con luz brillante es más rápida (Larrea, 2007).

Fruto

El fruto es el resultado de la maduración del ovario, que una vez fecundado es una baya indehisciente con tamaños que oscilan de 10 cm a 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica ovada esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde en estado inmaduro, características que depende del genotipo (Larrea, 2007).

Semillas

Así como en el fruto las semillas son poliformas, varían en elipsoides, ovoides a amigdaloides (forma de almendras) de sección redondeada e irregularmente comprimidas el número de semillas por fruto es un carácter muy variable y al parecer está altamente influenciado por el ambiente (Larrea, 2007).

1.2.13. Requerimiento de suelos para el cultivo del cacao

El crecimiento y la buena producción del cultivo de cacao no solo dependen de la existencia de las buenas condiciones físicas y químicas en los primeros 30 cm de profundidad del suelo, donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces fisiológicamente activas encargadas de la absorción de agua y nutrientes; sino también de las buenas condiciones físicas y químicas de los horizontes o capas inferiores del suelo que permitan una buena fijación de la planta y un crecimiento sin restricciones de la raíz principal que puede alcanzar hasta los 1.5 metros de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten.

Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta.

Los suelos de color negruzco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados. Otra característica es que debe poseer un subsuelo de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad.

La profundidad del suelo es uno de los factores que determina la cantidad de agua susceptible de ser almacenada en el suelo y puesta a disposición de las plantas. En regiones donde las precipitaciones superan los 3,000 mm la profundidad efectiva a considerar es de 1.00 m., que asegura la fijación estable de la planta y al mismo tiempo un suministro adecuado de agua a las raíces. Sin embargo, en regiones con épocas secas prolongadas es conveniente considerar un límite mínimo de profundidad en 1.50 m para que de esta manera se pueda aumentar el suministro de agua a las raíces (Lama, 2003).

Drenaje

Está determinado por las condiciones climáticas del lugar, la topografía, la susceptibilidad del área a sufrir inundación y la capacidad intrínseca del suelo para mantener una adecuada retención de humedad y disponer de una adecuada aireación.

Existen problemas de drenaje interno por disposición de texturas en el perfil del suelo. Cuando hay texturas arcillosas en el subsuelo, estas no permiten el rápido movimiento del agua originando procesos de óxido reducción que ocasionan la aparición de moteaduras (Lama, 2003).

pH del suelo

Es una de las características más importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos.

El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5 hasta el pH de 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (Lama, 2003).

Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo y a través de ésta a la planta. Su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación. Así mismo, favorece la estructura del suelo posibilitando que éste se desmenuce con facilidad. Al mismo tiempo, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de las lluvias. Otro factor importante de la materia orgánica es que constituye el alimento de los micro elementos del suelo que participan en forma activa en la formación y desarrollo del suelo. Producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo se obtiene el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio (Lama, 2003).

Topografía

Es otro elemento importante para el establecimiento de plantaciones de cacao, ya que una topografía accidentada impide la mecanización y la aplicación de técnicas modernas, además que estas zonas están sujetas a la erosión constante por efecto de las lluvias lo cual constituye un problema muy serio que ocasiona la pérdida de la capa arable del suelo. Con la finalidad de evitar que esto ocurra se deben realizar prácticas de conservación de suelos, como barreras vivas, barreras muertas, siembra a curvas a nivel, coberturas vegetales, etc.

Por lo general, en pendientes mayores al 15% las actividades agrícolas se realizan manualmente; en tanto que en pendientes menores se puede hacer uso de maquinarias y la aplicación de tecnologías moderna. Se ha podido observar que la incidencia de la moniliasis es menor en terrenos con pendientes menores al 15% (Lama, 2003).

1.3. Definición de términos básicos

Incidencia

Es el número o proporción de plantas enfermas de una población. Se expresa en número plantas o porcentaje de plantas afectadas dentro de un área. También puede ser el número de hojas, tallos y/o frutos que presentes síntomas (Cadenas, 2005).

Nemátodo

Son gusanos nematelmintos del superfilo Ecdysozoa. Estos animales disponen de aparato digestivo con forma de conducto recto, que ocupa toda la extensión del cuerpo (Hugot et al., 2001).

Testigo

Es un tratamiento especial del experimento y sirve como comparación de los tratamientos en prueba (De Mendiburu, 2004).

Tratamiento

Factor sometido a estudio y comparación en un experimento (De Mendiburu, 2004).

Repetición

Es una réplica de la aplicación de un tratamiento en otra unidad experimental bajo las mismas condiciones (De Mendiburu, 2004).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

Bolsas donde se depositó el sustrato más la ceniza, según tratamientos.

Tierra negra para la preparación del sustrato.

Tierra limo para la preparación del sustrato.

Tierra arcilla para para la preparación del sustrato.

Ceniza proveniente de la cascarilla de arroz la misma que fue utilizada como controlador de nemátodos.

Semillas de cacao para la obtención de plántones.

Palanas para remover la tierra y realizar la mezcla para el sustrato.

Carretilla para transportar la tierra y la ceniza para la preparación del sustrato.

Cucharones para el llenado de las bolsas con el sustrato.

Guantes como equipo de seguridad para el investigador.

Útiles de escritorio tales como cuaderno de campo, papel y lapiceros.

2.2. Métodos

La investigación de tipo aplicada fue conducida bajo un diseño completamente aleatorizado (Calzada, 1998), dado que se experimentó la cantidad de ceniza para el control de nematodos en los plántones de cacao. Este diseño tiene la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. ij

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

La población estuvo conformada por 500 plántones de cacao distribuidos entre los 5 tratamientos correspondiendo 100 plántones a cada tratamiento.

En cuanto al tamaño de la muestra, estuvo representada por 10 repeticiones de cada tratamiento haciendo un total de 50 plantones.

Los tratamientos considerados para el experimento fueron los siguientes:

Tratamiento 0: Sin ceniza

Tratamiento 1: Sustrato más 50 gramos de ceniza

Tratamiento 2: Sustrato más 100 gramos de ceniza

Tratamiento 3: Sustrato más 150 gramos de ceniza

Tratamiento 4: Sustrato más 200 gramos de ceniza

Se evaluaron los siguientes indicadores biométricos en cuanto a la incidencia del nematodo:

Altura de planta

Abultamiento en las raíces

Manchas en las hojas

En el cuaderno de campo se anotaron las incidencias de la investigación así como las características observables del experimento.

Se elaboraron fichas de evaluación para registrar cada uno de los indicadores biométricos.

Mediante el diagrama de campo se ubicaron los tratamientos en el terreno experimental.

Para la recolección de datos se utilizaron las siguientes técnicas:

Etapa Preliminar

Se recopiló información existente dando prioridad a los trabajos de investigación y a las referencias bibliográficas similar al tema de estudio. Fue necesario seleccionar y adquirir materiales y equipos importantes para el levantamiento de la información.

Etapa de Campo

Se instaló el vivero temporal en la municipalidad distrital de Soritor para empezar el trabajo experimental. Se preparó el sustrato para ser llenado en las bolsas con un peso aproximado

de un kilogramo cada una (tierra limo 500 gramos, tierra negra 330 gramos y tierra arcillosa 170 gramos). La ceniza se aplicó a cada bolsa con sustrato en dosis de 50, 100, 150 y 200 gramos.

Las evaluaciones de los parámetros biométricos se realizaron al cuarto mes de sembrado en vivero.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características biométricas de los plántones de cacao en crecimiento y desarrollo

Las características biométricas de los números de nódulos en las raíces en plántones de cacao de los diferentes tratamientos, obtenidos en la etapa de campo al cuarto mes de investigación (ver tabla 2).

Tabla 2

Número de nódulos en raíces de los plántones de cacao al cuarto mes

Muestras	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	2	4	3	2	3
2	7	5	2	0	3
3	5	3	1	2	2
4	8	4	3	1	0
5	6	4	4	2	4
6	7	5	3	3	4
7	7	4	4	0	3
8	8	2	2	3	2
9	7	3	2	1	3
10	9	4	0	3	4
Promedio	6.6	3.8	2.4	1.7	2.8

Según los resultados de la tabla 2, una de las características de las raíces de los plántones de cacao que están infectados por nemátodos son los nódulos en sus raíces, evidenciándose que el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) se presenta como el más eficiente controlador.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) de los números de nódulos en las raíces de plántones de cacao, obtenidos en la tabla 2, se detallan en la tabla 3.

Tabla 3

Análisis de varianza para número de nódulos en las raíces de plántones de cacao

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Cantidad de ceniza	146.32	4	36.58	20.05	2.58
Error	82.1	45	1.82		
Total	228.42	49			

Según los resultados de la tabla 3, existe diferencia significativa ($F > F$ crítico) entre las dosis de ceniza administrados a los tratamientos; es decir la ceniza está actuando de manera diferenciada en cuanto al control de nematodos reflejado en el número de nódulos que presentan las raíces.

La características biométricas de la altura de los plántones (en cm), de los diferentes tratamientos, obtenidos en la etapa de campo al cuarto mes de investigación (ver tabla 4).

Tabla 4

Altura (en cm) de los plántones de cacao al cuarto mes

Muestras	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	18	20	26	37	28
2	19	22	26	38	29
3	19	20	30	36	28
4	17	24	24	36	27
5	16	26	27	36	28
6	15	27	32	35	26
7	16	23	31	39	25
8	14	25	31	35	27
9	16	24	30	38	29
10	18	25	29	37	32
Promedio	16.8	23.6	28.6	36.7	27.9

Según los resultados de la tabla 4, las diferencias en la altura es una de las características de los plántones de cacao que están infectados por nemátodos, evidenciándose que el

tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) se presenta el mayor promedio en cuanto a la altura de los plántones de cacao.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) de la altura de los plántones (en cm) de plántones de cacao, datos obtenidos de la tabla 4, se detallan en la tabla 5.

Tabla 5

Análisis de varianza para la altura (en cm) de plántones de cacao al cuarto mes

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Cantidad de ceniza	2126.68	4	531.67	126.32	2.58
Error	189.4	45	4.21		
Total	2316.08	49			

Según los resultados de la tabla 5, existe diferencia significativa ($F > F$ crítico) entre las dosis de ceniza administrados a los tratamientos; es decir la ceniza está actuando de manera diferenciada en cuanto al control de nemátodos y que afectan a la altura.

Tabla 6

Número de manchas en hojas de plántones de cacao al cuarto mes

Muestras	Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	6	4	3	2	2
2	6	4	3	0	3
3	7	6	4	2	2
4	8	5	4	3	1
5	6	5	3	2	1
6	7	4	4	1	2
7	8	3	5	0	1
8	6	4	4	2	2
9	7	4	3	1	2
10	8	5	3	2	3
Promedio	6.9	4.4	3.6	1.5	1.9

La característica biométrica de número de manchas en las hojas de plántones de cacao, de los diferentes tratamientos, obtenidos en la etapa de campo al cuarto mes de investigación (ver tabla 6).

Según los resultados de la tabla 6, las manchas en las hojas es una de las características de los plántones de cacao que están infectados por nemátodos, evidenciándose que el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) se presenta el menor promedio en cuanto a hojas manchadas.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) del número de manchas en las hojas de plántones de cacao, datos obtenidos de la tabla 6, se detallan en la tabla 7.

Tabla 7

Análisis de varianza para número de manchas en las hojas de plántones de cacao al cuarto mes

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Cantidad de ceniza	188.12	4	47.03	68.05	2.58
Error	31.1	45	0.69		
Total	219.22	49			

Según los resultados de la tabla 7, existe diferencia significativa ($F > F$ crítico) entre las dosis de ceniza administrados a los tratamientos; es decir la ceniza está actuando de manera diferenciada en cuanto al control de nemátodos y que afectan a las hojas.

3.2. Nivel de incidencia de nemátodos en plántones de cacao (raíz)

Las características biométricas de incidencia de nematodos en las raíces de plántones de cacao, obtenidos en la etapa de campo al cuarto mes de investigación, se detallan en la tabla 8.

Tabla 8*Incidencia de los nemátodos en las raíces de plantones de cacao*

Tratamientos	Plantones muestreados	Plantones infectados	Porcentaje de incidencia
T ₀	20	19	95
T ₁	20	16	80
T ₂	20	14	70
T ₃	20	8	40
T ₄	20	10	50
Promedio	20	13.4	67

Según los resultados de la tabla 8, la mayor incidencia de nemátodos se da en el tratamiento testigo (95%), siendo el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) el que presenta menor incidencia (40%).

3.3. Cantidad óptima de ceniza en el sustrato elaborado para controlar la incidencia de nemátodos en plantones de cacao

En la siguiente tabla se puede apreciar la comparación del tratamiento testigo con el resto de tratamientos, mediante el método de Dunnett, donde la amplitud de límite de significación (ALS) es menor a todas las diferencias, obtenidos de la tabla 2, se detallan en la tabla 9.

Tabla 9*Prueba de Dunnett para determinar el tratamiento óptimo*

Comparaciones	Tratamiento	Tratamientos	Diferencias
	Testigo	experimentales	
T ₀ – T ₁	6.6	3.8	2.8>ALS
T ₀ – T ₂	6.6	2.4	4.2>ALS
T ₀ – T ₃	6.6	1.7	*4.9>ALS
T ₀ – T ₄	6.6	2.8	3.8>ALS
Tratamiento óptimo T ₃			

Nota:

$$ALS = D_{\alpha, k-1, v} (\sqrt{CME(1/n_0 + 1/n_i)})$$

$$ALS = 2.432 \sqrt{1.82(1/5 + 1/5)}$$

$$ALS = 2.08$$

Según los resultados de la tabla 9, con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) se presenta como óptimo para el control de nemátodos en las plantaciones de cacao; sin embargo, los tratamientos 1, 2 y 4 también son significativos, con lo cual se reafirma la eficacia de la ceniza como controladores de plagas.

3.4. Discusión de resultados

Características biométricas de plántones de cacao

En cuanto a las raíces, una de las características de las raíces de los plántones de cacao que están infestados por nemátodos son los nódulos en sus raíces. Al respecto el principal análisis realizado por Torrado y Castaño (2009), quienes confirman que los nemátodos en un 95% se encuentran en las raíces.

En este sentido la presente investigación se centró en las raíces, amparados en el estudio realizado por Torrado y Castaño, evidenciándose de manera significativa que el tratamiento 3 (ceniza al 15% en peso) se presenta como el más eficiente controlador. Este resultado es reforzado cuando realizamos un análisis de varianza, por cuanto se demostró que existe diferencia significativa entre las dosis de ceniza administradas a los tratamientos; es decir la ceniza actuó de manera diferenciada en cuanto al control de nemátodos reflejado en el número de nódulos que presentan las raíces.

En el estudio realizado por Torrado y Castaño (2009), el comportamiento de las poblaciones de nemátodos mostró una relación altamente significativa con el estado de desarrollo de las plantas, por lo que en la presente investigación se optó por estudiar la altura de las plantas, evidenciándose que el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) es el que presenta mayor promedio confirmándose al realizar el análisis de varianza

dado que la ceniza actuó de manera diferenciada en cuanto al control de nemátodos y que afectan a la altura.

Asimismo, una de las características de los plántones infectados por nemátodos con las manchas en las hojas. En la investigación realizada encontramos que cuando aplicamos el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) se presenta el menor promedio de hojas manchadas a hojas. Este resultado también se confirma al realizar el análisis de varianza donde se logró demostrar que la ceniza está actuando de manera diferenciada en cuanto al control de nemátodos y que afectan a las hojas.

Nivel de incidencia de nemátodos en plántones de cacao

Tal como lo afirma (Román, 1984), los nemátodos se pueden combatir efectivamente con métodos preventivos y fitosanitarios, el uso de variedades resistentes, el control biológico, las prácticas de cultivo y el uso de nematicidas. El control de nemátodos y del daño que causan se puede llevar a cabo previniendo la infestación, suprimiendo las poblaciones, mitigando sus efectos o por una combinación de todas estas acciones. En este sentido experimentamos en viveros mediante 4 tratamientos con diferentes dosis de ceniza proveniente de la cascarilla de arroz, en proporciones de 50, 100, 150 y 200 gramos por tratamiento; además contamos con un tratamiento testigo con fines de comparación.

Asimismo, otra característica importante de los plántones infestados por nemátodos son las manchas que presentan las hojas. En este sentido, por los resultados obtenidos y mostrados en la tabla 8 del presente informe, se puede deducir que la mayor incidencia de nemátodos se da en el tratamiento testigo (95%), dado que este tratamiento no contenía ceniza como controlador. Asimismo el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) el que presenta menor incidencia (40%). Esto es en lo referente a la presencia de nematodos en la raíz de los plántones de cacao.

Cantidad óptima de ceniza en el sustrato elaborado para controlar la incidencia de nemátodos en plántones de cacao

Experimentar con ceniza proveniente de la cascarilla de arroz como controlador de los nemátodos en las plantaciones de cacao revistió mayor importancia dado que la ceniza

contiene silicio dado que este elemento tiene mayor importancia por los beneficios que le provee a la planta, ya que puede controlar enfermedades a un grado similar que un fungicida y crea resistencia a la planta contra insectos y enfermedades, lo que representa una barrera excelente ante sus ataques, tal como lo refiere Quero (2007).

En este sentido, en la investigación realizada y según los resultados de la tabla 9, con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que el tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) se presenta como óptimo para el control de nemátodos en las plantaciones de cacao; sin embargo, los tratamientos 1,2 y 3 también son significativos, con lo cual se reafirma la eficacia de la ceniza como controlados de plagas.

CONCLUSIONES

La investigación que tuvo como objetivo general determinar la cantidad de ceniza para el control de la incidencia de nemátodos en plántones de cacao a nivel de repique en vivero, en el distrito de Soritor. Para tal efecto llevó a cabo un experimento que constaba de 4 tratamientos con diferentes dosis de ceniza proveniente de la cascarilla de arroz, en proporciones de 50, 100, 150 y 200 gramos por tratamiento, además de un tratamiento testigo llegando a las siguientes conclusiones:

El tratamiento 3 (sustrato más 150 gramos de ceniza) fue el más óptimo para combatir la infestación por nemátodos en las raíces de los plántones de cacao, para el crecimiento de los plántones y para combatir las manchas en las hojas. Asimismo se determinó que existe diferencia significativa en cuanto a las proporciones de ceniza por lo que actúan de manera diferenciada como controlador de nemátodos.

La mayor incidencia de nematodos se da en el tratamiento testigo (95%), dado que en este tratamiento no se utilizó la ceniza como controlador. Asimismo el tratamiento 3 presenta menor incidencia (40%) en lo referente a la presencia de nemátodos en la raíz de los plántones de cacao.

Con un nivel de confianza del 95% se concluye que el tratamiento 3 se presenta como óptimo para el control de nemátodos en las plantaciones de cacao; sin embargo, los tratamientos 1,2 y 3 también son significativos, con lo cual se reafirma la eficacia de la ceniza como controlador de plagas.

RECOMENDACIONES

A los estudiantes de la Facultad de Ecología se recomienda complementar la investigación realizada con estudios que relacionen otras variables y respecto a los controladores de plagas que no afecten el medio ambiente

A las autoridades de la Municipalidad Distrital de Soritor se recomienda difundir de manera más efectiva los beneficios que para el ambiente significa el uso de controladores de plagas dado que esta tarea involucra a todos.

A la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto promover la investigación de campo relacionada con el tema de los nematodos en cacao, aprovechando el gran laboratorio natural que nos ofrece la amazonia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, George N. Manual de enfermedades de las plantas. México: Limusa S.A. 1991. 661 p.
- ANDRADE, Francisco. Proyecto integral arroz. Manual del cultivo de arroz. Ecuador: INIAP, 2006. 161 p.
- AVENDAÑO, Carlos H. et al. Diagnostico del cacao en México. Mexico: Grupo Publicitario Imagen Digital, 2011. 78 p.
- CADENAS, Carlos A. Fitopatología General. Perú: Univesidad Nacional Agraria La Molina, 2005. 456 p.
- CALZADA, José. Métodos estadísticos aplicados a la investigación. Perú: Univesidad Nacional Agraria La Molina, 2005. 456 p.
- CALLAO Lopez, Frank Anthony. Evaluación de la cantidad de ceniza conteniendo silicio para disminuir el daño causado por *Spodoptera frugiperda* “cogollero” en *Oryza sativa* “arroz” en la ciudad de Moyobamba. Tesis para obtener el titulo de Ingeniero Ambiental. Peru: Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto, Facultad de Ecologia. 2014. 75p.
- COLOMA, Leyla M. Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y rendimiento del cultivo de arroz *Oryza sativa* L. Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2015. 74 p.
- CROZZOLIE, Renato y CASASSA, Ana M. (1990). Nemátodos fitoparasitos asociados al cultivo del guayabo en el estado de Zulia. Venezuela: Universidad Central de Venezuela, 1990. 6 p.
- DELGADO, Gina M. Evaluación de extractos vegetales y aplicación de silicio para el manejo integrado de enfermedades foliares e insectos - plaga en tomate (*lycopersicon esculentum* mill). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2010. 59 p.
- DE MENDIBURU, Felipe. Diseño y Análisis de experimentos Aplicados en investigación Agrícola. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2007. 74p.
- HUGOT, Jean P, BAUJARD, Pierre y MORAND, Serge. Biodiversity on helminths and nematodes as a fi eld of study an overview. Francia: Nematology, 2001. 10 p.

- FERNÁNDEZ, Carlos E. et al. Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central: Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1999. 96p.
- FURCAL, Parménides. Efecto del silicio en la fertilidad del suelo en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Costa Rica: Escuela de Agronomía sede San Carlos, 2012. 54 p.
- GARCÍA, Pablo., PANTOJA, Nelson G. Distribución y niveles poblacionales de nematodos asociados al cafeto en la VI región, Nicaragua. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, 1990. 131-134 p.
- LAMA, Demetrio A. Ecofisiología del Cultivo de Cacao. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, 2003. 17 p.
- LARREA, Giuliana C. Impactos socio ambientales del cambio de cultivo de coca a cacao en Mariscal Cáceres según agricultores. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2007. 75 p.
- LEÓN, Erika y PINCHAO, Ana. Evaluación del efecto de caldo de ceniza y purín de ajo y ají sobre las poblaciones de chrysomelidae (coleóptera) en la acacia bracinga (*paraserianthes lophantha*). Colombia: Universidad de Nariño, 2015. 56 p.
- JAEHN, Anario. Asesoría sobre nematodos de café en el área centroamericana. Guatemala: Promecafé, 1990. 17 p.
- MAGUNACELAYA, Juan C., DAGNINO, Elena. Nematología agrícola en Chile. Chile: Universidad de Chile, 1999. 282 p.
- MCFADDEN-SMITH, Wendy. Greenhouse evaluation of pronus rootstocks for resistance or tolerance to the root lesion nematode (*Pratylenchus penetrans*). Canada: Acta Horticulturae, 1998. 723-730 p.
- MARTÍNEZ, David. Materiales y materias primas. Argentina: Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2011. 33 p.
- MARTÍNEZ, Mónica. Fisiología vegetal. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014. 155 p.
- NAVARRO Bardales, Olivia., SAAVEDRA Rengifo, Liliana. Evaluación del volumen dispersado de los insecticidas caporal y cipermetox asperjados en plantas de cacao,

- y su efecto tóxico en el suelo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Peru: Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Facultad de Ecología, 2014. 136p.
- NAVAS, Alfonso., ESPÁRRAGO, Guadalupe. Nematofauna fitoparásita asociada a cultivos hortícolas y tabaco en regadíos de Extremadura. España: Nematropica, 1992. 303-317 p.
- PALACIOS, Nelson D. Uso de tres mejoradores de retención de nutrientes en el suelo. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2012. 94 p.
- PAREDES, Mendis. Rehabilitación - Renovación del cacao. Perú: Convenio USAID /Contradrogas, 2000. 37-46 p.
- QUERO, Gabriel. Funciones biológicas y respuestas fisiológicas en la nutrición vegetal con silicio. México: Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, 2007. 70 P.
- RAYA, Carlos y AGUIRRE, Cesar. El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. México: Instituto Tecnológico de Roque, 2012. 42-46 p.
- ROJAS González, Jardy Luis. Evaluación del crecimiento del café y cacao tratado con tres aplicaciones de biol, enriquecido con sustancias orgánicas en la producción de plántones en Lamas. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Peru: Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Facultad de Ecología, 2014. 78p.
- ROMÁN, Jessé. Fitonematología tropical. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Estación Experimental Agrícola Río Piedras, 1978. 256 p.
- RUGEL, Ricardo I. Estudio de cinco niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) variedad INIAP-15. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, 2016. 35p.
- SHURTLEFF, Malcom C y AVERRE, Charler W. Diagnosing Plant Diseases Caused by Nematodes: United States of America. The American Phytopathological Society, 2000. 188 p
- TAYLOR, Albert L y SASSER Josephine N. Biología, Identificación y control de los nematodos de nódulos de la raíz. Proyecto Internacional de *Meloidogyne*. Estados Unidos de América: Universidad de Carolina del Norte, 1983. 111p.

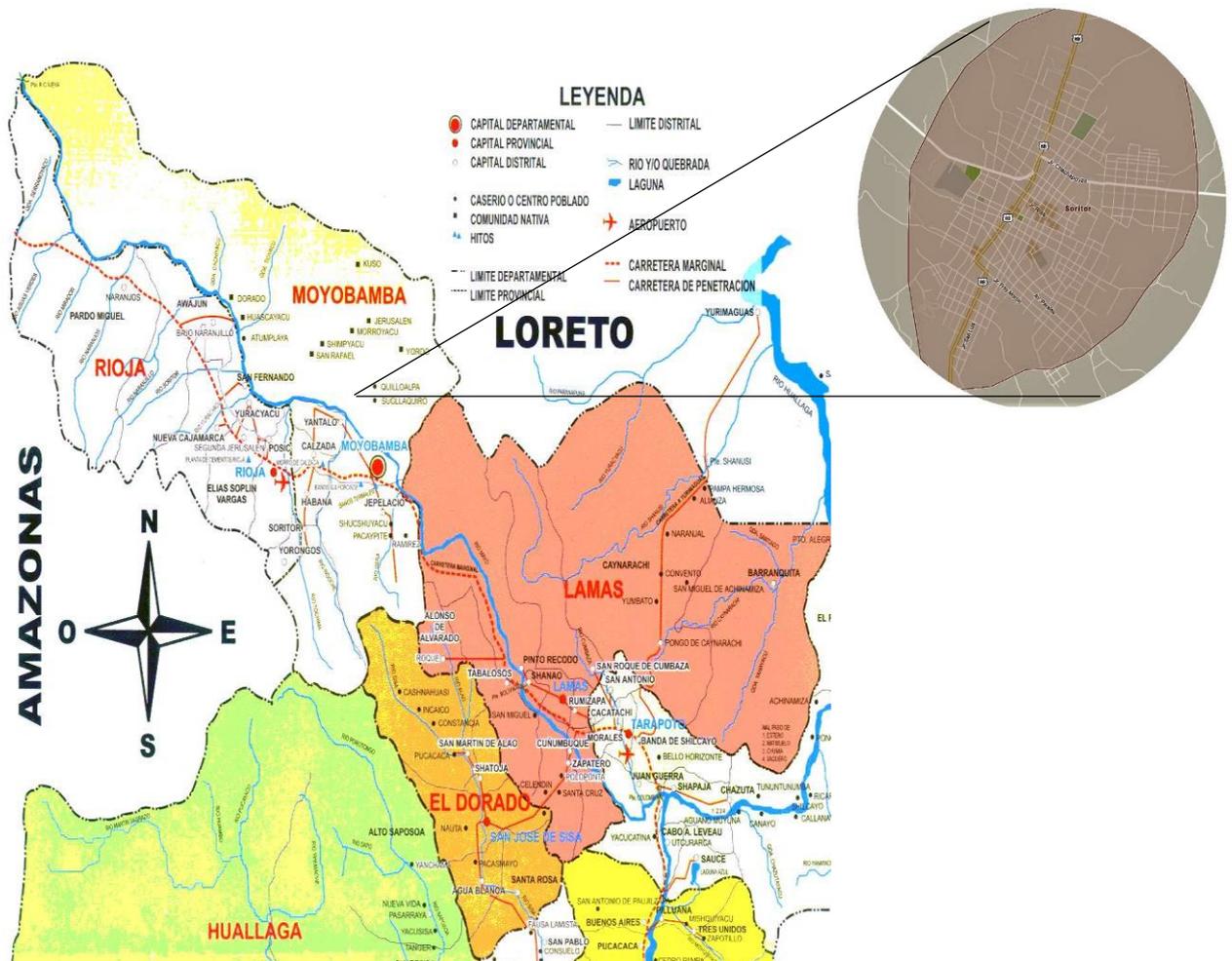
TELIZ, Orlando. Et al. La Corchosis del cafeto en México. Resúmenes XVI Simposio de caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua: IICA/PROMECAFE, 1993. 34 p.

TORRADO, Mayary., CASTAÑO, Jairo. Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. Colombia: Universidad de Caldas, 2009. 237-234 p.

ZHAG, Frengu y MEISNER, Marc. Potential for managing meloidogyne konaensis on de coffee in Hawai with ressistance and a nematicide. U. S. A: Journal of Nematology, 1995. 68-73p.

ANEXO 1

MAPA DE UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD DONDE ESTÁ UBICADO DEL CAMPO EXPERIMENTAL.



ANEXO 3

PANEL FOTOGRAFICO



Foto 1: Llenado de bolsas en vivero



Foto 2: Medición de plantones



Foto 3: Plantones con hojas dañadas