

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIDAD DE POSTGRADO**

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN VEGETAL



TESIS DE MAESTRÍA

**EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES MEJORADAS E
INTRODUCIDAS DE CAFÉ AL ATAQUE DE POBLACIONES DE NEMATODOS
Meloidogyne spp. EN LA PROVINCIA CARANAUI**

Postulante:

Ing. Agr. Juan Carlos Huarcacho Ninacanchi

Tutor:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

La Paz – Bolivia

2017

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
POSTGRADO

**“EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES MEJORADAS E
INTRODUCIDAS DE CAFÉ AL ATAQUE DE POBLACIONES DE NEMATODOS
Meloidogyne spp. EN LA PROVINCIA CARANAVI”**

*Tesis de Maestría presentado como requisito parcial para optar
el Título de Maestro en Producción Vegetal*

Ing. Agr. Juan Carlos Huarcacho Ninacanchi

Asesor:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Tribunal Examinador:

Ing. M.Sc. Celia María Fernández Chávez

Dr. Abul Kalam Kurban

Ing. M.Sc. Hugo Daniel Bosque Sanchez

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2017

DEDICATORIA

A Dios nuestro Señor Todopoderoso.

A mis padres Primitivo (Q.E.P.D.) y Felicidad.

Hermanos: Eddy Gonzalo, Nataly y mi cuñada Juana.

A mis sobrinas Edith Roció, Kimberly y Ana Valeria

AGRADECIMIENTOS

Hago presente mis más sinceros agradecimientos a los coautores del presente trabajo de investigación quienes colaboraron en la realización y cumplimiento del mismo.

Al Ing. Luis Alberto Bautista por su colaboración y sus aportes oportunos durante la elaboración del documento, un agradecimiento sincero y especial.

Un agradecimiento especial al Ing. Ph.D. David Cruz Choque, tutor del presente trabajo de investigación por las recomendaciones, revisiones oportunas y sobre todo por su apoyo desinteresado.

Al Ing. Sabino Apaza por el apoyo prestado durante la implementación del ensayo en sus predios del Municipio de Caranavi, Colonia Coronel Manchego.

A la Ing. Ms.C. Celia Fernández Chávez tribunal examinador, por las correcciones, consejos y apoyo motivador durante el desarrollo de la maestría.

Al Doctor Abul Kalam, por el tiempo prestado y ayuda en el desarrollo del trabajo de tesis de maestría.

Al Ing. M.Sc. Hugo Bosque, por las correcciones al presente trabajo.

Un agradecimiento especial a un gran amigo como es el Ing. Fredy Rojas, por su apoyo en la interpretación de los datos estadísticos en el presente trabajo de investigación.

A los compañeros de la maestría, por todos los momentos inolvidables compartidos durante el desarrollo de la maestría.

A los docentes del Post Grado de Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía, quienes fortalecieron mis conocimientos en los diferentes módulos de la maestría.

A Leysi por empuje y el apoyo constante para la culminación del presente trabajo.

RESUMEN

La introducción de variedades mejoradas de café, de alta producción y resistentes a la roya, como la Caturra, Catuaí, Cavimor, Catimor, Castillo y otras resistentes a nematodos en las dos últimas décadas mejora la producción. El mejor rendimiento de las variedades mejoradas se pudo comprobar en los años 1993/94, considerado de baja producción, las variedades mejoradas mantuvieron la producción normal, mientras que la variedad "Typica" bajó considerablemente su producción como consecuencia del medio ambiente adverso.

Entre una de las plagas presentes en el cultivo del café en la actualidad y de importancia económica a nivel mundial son los nematodos fitoparásitos de tamaño submicroscópico, los cuales causan alteraciones o daños en las raíces impidiendo la absorción eficiente de nutrientes por la planta y una disminución en la productividad de muchos cultivos.

De los nematodos que afectan al cultivo del café, la especie *Meloidogyne*, es la que tiene mayor distribución geográfica y la que más comúnmente se encuentra en mayor número en los países de Centro y Sur América (Zambolin, 2001).

La zona de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de La Paz-Bolivia, provincia Caranavi, Colonia Coronel Manchego, ubicada al Este del departamento de La Paz, entre las coordenadas geográficas de 67°30' de longitud Oeste y 16°15' de latitud Sur, a una altura de 605 m.s.n.m., con temperaturas que oscilan entre los 15 y 36°C (media anual), una precipitación pluvial media actual que fluctúa entre 900 y 1.500 mm. y humedad relativa del 75 % (Mapa Fisiográfico y Cartográfico del IGM).

Se utilizó la metodología propuesta por Taylor (1968), para evaluar el comportamiento de variedades mejoradas e introducidas de café al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* y así poder determinar el grado de resistencia de cada una de las variedades al ataque de las dos poblaciones de nematodos. El experimento se realizó

en dos fases, una de campo y otra de laboratorio. En la primera fase, se llegó a recolectar raíces infestadas con nematodos *Meloidogyne*, de plantaciones de café con este problema, para luego llegar a inocular en cada una de las variedades de café en estudio en el vivero implementado en las instalaciones de la Colonia Coronel Manchego de la Provincia Caranavi y así poder darle a los nematodos las mismas condiciones para su desarrollo. La segunda fase fue la de evaluación en laboratorio, donde se llegó a determinar el número de nódulos desarrollados por las dos poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en cada una de las variedades de café en estudio y ver el comportamiento de desarrollo de estos microorganismos en las variedades mejoradas e introducidas de café, mediante el número de nódulos desarrollados, diámetro de los mismos, y el número de huevos producidos.

Los resultados demuestran que en la evaluación realizada con relación al número de nódulos desarrollados en cada una de las raíces de las variedades de café en estudio, se pudo observar que las variedades de café Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 desarrollaron menor número de nódulos con promedios de 0.88 y 1.05 nódulos, las cuales fueron producidas por *Meloidogyne incognita* y no así por *Meloidogyne exigua*, llegando a considerárselas de esta forma como variedades muy resistentes al ataque de *Meloidogyne exigua* y no así a *Meloidogyne incognita*. El comportamiento mostrado por la variedad Catuai Rojo, la cual fue utilizada como testigo no fue el mismo que el de las variedades anteriormente mencionadas, llegándose a observar un promedio de 2.56 nódulos desarrollados en sus raíces, producidas tanto por *Meloidogyne exigua* como *Meloidogyne incognita*, catalogándosela como variedad susceptible al ataque de estas dos especies de nematodos *Meloidogyne spp.* La variedad de Café Castillo llegó a desarrollar nódulos en un promedio de 2.12 nódulos, clasificando como una variedad Ligeramente Resistente.

Con relación al diámetro de agallas, se pudo evidenciar diámetros mayores en las raíces de la variedad testigo como es la Catuai Rojo con promedios de 1.15 mm., donde se llegó a encontrar en el interior de dichos nódulos dos a tres hembras de *Meloidogyne exigua* y en otros nódulos presentes en la misma variedad se llegó a

identificar la presencia de *Meloidogyne incognita*, llegando a catalogársela como una variedad susceptible al ataque de estas dos especies de *Meloidogyne*. Por el contrario en las raíces de las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, se llegaron a encontrar nódulos de menor diámetro con promedios de 0.77 a 0.86 mm., en las cuales solo se encontraron una sola hembra de *Meloidogyne* perteneciente en la mayoría de los casos a la especie *incognita*, haciendo de esta forma que estas variedades sean catalogadas como variedades resistentes a *Meloidogyne exigua* y no así a *Meloidogyne incognita*. La variedad de café Castillo llegó a desarrollar nódulos con diámetros promedio de 1.1mm, donde se encontró la presencia de *Meloidogyne exigua*.

Con respecto al número de huevos desarrollados por cada una de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne* se llegó a observar un mayor número en la variedad Catuai Rojo con valores promedio de 11.51 huevos en por planta. Lo que no llegó a ocurrir con las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, donde se llegó a observar un menor número con valores promedio de 1.13 a 2.13 huevos por planta, concluyéndose que las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 mostraron una resistencia al ataque de *Meloidogyne exigua* al no permitir que esta especie complete su ciclo, permitiendo solo el desarrollo de larvas de *Meloidogyne incognita*, a la cual si llegó a mostrar susceptibilidad al permitir que estas completen su ciclo llegando a producir sus respectivas masas de huevos. La variedad de café Casillo llegó a presentar el desarrollo de huevos producidos por *Meloidogyne exigua* en número promedio de 7.29 huevos por planta.

Basados en el porcentaje de nódulos desarrollados por cada una de las poblaciones de *Meloidogyne*, se observó que las variedades de café Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, llegaron a adquirir clasificaciones propuestas por Taylor (1968) de variedades Muy Resistentes al ataque de *Meloidogyne*, no llegó a ocurrir lo mismo con la variedad de café Castillo, la cual llegó a adquirir la clasificación de Ligeramente Resistente, concluyéndose de esta forma que la variedades Amboro 2,

Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 poseen buenos niveles de resistencia al ataque de *Meloidogyne*, con relación a una variedad susceptible Catuai Rojo.

ABSTRACT

The introduction of improved coffee varieties, high production and rust resistant, such as Caturra, Catuaí, Cavimor, Catimor, Castillo and others resistant to nematodes in the last two decades improves production. The improved yield of the improved varieties was verified in the years 1993/94, considered of low production, the improved varieties maintained the normal production, whereas the variety "Typica" decreased considerably its production as a consequence of the adverse environment.

One of the pests present in coffee cultivation today and of economic importance worldwide are phytoparasitic nematodes of submicroscopic size, which cause alterations or damage to the roots, preventing the efficient absorption of nutrients by the plant and a decrease in the productivity of many crops.

Of the nematodes that affect the cultivation of coffee, the *Meloidogyne* species is the one with the greatest geographical distribution and the one that is most commonly found in the largest number in Central and South America (Zambolin, 2001).

The study area is located in the city of La Paz-Bolivia, Caranavi province, Colona Coronel Manchego, located east of the department of La Paz, between the geographical coordinates of 67 ° 30 'West longitude and 16 ° 15' South latitude, at a height of 605 meters above sea level, with temperatures ranging between 15 and 36 ° C (annual average), a current mean rainfall of between 900 and 1,500 mm. And relative humidity of 75% (Fisiographic and Cartographic Map of the IGM).

The methodology proposed by Taylor (1968) was used to evaluate the behavior of improved and introduced coffee varieties on the attack of nematode populations *Meloidogyne* spp. And thus be able to determine the degree of resistance of each of the varieties to the attack of the two populations of nematodes. The experiment was carried out in two phases, one field and one laboratory. In the first phase, it was possible to collect roots infested with *Meloidogyne* nematodes, from coffee plantations with this

problem, and then to inoculate in each of the varieties of coffee under study in the nursery implemented in the facilities of Colonia Coronel Manchego Of the Caranavi Province and thus be able to give the nematodes the same conditions for their development. The second phase was the one of evaluation in laboratory, where it was determined the number of nodules developed by the two nematode populations *Meloidogyne* spp. In each of the varieties of coffee under study and to see the development behavior of these microorganisms in the improved and introduced varieties of coffee, by the number of developed nodules, diameter of the same, and the number of eggs produced.

The results showed that in the evaluation carried out in relation to the number of nodules developed in each of the roots of the coffee varieties under study, it was observed that coffee varieties Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 developed a smaller number of nodules with averages of 0.88 and 1.05 nodules, which were produced by *Meloidogyne incognita* and not by *Meloidogyne exigua*, being considered in this way as varieties very resistant to the attack of *Meloidogyne exigua* and not to *Meloidogyne incognita*. The behavior shown by the variety Catuai Rojo, which was used as a control was not the same as that of the above-mentioned varieties, with an average of 2.56 nodules developed in its roots, produced both by *Meloidogyne exigua* and *Meloidogyne incognita*, cataloging them. As a susceptible variety to the attack of these two nematode species *Meloidogyne* spp. The variety of Café Castillo came to develop nodules in an average of 2.12 nodules, classifying as a Slightly Resistant variety.

In relation to the diameter of galls, larger diameters could be evidenced in the roots of the control variety, such as the Red Catuai with averages of 1.15 mm, where two to three females of *Meloidogyne exigua* were found within the nodules In other nodules present in the same variety, the presence of *Meloidogyne incognita* was identified and it was classified as a variety susceptible to the attack of these two species of *Meloidogyne*. On the contrary, in the roots of the varieties Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, were found to have smaller diameter nodules with averages of 0.77 to 0.86 mm, in which only a single female Of *Meloidogyne* belonging in most cases to the species

incognita, making this way that these varieties are cataloged as resistant varieties to *Meloidogyne exigua* and not to *Meloidogyne incognita*. The Castillo coffee variety was able to develop nodules with a mean diameter of 1.1 mm, where the presence of *Meloidogyne exigua* was found. With regard to the number of eggs developed by each of the populations of nematodes *Meloidogyne* was observed a greater number in the Catuai Red variety with average values of 11.51 eggs per plant. This did not occur with the varieties Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, where it was observed a smaller number with average values of 1.13 to 2.13 eggs per plant, being concluded that the varieties Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 showed a resistance to the attack of *Meloidogyne exigua* by not allowing this species to complete its cycle, allowing only the development of larvae of *Meloidogyne incognita*, which if it showed susceptibility to allow these complete their cycle getting to produce their respective masses of eggs. The Castillo coffee variety came to show the development of eggs produced by *Meloidogyne exigua* in an average number of 7.29 eggs per plant.

Based on the percentage of nodules developed by each of the populations of *Meloidogyne*, it was observed that the coffee varieties Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, came to acquire classifications proposed by Taylor (1968) of varieties Very resistant to the attack of *Meloidogyne*, the same did not happen with the variety of Castillo coffee, which came to acquire the classification of Slightly Resistant, thus concluding that the varieties Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 possess good levels of resistance to *Meloidogyne* attack, relative to a susceptible Catuai red variety.

CONTENIDO

INDICE GENERAL.....	ii - v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	viii

INDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivo específicos	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Producción de café a nivel mundial.....	6
2.2. Importancia del cultivo en la producción a nivel nacional.....	6
2.3. Características de la producción de café a nivel regional	7
2.3.1. Características de la producción de café en la región de Caranavi.....	8
2.3.2. Producción de café en la región de Caranavi.....	8
2.3.3. Variedades presentes en la región	9
2.4. Taxonomía del café.....	9
2.5. Variedades mejoradas de café	9
2.5.1. Características agronómicas de las variedades originadas a partir de los Sarchimores (Iapar-59 y Cepac 2)	10
2.5.1.1. Requerimiento de clima y suelo	11
2.5.1.1.1. Temperatura.....	11
2.5.1.1.2. Suelos	12
2.5.1.2. Productividad	12
2.5.1.3. Características genéticas de resistencia a enfermedades y plagas	12
2.5.1.4. Genealogía de la variedad Iapar 59 y Cepac 2.....	13
2.5.1.5. Principales nematodos parásitos que atacan a la variedad Iapar 59...	14
2.5.2. Características agronómicas de la variedad Castillo.....	15
2.5.2.1. Genética	15
2.5.2.2. Características agronómicas	15
2.5.3. Características agronómicas de la variedad Catuai.....	16
2.5.3.1. Morfología	16
2.5.3.2. Requerimiento de clima y suelo	18
2.5.3.2.1. Temperatura	18

2.5.3.2.2.	Suelo	18
2.5.3.3.	Productividad	19
2.5.3.4.	Susceptibilidad a nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	19
2.5.3.5.	Genealogía de la variedad Catuai	20
2.6.	Importancia de los nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> en el cultivo del café	20
2.6.1.	Características generales de <i>Meloidogyne spp.</i>	22
2.6.1.1.	Morfología y biología	22
2.6.1.2.	Morfología de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> adultos	23
2.6.1.3.	Reproducción	24
2.6.1.4.	Ciclo de desarrollo de <i>Meloidogyne spp.</i>	25
2.6.1.5.	Juveniles	27
2.6.1.6.	Estadio adulto	27
2.6.1.6.1.	Macho adulto.....	27
2.6.1.6.2.	Hembra adulta	28
2.6.1.7.	Duración del ciclo de vida	30
2.6.1.8.1.	Especies y razas fisiológicas de <i>Meloidogyne spp.</i> en el cultivo del café.....	30
2.6.1.9.	Distribución geográfica y altitudinal de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> ...	32
2.7.	Plantas hospederas susceptibles y resistentes a <i>Meloidogyne spp.</i> ..	32
2.7.1.	Resistencia genética de las plantas al ataque de <i>Meloidogyne spp.</i> ...	34
2.8.	Descripción taxonómica del nematodo agallador <i>Meloidogyne spp.</i> ..	35
2.9.	Síntomas y daños por nematodos	35
2.9.1.	Síntomas y daños en la raíz por <i>Meloidogyne spp.</i>	36
2.9.2.	Síntomas - efectos a nivel celular y tejido de la planta	37
2.9.3.	Daños causados a nivel celular por secreciones esofágicas de los nematodos <i>Meloidogynes spp.</i>	38
2.10.	Patogenicidad	39
2.10.1	Patogenicidad de <i>Meloidogyne exigua</i>	39
2.10.2.	Patogenicidad de <i>Meloidogyne incognita</i>	41
2.10.3.	Patogenicidad en plantas resistentes e inmunes.....	41
2.11.	Comportamiento poblacional de nematodos	42
2.12.	Ecología de las especies de <i>Meloidogyne spp.</i>	43
2.12.1	Temperatura del suelo.....	43
2.12.2	Humedad del suelo.....	44

2.12.3	Textura del suelo.....	44
2.13.	Identificación de especies de nematodos.....	45
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	46
3.1.	Ubicación Geográfica.....	46
3.1.1.	Características de la zona de estudio.....	48
3.2.	MATERIALES	49
3.2.1.	Material vegetal	49
3.2.2.	Material de campo	49
3.2.3.	Material de laboratorio.....	49
3.3.	METODOLOGÍA	49
3.3.1.	Fase de germinadero (Almacigo)	49
3.3.2.	Criterios de selección de las zonas de estudio para la recolección del material de Poblaciones de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	50
3.3.3.	Características de las colonias seleccionadas de la Provincia Caranavi para la recolección de poblaciones de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	51
3.3.4.	Recolección de poblaciones de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	51
3.3.5.	Extracción de nódulos para el proceso de inoculación de poblaciones de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	52
3.3.6.	Fase de vivero – Infestación.....	53
3.3.6.1.	Preparación del Vivero.....	53
3.3.6.2.	Preparación del sustrato.....	53
3.3.6.3.	Embolsado del sustrato y material de infestación.....	54
3.3.6.4.	Repicado	55
3.3.7.	Fase de Laboratorio.....	56
3.4.	Variables de respuesta.....	56
3.4.1.	Número de nódulos por planta.....	56
3.4.2.	Diámetro del nódulo.....	56
3.4.3.	Número de huevos de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> por planta.....	57
3.4.4.	Evaluación del grado de susceptibilidad mediante Escala Taylor.....	58
3.4.5.	Identificación de especies de fitonematodos <i>Meloidogyne spp.</i> mediante caracterización de placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano).....	59
3.4.5.1.	Preparación de placas perineales.....	59
3.4.5.2.	Determinación de especies	61

3.5.	Diseño Experimental.....	61
3.5.1.	Tratamientos.....	63
3.5.2.	Modelo Lineal aditivo	63
3.5.3.	Croquis del experimento	64
3.5.3.1.	Características de las Unidades Experimentales	64
3.6.	Análisis estadístico.....	64
3.6.1.	Análisis de Varianza	65
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
4.1.	Grado de susceptibilidad de variedades mejoradas e introducidas de café al ataque de poblaciones de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	66
4.1.1	Porcentaje de nódulos	66
4.1.2	Grado de resistencia.....	68
4.2.	Comportamiento de desarrollo de poblaciones de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> en las variedades mejoradas e introducidas de café.....	70
4.2.1.	Numero de nódulos por planta	70
4.2.2.	Diámetro de nódulos.....	75
4.2.3.	Número de huevos de <i>Meloidogyne</i> por planta.....	79
4.3.	Identificación de especies de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> presentes en las raíces de las variedades mejoradas e introducidas de café	84
4.3.1	<i>Meloidogyne exigua</i>	85
4.3.1.1.	Características de las placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano).....	85
4.3.2	<i>Meloidogyne incógnita</i>	86
4.3.2.1	Características de las placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano).....	86
5.	CONCLUSIONES	88
6.	RECOMENDACIONES.....	90
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Características morfológicas de la variedad Iapar 59, Cepac 2.....	10
Figura 2: Genealogía de la Variedad Iapar 59 derivada del híbrido de Timor.....	13
Figura 3: Genealogía de la Variedad Villa Sarchi.....	14
Figura 4: Características morfológicas de la Variedad Catuai.....	17
Figura 5: Genealogía de la Variedad Catuai.....	20
Figura 6: Ciclo esquemático de vida de una especie de <i>Meloidogyne spp.</i>	26
Figura 7: (a) Ubicación del departamento, provincia y cantones del estudio.....	46
Figura 7: (b) Ubicación del departamento, provincia y cantones del estudio.....	47
Figura 8: Almacigado de semillas de variedades mejoradas e introducidas de café..	50
Figura 9: Raíces recolectadas de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i>	53
Figura 10: Preparación de sustrato fase para las macetas	54
Figura 11: Embolsado del sustrato	55
Figura 12: Repicado de las plántulas de café	55
Figura 13: Diagrama que ilustra los pasos en la preparación de patrones perineales para la observación en el microscopio.....	60
Figura 14: Dos sistemas de nomenclatura del patrón perineal.....	61
Figura 15: Prueba de medias Tukey para el número de nódulos desarrollados para variedades mejoradas e introducidas de café	72
Figura 16: Interacción Población de nematodos por variedades de café.....	74
Figura 17: Prueba de medias Tukey para el diámetro de nódulos desarrollados para variedades mejoradas e introducidas de café	76
Figura 18: Efecto de la Interacción Población de nematodos por variedades de café en el diámetro de nódulos.....	78
Figura 19: Prueba de medias Tukey para el número de huevos desarrollados por planta por variedades mejoradas e introducidas de café.....	81
Figura 20: Efecto de la Interacción Población de nematodos por variedades de café en el número de huevos desarrollados por planta.....	83
Figura 21: Placa perineal de <i>Meloidogyne exigua</i>	85
Figura 22: Placa perineal de <i>Meloidogyne incognita</i>	87

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1:	Características de la variedad Iapar 59, en el departamento de Santa Cruz Provincia Ichilo.....	11
Tabla 2:	Características de la variedad Catuai en el departamento de Santa Cruz Provincia Ichilo.	18
Tabla 3:	Características geográficas y generales de las colonias seleccionadas de la Provincia Caranavi	51
Tabla 4:	Número de propiedades y material vegetal muestreado.....	52
Tabla 5:	Clasificación propuesta por Taylor (1968) para definir el grado de susceptibilidad de plantas hospederas de nematodos.....	58
Tabla 6:	Distribución de tratamientos del experimento	63
Tabla 7:	Porcentaje de nódulos desarrollados por la población de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani en las variedades mejoradas e introducidas de café.....	66
Tabla 8:	Porcentaje de nódulos desarrollados por la población de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> Taipi Playa en las variedades mejoradas e introducidas de café.....	67
Tabla 9:	Grado de resistencia de las variedades mejoradas e introducidas al ataque de la población de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani.....	68
Tabla 10:	Grado de resistencia de las variedades mejoradas e introducidas al ataque de la población de nematodos <i>Meloidogyne spp.</i> Taipi Playa.....	69
Tabla 11:	Análisis de varianza para el número de nódulos para variedades mejoradas e introducidas de café.....	71
Tabla 12:	Análisis de varianza para el diámetro de nódulos.....	75
Tabla 13:	Análisis de varianza para el número de huevos por planta.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1: Prueba de medias Tukey para número de nódulos.....	99
Anexo 2: Prueba de medias Tukey para interacción población de nematodos por variedad para el numero de nódulos.....	99
Anexo 3: Prueba de medias para interacción población de nematodos por variedad para el numero de nódulos.....	100
Anexo 4: Prueba de medias Tukey para diámetro de nódulos.....	100
Anexo 5: Prueba de medias Tukey para interacción población de nematodos por variedad para el diámetro de nódulos.....	101
Anexo 6: Prueba de medias para interacción población de nematodos por variedad para el diámetro de nódulos	101
Anexo 7: Prueba de medias Tukey para el numero de huevos por planta.....	102
Anexo 8: Prueba de medias Tukey para interacción población de nematodos por variedad para el numero de huevos por planta.....	102
Anexo 9: Prueba de medias para interacción población de nematodos por variedad para el numero de huevos por planta.....	103
Anexo 10: Tabla de clasificación propuesta por Talylor (1968) para definir grado de susceptibilidad de plantas hospederas de nematodos.....	103

1. INTRODUCCION

La producción de café se da en la región de los Yungas, zona productora y exportadora más importante de Bolivia, con noventa por ciento de la producción a nivel nacional. De toda la producción el treinta por ciento es destinado a consumo nacional y el setenta por ciento a la exportación a diferentes países, generando de esta forma recursos para el país.

Actualmente la zona de café se encuentra concentrada al noreste de la ciudad de La Paz, exactamente en las provincias Caranavi y Nor Yungas con una extensión de 10900 kilómetros cuadrados lo que significa un ocho por ciento de la superficie del departamento. En estas zonas se encuentran el ochenta y siete por ciento del área cafetalera (Cuba, 2007).

Las plantaciones de café actualmente tienen un sistema tradicional de cultivo bajo sombra de pacay silvestre y con poca innovación tecnológica. Todas las plantaciones de las zonas tradicionales y de colonización se realizaron con cuatro plantas por hoyo, ubicadas a distancias que varían entre 2,5 y 3 metros, con una densidad de mil a dos mil hoyos por hectárea. Muchas de estas plantaciones están dispuestas en filas a favor de la pendiente y bajo sombra de siquili (*Inga sp*); su crecimiento ha sido espontáneo y sin ordenamiento adecuado, de manera que la sombra no está regulada y muchos de los cafetales tienen exceso de sombra, provocando de esta forma el desarrollo de plagas y enfermedades, provocando una baja en la producción.

La introducción de variedades mejoradas, de alta producción y resistentes a la roya, como la Caturra, Catuaí, Cavimor, Catimor, Castillo y otras resistentes a nematodos en las dos últimas dos décadas mejora la producción. El mejor rendimiento de las variedades mejoradas se pudo comprobar en los años 1993/94, considerado de baja producción, las variedades mejoradas mantuvieron la producción normal, mientras que la variedad "Typica" bajó considerablemente su producción como consecuencia del medio ambiente adverso.

Entre una de las plagas presentes en el cultivo del café en la actualidad y de importancia económica a nivel mundial son los nematodos fitoparásitos de tamaño submicroscópico, los cuales causan alteraciones o daños en las raíces impidiendo la absorción eficiente de nutrientes por la planta y una disminución en la productividad de muchos cultivos.

De los nematodos que afectan al cultivo del café, la especie *Meloidogyne*, es la que tiene mayor distribución geográfica y la que más comúnmente se encuentra en mayor número en los países de Centro y Sur América (Zambolin, 2001).

En la región subtropical de los Yungas de La Paz en la Provincia Caranavi, se puede llegar a observar este tipo de fitoparásitos en las raíces de los cafetales, los cuales forman pequeñas nodulaciones reduciendo de esta forma el desarrollo normal de la planta del café.

En el Brasil, en el estado de Paraná se tienen nuevas variedades de café desarrolladas por el Instituto Agronómico del Paraná (IAPAR), dichas variedades presentan resistencia a roya, heladas y de la misma forma evitan parcialmente la formación de agallas en la raíz del cafeto por nematodos (Sera, 2005).

1.1. Justificación

La introducción de dicha variedad a Bolivia por el CEPAC en Santa Cruz, crea la necesidad de poder investigar la resistencia de estas variedades a nematodos *Meloidogyne spp.*, en la región subtropical de los Yungas de Bolivia y de esta forma poder mejorar de alguna forma la producción.

El uso de variedades de café que toleren o resistan el ataque de nematodos es una manera eficaz de poder controlar a estos microorganismos. Las especies y variedades de café utilizadas en este caso para el control de *Meloidogyne spp.* es la *Coffea canephora*, cv. Robusta y los híbridos Timor y Sarchimor como las cv. Iapar

59, Tupi, entre otros, los cuales son utilizados para el control de estos parásitos (Barrientos, 1998).

Una de las forma de poder controlar el ataque de nematodos *Meloidogyne spp.*, en el cultivo del café es la utilización de variedades resistentes a estos microorganismos. Es por esta razón que se justifica la importancia de estudiar variedades de café nuevas e introducidas tolerantes o resistentes al ataque de nematodos *Meloidogyne spp.*, en zonas con mayor producción de café como es la Provincia Caranavi del Departamento de La Paz.

1.2. Antecedentes

Se realizaron algunos trabajos en el diagnostico e identificación de nematodos fitoparasitos en el cultivo del café, en la comunidad de Alto Lima, Provincia Caranavi del Departamento de La Paz con el objeto de identificar y cuantificar los principales géneros de nematodos fitoparásitos, lográndose identificar entre un 72% a 81.5% la presencia del genero *Meloidogyne spp* en las zonas altas y bajas, el género *Pratylenchus* entre 9,2 a 14,6% y el género *Helycotylenchus sp.* entre 7,9 a 11% (Pérez et al. 2017).

En un trabajo de tesis realizado por Coro (2005) en la Provincia Caranavi del Departamento de La Paz, en lo que respecta a la Resistencia de *Coffea canephora* al nematodo nodulador *Meloidogyne spp.* no llevo a observar la presencia de nematodos *Meloidogyne spp.*, llegando a encontrar nematodos de este género en las variedades Catimor y Typica.

Así mismo Condori (2000), en un trabajo de tesis de diagnóstico de nematodos en dos variedades de café en el cantón Taipiplaya de la Provincia Caranavi del Departamento de La Paz, logro encontrar con más frecuencia y abundancia el nematodo agallador *Meloidogyne spp.* en la variedad de café Caturra con relación a la Tipica en el piso altitudinal III del mencionado cantón.

En trabajos realizados con resistencia a nematodos se ha probado que el Híbrido de Timor presenta resistencia a ciertos nematodos (Fazuoli y Lourdello, 1981; Goncalvez y Ferraz, 1987). Estudios realizados en América Central, demuestran que en el caso de *Meloidogyne exigua*, la resistencia es más notoria en selecciones de variedades correspondientes a los Catimores o Sarchimores (Bertrand et al., 1997).

Por otro lado en una evaluación realizada en clones de *Coffea canephora* variedad Robusta al ataque de dos poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, se pudo observar la alta susceptibilidad de la variedad Catuai en comparación con la Robusta (Avendaño et al. 1992).

En 1971 el Instituto Agronómico de Campiñas (IAC), llegó a recibir semillas del híbrido CIFC H361/4 que corresponde al cruzamiento entre Villa Sarchi por Híbrido de Timor CIFC 832/2 en generación F2 hasta llegar a la progenie F6 IAC 1669-13, fue designada como cultivar IAC 125 RN, la cual llegó a mostrar una resistencia alta a nematodos de la especie *Meloidogyne exigua* (Ramírez, 2016).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de variedades mejoradas e introducidas de café al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en la Provincia Caranavi.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar el grado de susceptibilidad de las variedades mejoradas e introducidas de café al ataque de dos poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en la Provincia Caranavi.

Comparar el comportamiento de las dos poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en las variedades mejoradas e introducidas de café.

Identificar las especies de nematodos *Meloidogyne spp.* presentes en las raíces de las variedades mejoradas e introducidas de café.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de café a nivel mundial

La especie de café más cultivada en el mundo es la *Coffea arabica*, que originalmente crecía de forma espontánea en las mesetas de Etiopía. Otras especies que siguen a la anterior en importancia son la *Canephora*, que se halla en forma silvestre en la selva de Guinea en el África, la Excelsa, originaria de Costa de Marfil y Guinea, y la *Coffea liberica*, procedente en su forma silvestre de Liberia. Todas las especies de café proceden de África (Cuba, 2007).

El café es cultivado por más de cincuenta países en diversos continentes, llegando a ocupar un área superior a los 11 millones de hectáreas, con una producción media anual entre el periodo 1997 a 2000 de 103 millones de sacos, donde los países del Brasil, Colombia, Indonesia, México y el Vietnam contribuyeron con más del 56% de esa producción (GARCAFE, 2000 citado por Zambolin, 2001).

2.2. Importancia del cultivo en la producción a nivel nacional

Los Yungas, es la región productora y exportadora de café más importante en Bolivia, con aproximadamente el 90% de la producción nacional, porcentaje del cual se destina el 30% al consumo nacional y el 70% a la exportación a diferentes países. El café es uno de los pocos rubros de exportación no tradicional de la región que genera recursos para el país (Cuba, 2007).

El cultivo del café es uno de los productos que a nivel Nacional ha generado ingresos importantes los cuales llegaron a alcanzar cifras de hasta 15 millones de dólares anuales, donde la Provincia Caranavi genera el 80% de toda esa producción a nivel nacional (FECAFEB, 2001).

Este cultivo también de forma indirecta genera más de 8000 empleos los cuales se distribuyen desde el acopio, transporte, beneficiado, torrefacción y venta del producto, donde más de 20 mil familias productoras son beneficiadas (FECAFEB, 2001).

La producción de este cultivo va en aumento cada año, principalmente la producción orgánica la cual va creciendo 20% anual sobre todo en la OECA's (Organizaciones Económicas Campesinas) establecidas como cooperativas exportadoras.

2.3. Características de la producción de café a nivel regional

Según la FECAFEB (2001), la Provincia Caranavi se encuentra clasificada en tres zonas fisiográficas, las cuales fueron clasificadas por la Unidad de Tierra del Subandino en el Departamento de La Paz, según el Documento "Zonificación Agroecológica y Propuesta Técnica del Plan de Uso del Suelo en la Región Amazónica, donde la zona N° 2 clasificada como Serranías Altas, Levemente disectadas con Bosque húmedo es la que concentra el mayor interés en la producción de café por las condiciones climáticas ideales para el cultivo.

En esta macro región (Zona N° 2), las características más sobresalientes están en función de los requerimientos del cultivo, el cual es mencionado por la FECAFEB (2001) de la siguiente forma:

- Esta zona desde el punto de vista altitudinal se encuentra entre los 700 a 2000 m.s.n.m., dentro de esta faja altitudinal los 1200 a 1800 m.s.n.m., es la mejor zona para el cultivo del café.
- Esta zona presenta una precipitación promedio de 1500 mm/año donde precipitaciones menores a 1000 mm/año limitan el crecimiento de la planta, y con mayores a los 3000 mm la calidad física del café se llega a deteriorar.

Así mismo, los periodos secos de tres meses (julio, agosto y septiembre), y los periodos lluviosos de cinco meses (diciembre, enero, febrero, marzo y abril), donde el sector Noreste, lugar donde se encuentra el Cantón Entre Ríos y San Lorenzo registraron lluvias muy intensas de 2000 mm/año.

- Con relación a la temperatura, se reporta un promedio anual de 20 a 22°C que son favorables para el cultivo.

2.3.1. Características de la producción de café en la región de Caranavi

Según la FECAFEB (2001) y ASOCAFE (1998) la producción de café en la Región de Caranavi se encuentra concentrada en la Zona N° 2, donde cada una de las colonias se encuentran agrupadas en OECA's (Organizaciones Económicas Campesinas), que con la ayuda del Proyecto Café Orgánico, han logrado resultados positivos en la presentación final del producto, y de esta forma acceder a mercados internacionales.

2.3.2. Producción de café en la región de Caranavi

Según el documento de la FECAFEB (2001), "Tipificación de la Calidad del café de las OECA's", estadísticamente se tiene registrado la producción de 14 OECA's afiliadas a la FECAFEB con una producción total de 31'059,54 sacos de 70 Kg en 97 colonias y con 1749 productores.

La superficie total utilizada por las 14 OECA's para la producción de este cultivo se encuentra entre los 6372.07 hectáreas. Por otro lado se menciona un rendimiento promedio de 11 sacos de 50 Kg/ ha de café verde oro de exportación y aproximadamente 29 quintales por hectárea de café pergamino húmedo.

2.3.3. Variedades presentes en la región

Barrientos (1998) y FECAFEB (2001), señalan que la variedad criolla o típica abarca aproximadamente el 67% de la superficie cafetalera y el 31.33 % corresponde a variedades mejoradas como Caturra, Catuai, Catimor y otras.

2.4. Taxonomía del cultivo del café

Según Rojas (1994) y Cuba (2007), el cultivo del café tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Clase: Angiosperma (Semillas encerradas)

Subclase: Dicotiledónea (Dos hojas seminales)

Orden: Rubiales (Ovario ínfero, flor radiada)

Familia: Rubiáceas (baya drupácea)

Especie: *Coffea arabica*

Variedades: Typica, Borbón, Caturra, Maracogype, Villa Sarchí, Pacas, etc.

Especie: *Coffea canephora*

Variedad: Robusta, Conilón, Guarini

Especie: *Coffea liberica*

Variedad: Libérica, Exelsa.

2.5. Variedades mejoradas de café

A partir de 1978, decenas de ensayos se montaron primero en el CATIE (Echeverri y Fernández, 1986) y luego en los diferentes países miembros de PROMOCAFE. La mayoría de las líneas fueron introducidas en F3 o F4. A partir del 1983 a 1986, llegaron del Brasil y Portugal a América Central varias descendencias en generación F4 a F6 de retrocruzamiento con variedades comerciales: Catimor, Cavimor (Catuai por Catimor), Sarchimor o Cachimor (Catuai por Sarchimor).

2.5.1. Características agronómicas de las variedades originadas a partir de los Sarchimores (Iapar-59 y Cepac 2)

Morfología

Será (2005), describe las principales características morfológicas desarrolladas por esta variedad en el Instituto Agronómico del Paraná en el Brasil, las cuales se describen a continuación (Figura 1):

Variedad perenne de porte bajo que puede alcanzar una altura de 2.5 m., con frutos comúnmente llamado cereza de color rojo incandescente, donde el diámetro de la copa llega a 1.7 m con un volumen de 3.4 m³, caracterizándose por ser una variedad con maduración Semi Precoz adelantándose en la maduración con respecto a la variedad Catuai, llegando a cosecharse en junio en la regiones del Paraná en el Brasil.



Figura 1. Características morfológicas de la variedad Iapar 59, Cepac 2 (Sera, 2005)

Según Sera (2005) y Moya (2005), el comportamiento de desarrollo de la variedad Tupi e Iapar-59 en el departamento de Santa Cruz en la provincia Ichilo en la Localidad Avaroa ubicada a una altura a 348 m.s.n.m., fue casi similar en ambas variedades mostrando porte bajo y una buena ramificación en comparación con la variedad Catuai. La distancia entre nudos y ramas son más cortos, con un alto vigor vegetativo.

La principales características evaluadas después de 20 meses de implantación de la variedad Iapar-59 en la provincia Ichilo son descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Características de la variedad Iapar-59 en el departamento de Santa Cruz Provincia Ichilo

Característica evaluada	Resultado obtenido
Crecimiento	1 par de ramas cada 2.5 meses
Distancia entre ramas	7 cm
Distancia entre nudos productivos	5 cm
Sombra	25 % Buen crecimiento y floración
Enfermedades no presentes	Roya, Antracnosis, Cercospora, Nematodos
Enfermedades toleradas	Fusarium y Rhizoctonia
Hojas	Color marrón claro y verde oscuro en hojas adultas.

Fuente: Moya (2005)

2.5.1.1. Requerimiento de clima y suelo

2.5.1.1.1 Temperatura

Es una variedad que se adapta a temperaturas de 18 a 25 °C, requiriendo sombra de 25 a 30%, por ser sensibles al golpe de sol y alturas mayores para un buen desarrollo y producción (Sera, 2005).

Sera (2005) y Moya (2005), mediante un estudio realizado en el departamento de Santa Cruz en la Provincia Ichilo observaron que tanto la variedad Iapar 59 como Tupi llegaron a presentar tolerancia a la sequía y altas temperaturas las cuales oscilaban entre los 20 a 30°C.

2.5.1.1.2. Suelos

Esta variedad se llega a caracterizar por requerir la incorporación de materia orgánica, Potasio en la fase de llenado de grano y maduración, y Nitrógeno (50% mas) 60 días después de la floración para evitar floraciones fuera de época. Por otro lado, el tipo de suelo requerido es franco arcillosos (Sera, 2005).

2.5.1.2. Productividad

Los rendimientos en producción que puede llegar a alcanzar esta variedad está alrededor de los 14800 Kg/ha en guinda, 2960 Kg/ha en pergamino seco al 12 % de humedad y con una productividad de 10 años.

Una característica muy importante en esta variedad es su alta adaptabilidad en sistemas adensados de 5000 a 8000 plantas por hectárea, bajo sistemas tecnificados y capitalizados.

2.5.1.3. Características genéticas de resistencia a enfermedades y plagas

El mejoramiento genético realizado en esta variedad por Instituciones como el IAPAR (Instituto Agronómico del Paraná) en el Brasil han logrado obtener variedades como el IAPAR-59 con resistencia a 29 razas de Roya (Anthony *et al.*, 1985 citados por Bertrand y Rapidel, 1999). Por otro lado, otra característica presente en esta variedad es la alta Resistencia a nematodos *Meloidogyne exigua* y una moderada susceptibilidad a *Meloidogyne incógnita* Raza 1, Raza 2, Raza 3, Raza 4 y Raza 5 (*Meloidogyne paranaensi*) (Sera, 2005).

2.5.1.4. Genealogía de la variedad Iapar – 59 y Cepac 2

Según Rodríguez (1993) citado por Bertrand y Rapidel (1999), indican que esta variedad proviene del cruzamiento entre la Variedad Villa Sarchi CIFC 971/10 y el híbrido Timor ((*C. Arábica* x *C. Canephora*)_{4n}) CIFC 832/2, llegando a originar a los SARCHIMORES, donde se encontraría la variedad Iapar-59 después de un largo proceso de selección como se observa en la figura 2.

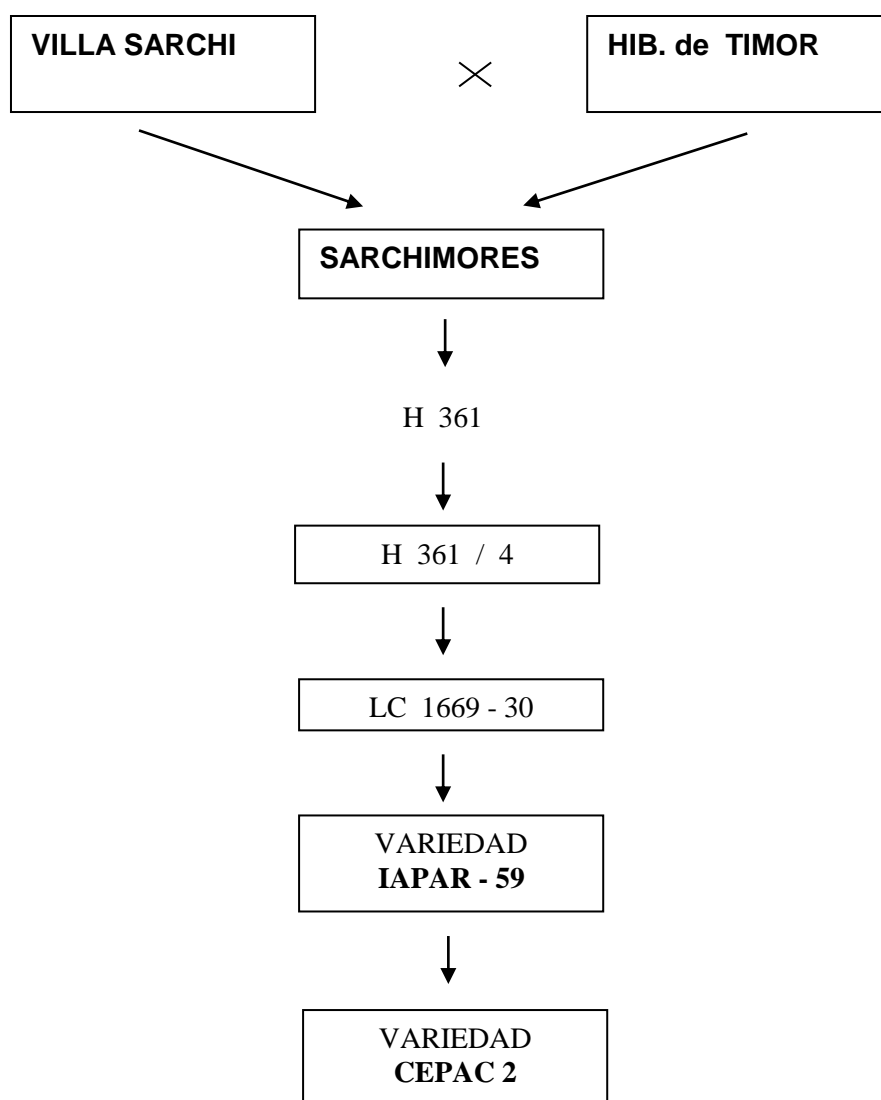


Figura 2. Genealogía de la variedad Iapar 59 derivada del Híbrido de Timor (Bertrand y Rapidel 1999).

Las características de cada uno de los progenitores de esta variedad son descritas por diferentes autores de la siguiente forma:

La variedad Villa Sarchi (llamada también la Luisa o Villalobos de Borbón), la cual se sembraba entre los años 50 y 60 en Costa Rica es una variedad que pertenece a la especie *C. Arabica*, la cual es producto de una mutación que apareció en la población Borbón como se observa en la figura 3, la cual es genéticamente parecida a la variedad Caturra, y de igual forma posee el gene del enanismo el cual le proporciona característica de porte bajo a la planta (Carvalho, 1991 citado por Bertrand y Rapidel, 1999).

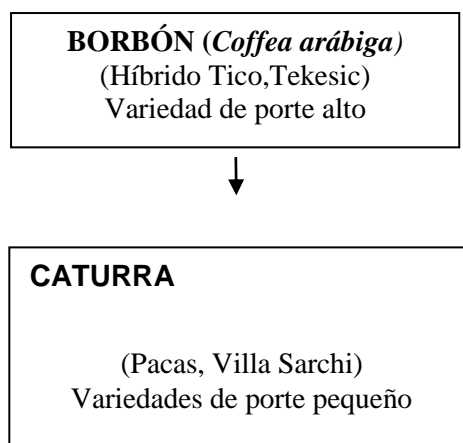


Figura 3. Genealogía de la variedad Villa Sarchi (Bertrán y Rapidel, 1999)

Moreno (1989) citado por Bertrand y Rapidel (1999) menciona que el Híbrido de Timor que es el otro progenitor de la variedad Iapar 59, resultado del cruzamiento natural entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en la Isla de Timor, llegando a originar de esta forma una especie híbrida tetraploide donde una de las características importantes de este híbrido es que posee genes de resistencia a la roya y a los nematodos *Meloidogyne spp.*

2.5.1.5. Principales nematodos parásitos que atacan a la variedad Iapar 59

Estudios realizados por Anzueto et al. (1993) y Hernández et al. (1996) citado por Bertrand y Rapidel (1999), llegaron a observar que la población de *Meloidogyne*

incógnita de Guatemala se llegaba a multiplicar fuertemente en la var. Catuai pero se desarrollaba de forma mas lenta en las variedades de Sarchimores.

Por otro lado Bertrand et al. (1995) y Sera (2005) llegaron a determinar que muchas líneas de Catimores, Sarchimores (Iapar -59 y Tupi), poseían resistencia a *Meloidogyne exigua*, al no permitir el desarrollo de agallas en las raíces secundarias, donde llegan a parasitar llegando a producir gran cantidad de huevos los cuales se encuentran protegidos por una masa gelatinosa denominada ooteca, la cual llega a proteger a los huevos .

2.5.2. Características agronómicas de la variedad Castillo

2.5.2.1. Genética

A partir del cruzamiento entre la variedad Caturra (progenitor femenino) y el Híbrido de Timor CIFC#1343 (progenitor masculino), se obtuvieron las plantas F1 y de ellas, por autofecundación, las generaciones F2 y F3. Éstas, se cultivaron individualmente por progenie y se les realizó selección por vigor, porte bajo de las plantas, calidad en taza, producción, proporción de defectos de las semillas, tamaño del grano, resistencia completa e incompleta a *H. vastatrix* y probable tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café (Cenicafe 2005).

2.5.2.2. Características agronómicas

La variedad Castillo es un compuesto que permite su utilización exitosa en diversidad de ambientes similares o diferentes a los aquí mencionados. Su conformación genética es garantía de estabilidad en sus atributos agronómicos y de resistencia a roya, permite su siembra en las diferentes zonas donde la roya del cafeto es un factor limitante a la producción, como también en regiones donde la enfermedad no tiene mayor incidencia. En esas regiones de mayor altitud les permite a los productores beneficiarse del mayor potencial productivo, de la excelente

granulometría, y de la ventaja por ahora intangible de la tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café (Cenicafe 2005).

Será (2005), describe a esta variedad de porte bajo con alturas de 1.8 a 2 m, con frutos de color rojo, donde las hojas nuevas tienen una coloración bronceada, caracterizándose por ser una variedad de maduración Semi Tardía con relación a la variedad Catuai, llegando a realizarse la cosecha en el mes de julio en la región del Paraná en el Brasil.

2.5.3. Características agronómicas de la variedad Catuai

2.5.3.1 Morfología

Es un variedad de porte bajo, con entre nudos cortos, llegando a alcanzar alturas entre 1 a 1.8 m, existiendo variedades con frutos de color rojo y de color amarillo, tiene capacidad de producir ramas secundarias con un notable crecimiento lateral, y una maduración y producción tardía (Cuharay *et al.*, 2000).





Figura 4. Características morfológicas de la variedad Catuai (Sera, 2005)

En la figura 6 se observa a un agricultor de la Provincia Ichilo, junto a la variedad Catuai en plena producción después de 4 años de implantación, de la misma forma se observa también los dos tipos de Catuai existentes como es el rojo y amarillo.

Sera (2005) y Moya (2005), indican que esta variedad llegó a presentar un desarrollo intermedio entre la variedad Tupi e Icatu en la Provincia Ichilo departamento de Santa Cruz, con un alto vigor vegetativo, porte mediano y con distancias entre nudos y ramas mayores a la variedad Tupi, con susceptibilidad a Roya, Antracnosis y Cochinilla en 20 meses después de su implantación como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Características de la variedad Catuai en el departamento de Santa Cruz Provincia Ichilo.

Característica evaluada	Resultado obtenido
Crecimiento	1 par de ramas cada 2 meses
Distancia entre ramas	8 cm
Distancia entre nudos productivos	6 cm
Sombra	0 % Buen crecimiento y floración
Enfermedades presentes	Roya, Antracnosis, Cercospora, Nematodos, Fusarium
Enfermedades toleradas	Rhizoctonia
Hojas	Color verde claro y verde oscuro en hojas adultas.

Moya, (2005)

2.5.3.2 Requerimiento de clima y suelo

2.5.3.2.1 Temperatura

Según Cuharay *et al.* (2000) la variedad Catuai se caracteriza por tolerar temperaturas promedio entre los 21 a 28 °C para un buen desarrollo.

La FNCC (1979) citado por Barrientos (1998) recomienda el uso de esta variedad en terrenos ubicados entre los 800 a 1400 m.s.n.m., por otro lado hace mención de la tolerancia a la sequía por parte de esta variedad, llegando a comportarse positivamente en climas con precipitaciones escasas o mal distribuidas con veranos prolongados.

2.5.3.2.2 Suelo

Otra característica importante de la Catuai variedad es su mejor desarrollo y adaptabilidad en suelos francos (FNCC, 1979 citado por Barrientos, 1998).

2.5.3.3. Productividad

El rendimiento promedio de la variedad Catuai mencionada por Cuharay et al. (2000) esta alrededor de los 30 a 35 qq. grano oro /mz (manzano), llegando a tener una mayor capacidad productiva con relación a las variedades del Paca y Caturra. Por otro lado, para poder expresar su máximo rendimiento requiere de una adecuada atención agronómica como una buena fertilización, poca sombra y otros aspectos.

2.5.3.4. Susceptibilidad a nematodos *Meloidogyne spp.*

Algunos de los estudios realizados por Anzueto et al. (1991) y Hernández *et al.* (1996) citado por Bertrand y Rapidel (1999) mostraron que la población de *Meloidogyne incógnita* de Guatemala se multiplicaba fuertemente en la variedad Catuai, lo que no ocurría con las otras variedades de Sarchimor las cuales presentaban cierta resistencia al ataque de esta especie.

Del mismo modo estudios realizados por Avendaño y Morera (1987) en la Resistencia de clones la variedad Robusta y la variedad Catuai, al ataque de *Meloidogyne exigua* llegaron a determinar la gran susceptibilidad de Catuai al ataque de esta especie de nematodos con un gran desarrollo de estas larvas inoculadas en las raíces de esta variedad.

Carneiro et al. (1996) citado por Bertrand y Rapidel (1999) observo que tanto las poblaciones de nematodos *Meloidogyne exigua* de Honduras como de Nicaragua se reproducían de manera similar en la variedad Catuai con el desarrollo de varias agallas en las raíces secundarias de la variedad mencionada.

Por otro lado una de las poblaciones de *Meloidogyne exigua* identificadas por el Método de Esterasas de Costa Rica presento un elevado grado de desarrollo en la variedad Catuai y algunas líneas Etíopes de café evaluadas.

2.5.3.5. Genealogía de la variedad Catuai

La obtención de esta variedad según Carvalho (1991) citado por Bertrand y Rapidel (1999) y Cuharay (2000), se la llegó a realizar en el Instituto Agronómico de Campiñas en el Brasil mediante un cruzamiento artificial entre las variedades Mundo Novo y el Caturra amarillo, donde uno de los objetivos fue el de introducir (introgresar) a la variedad Mundo Novo el gene del enanismo de la variedad Caturra para luego ser liberado en la generación F5 con características de rendimiento un poco superiores al Caturra como se observa en la figura 5.

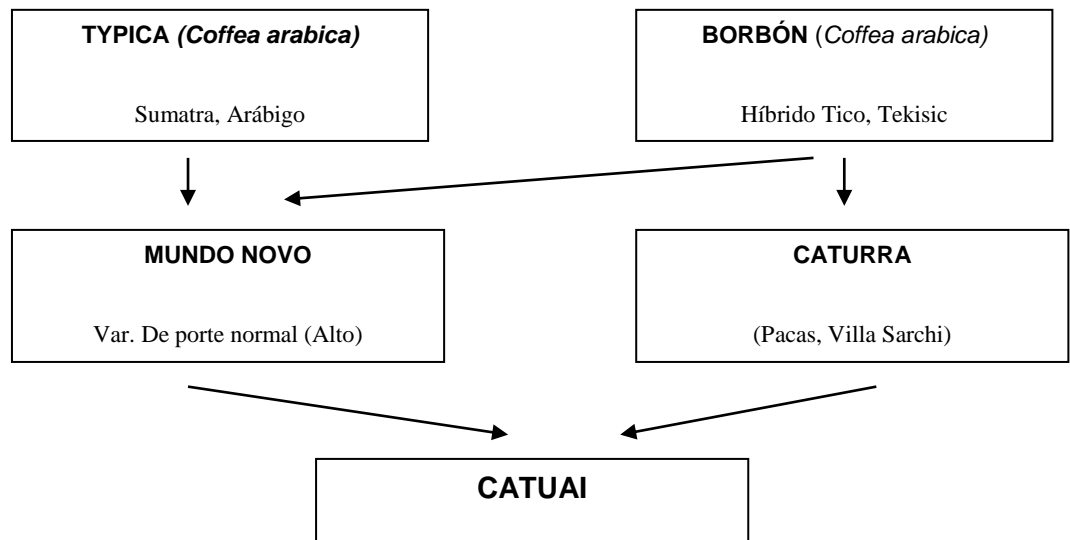


Figura 5. Genealogía de la variedad Catuai (Dos flechas hacia un mismo punto indican cruzamiento una flecha indica mutación) (Bertrand y Rapidel, 1999)

2.6. Importancia de los nematodos *Meloidogyne spp.* en el cultivo del café

Campos *et al.* (1990) citado por Bertrand y Rapidel (1999), menciona que los nematodos parásitos de las raíces de los cafetos son responsables de daños muy importantes en toda América Latina.

Baeza (1979) indica que los nematodos en estado adulto succionan las células de las raíces y al hacerlo llegan a segregar sustancias tóxicas que provocan el

engrosamiento y nudosidades en las áreas afectadas de la raíz; provocando de esta forma un amarillamiento progresivo de las hojas con mas connotación en época seca, donde las plantas no mueren pero se mantienen raquíticas e improductivas.

En América Central, después de varios estudios se llegó a la conclusión que los daños provocados por los nematodos del genero *Meloidogyne spp.* en el cultivo del café tienen gran importancia económica tanto en el semillero como en el campo (Bertrand et al., 1995).

Sasser (1979) estima que las pérdidas ocasionadas por el ataque de nematodos en la producción están alrededor de 10% en toda América Central.

Por otro lado, estudios realizados en Guatemala por la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) se llegó a realizar una evaluación en una región productora de este cultivo, la cual se encontraba fuertemente infestada por nematodos, donde se llegó a estimar que estos parásitos ocasionaban una caída en la producción de un 20 % (Alvarado, 1997).

Meloidogyne incógnita raza 5 (*Meloidogyne paranaensis*) es uno de los parásitos mas diseminados en el Paraná y en el Oeste del estado de Sao Paulo, donde este llega a reducir la cosecha de 50 sacos/ha a 10 o 15 sacos/ha desde la primera producción (Golden, 2005).

En algunas zonas del Perú infestadas con nematodos se llegó a calcular una perdida en las cosechas hasta un 40% (SENASA, 1998).

Para Latinoamérica y el Caribe la reducción de la producción por el ataque de nematodos se la estimo en un 10% (Molina et al., 1999).

De la misma forma las perdidas en la producción calculadas en el Caribe por el ataque de estos parásitos del Genero *Meloidogyne* fueron del 10%, para el Brasil en un 24% y para otros países Sudamericanos en 13% (Sasser, 1979 citado por Compart y Lutzeyer, 1994).

2.6.1. Características generales de *Meloidogyne spp.*

2.6.1.1. Morfología y biología

López y Salazar (1989) y Hernández *et al.* (1996) indican que los nematodos patógenos para el cultivo del café pertenecen principalmente a los géneros que son el *Meloidogyne spp.* y *Pratylenchus*, donde ambos son endoparásitos, es decir que al menos una parte de su ciclo biológico se llegan a desarrollar en los tejidos de la raíz. El genero *Meloidogyne* pertenece al grupo de los nematodos sedentarios donde los estados juveniles son los únicos estadíos infestantes y las hembras llegan a fijarse de forma definitiva llegándose a establecer interacciones fuertes entre el hospedero y el parásito.

Baeza (1979) define a los nematodos del genero *Meloidogyne spp.* como organismos microscópicos donde la hembra y el macho presentan formas y características diferentes. Los machos son alargados e incoloros, con una longitud de un poco mas de un milímetro, la hembra en cambio es de forma abultada, periforme de color blanco perla llegando a medir hasta un milímetro de longitud.

Según Taylor y Sasser (1983), el ciclo de vida de las especies de *Meloidogyne spp.* comienza en el huevo el cual se encuentra en estadio unicelular y es colocado por la hembra de *Meloidogyne* en un promedio de 300 a 800 huevos en una masa gelatinosa llamada ooteca. El desarrollo del huevo comienza unas cuantas horas de oviposición, donde la larva ya comienza a desarrollarse, llegando a ocurrir la primera muda o estado (J1) dentro del huevo. Una vez completada la primera fase la larva comienza a dar pinchazos al cascaron hasta hacer un pequeño hueco por el cual podrá salir.

Taylor y Sasser (1983), mencionan que tanto los machos, hembras y juveniles de las especies de *Meloidogyne* poseen estilete que llega a formar parte de la boca, el cual consiste en una punta cónica, una columna derecha y tres nódulos. El estilete

es proyectado por medio de músculos adheridos a los nódulos para perforar las células de las plantas. Para poder alimentarse, el nematodo empuja la punta del estilete dentro de la célula de la planta, para luego llegar a inyectar secreciones de sus glándulas esofágicas las cuales fluyen a través de la abertura del estilete hacia el interior de la célula de la planta. Estas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular, llegando a estimular una mayor división celular en el periciclo. Esto da lugar al agrandamiento de las células (hipertrofia), a una disolución de paredes celulares, un agrandamiento del núcleo y a cambios en la composición de los contenidos celulares.

Franco (1998), cita que los nematodos presentan sistema digestivo el cual se inicia en la boca continua por el esófago, el intestino y finaliza en el ano. En el esófago se encuentra el bulbo esofágico basal ensanchado el cual presenta tres glándulas esofageales una dorsal y dos subventrales; las tres esofageales vuelcan los jugos digestivos y enzimas que producen al lumen del esófago, ayudando a la digestión o bien llegan a la cavidad bucal permitiendo la digestión extra celular.

2.6.1.2. Morfología de nematodos *Meloidogyne spp.* adultos

La longitud promedio de las hembra adultas de las especies de *Meloidogyne* oscila entre los 0.44 a 1.33 mm y un ancho entre los 0.325 y 0.7 mm. El cuerpo de la hembra no es simétrico, es decir, el cuello no está ni cerca ni en el centro de la línea central del cuerpo, provocando de esta forma que el aparato reproductor y las líneas o dibujos perineales se encuentren a un lado dificultando el proceso de extracción de los cortes para su respectiva identificación (Siedge y Golden, 1964 citado por Sasser y Taylor, 1983).

2.6.1.3. Reproducción

El sistema reproductivo de la hembra en las especies de *Meloidogyne* consiste en dos ovarios, cada uno con una zona germinal, zona de crecimiento, oviducto, espermatoteca y útero. El sistema reproductivo se empieza a desarrollar a través del tercer y cuarto estadio larval. En un extremo del sistema reproductivo adulto, existen células que se dividen muchas veces formando oogonios con el número somático (2n) de cromosomas, los oogonios más avanzados cesan de dividirse y llegan a convertirse en oocitos, volviéndose más largos y movilizándose uno por uno a través del oviducto y la espermatoteca.

Un aspecto sobresaliente en el proceso de desarrollo del oogonio es que vuelven a sufrir otra división mitótica y luego de eso se tornan ovalados y forman una cáscara flexible para finalmente pasar a través de la vagina y ser depositados en estado unicelular en la masa de huevos, llamada también ooteca. Esta clase de reproducción se llama partenogénesis (mitótica), la cual es muy común en *M. incógnita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y algunas poblaciones de *M. hapla* y otras especies, donde el esperma no es necesario para el desarrollo del huevo aun cuando la espermatoteca de la hembra contenga esperma (Nickle, 1991).

Trinataphyllou y Houssey, (1973) citado por Taylor y Sasser, (1983) indican que todas las especies de *Meloidogyne* que se reproducen por partenogénesis tienen machos, cuyo número varía con la provisión de alimentos y otros factores. Generalmente cuando el alimento es abundante, la mayoría de las larvas se desarrolla como hembras, pero si llega a ocurrir lo contrario un gran porcentaje de larvas o juveniles se vuelven machos.

La mayoría de las especies parásitas *Meloidogyne* de los cafetos se reproducen por partenogénesis mitótica (apomixia), llegando a originar este proceso poblaciones casi clonales. Este tipo de reproducción también puede traer como consecuencia la posible aparición de formas nuevas con patogenicidad variable (patotipos), capaces

de multiplicarse rápidamente, lo cual podría traer problemas en los programas de Fitomejoramiento (Dalmasso et al., 1985).

2.6.1.4. Ciclo de desarrollo de *Meloidogyne spp.*

El ciclo de desarrollo comprende cuatro estadios larvarios y un estadio adulto separados por cuatro mudas (Guiran y Ritter, 1979), como se observa en la figura 8. Dicho ciclo consta de dos fases: la fase exófito (fuera de la planta hospedera), la cual comprende desde la eclosión de las larvas hasta la penetración de las mismas en las raíces y la fase endófito que consiste en el desarrollo completo del nematodo en el interior de los tejidos.

Taylor, (1968) hace una descripción resumida del ciclo vital del nematodo nodulador de la raíz, el cual llega a completarse entre las cuatro y seis semanas dependiendo de las condiciones climáticas como la temperatura y humedad:

- A. Se desarrollan los huevos depositados por la hembra adulta en una ooteca y se forman las larvas, las cuales llegan a mudar en una primera vez dentro del huevo, luego rompen la cubierta o cascara para luego penetrar en el suelo. Estas larvas pueden llegar a entrar en una raíz inmediatamente o solo después de varios meses.
- B. Las larvas de la segunda edad o J2 penetran en las raíces cerca de su extremo y empiezan a alimentarse.
- C. Después de la segunda muda, las larvas se hallan en su tercera edad. La agalla de la raíz empieza a crecer y se llegan a formar las células gigantes.
- D. Después de la tercera muda las larvas se hallan en su cuarta edad.
- E. Al acercarse el final de la cuarta edad, empiezan a crecer los órganos de reproducción de la hembra.
- F. El macho se convierte en un gusano largo y delgado, enrollado en la cutícula larvaria.

- G. El macho llega a abandonar la raíz y se desplaza por el suelo para fecundar a la hembra.
- H. La hembra adulta empieza a producir huevos y los deposita en una ooteca. Esta puede hallarse fuera de la raíz si el extremo posterior de la hembra está en la superficie externa de aquella. Si la hembra se encuentra completamente dentro de la raíz la masa de huevos estará en el interior.

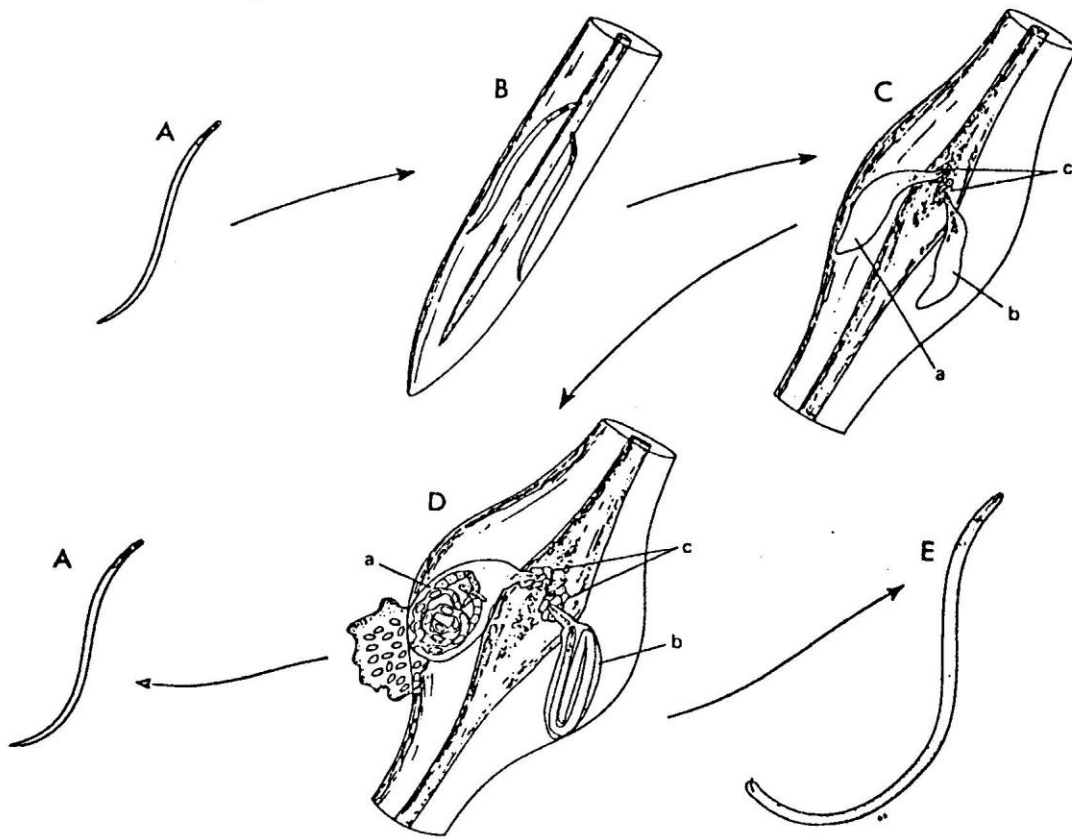


Figura 6. Ciclo esquemático de vida de una especie de *Meloidogyne* spp. A: Segundo estadio larval pre-parasítico. B: Dos juveniles que han penetrado en una raíz, haciéndose sedentarios y comenzando su alimentación. C: Inicio de la formación de agallas, desarrollo de juveniles (a, b) y células gigantes (c) D: Agalla con una hembra madura y su masa de huevos (a), macho después de la metamorfosis (b), y células gigantes (c). E: Macho libre en el suelo. (Guiran y Neischer, 1970).

2.6.1.5. Juveniles

Villain et al. (1999) mencionan que las larvas desarrolladas en el huevo llegan a mudar una primera vez a dentro del mismo huevo (J1), para luego eclosionar al segundo estadio juvenil (J2) con un largo variable de 250 a 600 μ m según sea el tipo de especies para luego diseminarse en el suelo. Estas formas juveniles vermiformes pueden, ya sea penetrar inmediatamente en la raíz, o esperar varios meses en el suelo en ausencia de un hospedero o en el caso de que las condiciones sean desfavorables.

Taylor y Sasser, (1983), indican que en el segundo estadio larval (J2) después de dejar la masa de huevos, la larva empieza a moverse en busca de una raíz en forma aleatoria (al azar), hasta acercarse a unos cuantos centímetros de una de las raíces, para luego trasladarse hacia la punta de la raíz gracias a la sustancia que la misma raíz emana. La penetración hacia la raíz generalmente lo realizan sobre la caliptra (punta de la raíz), para luego llegar a moverse entre las células no diferenciales de la raíz colocando sus cabezas en el cilindro central, cercana a la región de elongación celular, llegando a quedar sus cuerpos en la corteza de la raíz.

A partir del tercer estadio juvenil, se forman células gigantes alrededor del punto de fijación del nematodo y una agalla comienza a aparecer sobre la raíz.

2.6.1.6. Estadío adulto

2.6.1.6.1. Macho adulto

Christie (1959), menciona que después de vivir como parásito durante 2 ó 3 semanas, el macho llega a mudar tres veces en rápida sucesión y llega a emerger como un gusano delgado con la forma nematoide típica. No se conoce estudios sobre el comportamiento del macho una vez que ha emergido como gusano

delgado, pero algunos autores indican que los machos viven libremente en los suelos.

El mismo autor asegura que algunas veces se llegó a encontrar machos en las raíces, incluyendo algunas plantas resistentes como la *Crotalaria sp.* y que durante su desarrollo como parásitos, los machos tienen los mismos efectos en sus hospedantes, llegando a estimular el desarrollo de agallas en la misma forma que las hembras, con la única diferencia de que el efecto del macho se extiende durante un periodo mucho más corto.

Villain et al. (1999) reportan que después de la cuarta muda, los nematodos *Meloidogyne* alcanzan el estadio adulto, donde los machos apelmazados en el interior de su cutícula juvenil siguen siendo vermiformes y aguzados (largo de 700 a 1900 μm) en el interior de la cutícula. Poseen un estilete que probablemente no es funcional lo que hace que no se nutran, en cambio las hembras crecen rápidamente y se vuelven periformes o esféricas, con un largo de 280 a 450 μm y un ancho de 300 a 600 μm .

2.6.1.6.2. Hembra adulta

Christie (1959), indica que la hembra llega a sufrir las mismas mudas que el macho y casi el mismo tiempo, con la diferencia de que no llega a presentar un cambio abrupto en la forma, el cuerpo de la hembra empieza a ensancharse hasta adquirir la forma de pera o de una esfera, conservando siempre en forma sobresaliente la región del cuello. Si la planta llega a ser un hospedante adecuado y si el medio ambiente es templado, las hembras comenzarán a depositar los huevos después de 20 a 30 días de haber penetrado al hospedante.

Antes de que la hembra empiece a depositar los huevos, secreta a través de su vulva una sustancia gelatinosa protectora (ooteca), la que se encarga de mantener unidos los huevos, para luego formar una cubierta protectora. Esta masa de huevos

puede situarse en el exterior de la raíz, si la extremidad posterior de la hembra emerge de la raíz, pero si la hembra está completamente encerrada en la agalla, la masa de huevos se forma en el interior de los tejidos (Villain et al., 1999).

Thorne (1961), menciona que los huevos depositados por la hembra *Meloidogyne* llegan a encontrarse en estado unicelular, luego esta se divide en dos células, cada uno conteniendo un núcleo, cada una de estas células se dividen nuevamente llegándose a formar cuatro nuevas células y así sucesivamente hasta la formación del primer estado juvenil (J1). El número de células necesarias para producir un juvenil no está bien determinado aún.

El mismo autor indica que el número de huevos producidos por una hembra sobre la planta hospedante se aproxima a 1990, pero que el promedio oscila entre los 200 a 500 huevos, y sobre plantas desfavorables las hembras pueden producir huevos, pero el número baja a 10.

FECAFEB (1998) y Barrientos (1998), mencionan que las hembras de *Meloidogyne spp.*, se caracterizan por poseer una enorme capacidad reproductora, pudiendo producir hasta 200 huevos de los que se originan las larvas y posteriormente los adultos.

Trabajos realizados por Godfrey y Oliveira (citados por Christie, 1959), llegaron a encontrar que las hembras comienzan a depositar huevos a los 19 días y que terminan a los 35 días después de haber penetrado a las raíces, habiendo observado que el promedio diario de postura varió de 23 a 30 huevos.

Taylor y Sasser, (1983), se refieren a una característica muy importante en las larvas y hembras de *Meloidogyne*, es que estos poseen glándulas esofágicas bien desarrolladas, las cuales las usan en la alimentación. Esto no ocurre con los machos adultos los cuales no tienen bien desarrolladas dichas glándulas esofágicas,

llegando a impedir de esta forma su alimentación y de forma indirecta un menor tiempo de vida.

2.6.1.7. Duración del ciclo de vida

La duración del ciclo biológico de los nematodos *Meloidogyne* depende de factores como la temperatura y el tipo de planta hospedera. Lordello (1977) observó que a una temperatura de 27.5 a 30°C, el estadio larval J2 llegaba a alcanzar el estado adulto a los 17 días, después de haber penetrado en la raíz. Si la temperatura bajaba a 24.5°C este estado adulto se llegaba a alcanzar entre los 21 a 30 días.

El mismo autor indica que a temperaturas inferiores a los 15°C, o superiores a los 33°C, el ciclo biológico no puede llegar a completarse. Lima, citado por Campos et al. (1990), observó un periodo de 32 a 42 días con temperaturas de 25 a 30°C para que *M. exigua* complete su ciclo.

Taylor y Sasser (1983), indican que no se realizaron muchos estudios con relación al tiempo de vida de la hembra del nematodo del nódulo de la raíz, pero observaciones de campo indican que las hembras pueden continuar produciendo huevos durante dos o tres meses y llegan a vivir algún tiempo más después de que cesa la producción de huevos. Los machos probablemente viven sólo semanas.

2.6.1.8. Especies y razas fisiológicas de *Meloidogyne spp.* en el cultivo del café

Espejo (2005), mediante un trabajo de tesis realizado en Carmen Pampa Coroico, observó que *Meloidogyne exigua* se presentaba con un mayor número de individuos en tres diferentes cafetales evaluados a diferentes niveles de suelo (Horizonte O, A). El horizonte O, fue en el que observó un mayor número de individuos de *Meloidogyne exigua* con relación a los otros géneros en los diferentes cafetales establecidos, siendo este el principal nematodo causante de atrofiaciones

radiculares, disminución de absorción de agua y nutrientes, llegando a repercutir en la baja producción de los frutos del café.

Taylor y Sasser, (1983) mencionan que el nematodo *Meloidogyne exigua* es una plaga muy grave del cafeto (*Coffea arabica*) tanto en América del Sur como América Central, no llegándose a encontrar esta especie en otros cultivos o hospederos adicionales. Esto no ocurre con *Meloidogyne incógnita* la cual tiene una amplia gama de hospederos, pudiendo parasitar en naranja, maíz, papa, trigo, algodón, sandía, pimentón y otros.

Carneiro (1982) y Carneiro et al.,(1990) indican que los nematodos del género *Meloidogyne* particularmente la especie *M. Incógnita* es uno de los peores problemas presentes en la caficultura en el Brasil en la Región del Paraná.

Goncalves y Bernadele (1992) citado por Zambolin (2001) define como razas fisiológica a aquellas poblaciones o grupos de individuos de nematodos, que pertenecen a un determinado genero y especie, los cuales son capaces de adaptarse en una especie botánica dada.

Carneiro et al., (1992) mencionan que en la especie *M. Incógnita* existen grupos de individuos que se caracterizan principalmente por su patogeneicidad, siendo mucho mas agresivos en su forma de ataque a plantas resistentes denominándolas razas fisiológicas, donde en la Región del Paraná se encontró que esta especie posee cinco razas principales presentándose con mas frecuencia la raza 5 en un porcentaje mayor al 50 %, la raza2 en un 25% y la raza 1 en un 12%.

Carneiro et al. (1996), describen a la raza 5 de *M. Incógnita* como *M. Paranaensis* debido a la semejanza genética y a la alta presencia de esta raza en el región del Paraná. Por otro lado también este parásito puede llegar a reducir la productividad en niveles antieconómicos en la primera producción, esto en condiciones de alta infestación tanto en suelos arenosos como en suelos arcillosos

para cultivares altamente susceptibles como el Mundo Novo, Catuai e Iapar 59 a este parásito.

Whitehead (1969) citado por Taylor y Sasser (1983) informo que en África *Coffea arabica* es ocasionalmente atacada por *M. javanica* y *M. incognita*.

2.6.1.9. Distribución geográfica y altitudinal de nematodos *Meloidogyne spp.*

Taylor y Sasser (1983), hacen mención de que tres especies del género *Meloidogyne* (*M. javanica*, *M. Incógnita*, *M. arenaria* y *M. exigua*), se encuentran ampliamente distribuidas y adaptadas en climas cálidos entre los 35° de latitud Sur y 35° de latitud Norte.

Condori (2000), en un estudio de tesis realizado en el Cantón Taipiplaya provincia Caranavi departamento de La Paz determino que la densidad poblacional de los nematodos *Meloidogyne spp.* fue elevada en cuatro centrales evaluadas en comparación con los demás géneros de nematodos en el cultivo del café. Por otro lado, el mismo autor indica que el género *Meloidogyne spp.* es el nematodo que se llegó a encontrar con mayor frecuencia y abundancia en variedades de café como la Typica y Caturra en tres pisos altitudinales evaluados. En el piso altitudinal III comprendido entre los 800-1100 m.s.n.m., fue donde se encontró con más frecuencia y abundancia este nematodo en la variedad Caturra llegando a ser esta variedad la más susceptible con relación a la variedad Typica y en el piso altitudinal I, comprendido entre los 1500 a 1900 m.s.n.m. observo menor población, debido a que las hembras son incapaces de sobrevivir al invierno.

2.7. Plantas hospederas susceptibles y resistentes a *Meloidogyne spp.*

Taylor y Sasser (1983) indican que las plantas hospederas tienen muchos grados de susceptibilidad, dentro de la cual tenemos las plantas que son clasificadas como altamente y moderadamente susceptibles, en donde la reproducción de los

nematodos es normal, un gran porcentaje de las larvas que penetran en las raíces, se llegan a desarrollar y producen muchos huevos.

Para la gran mayoría de los cultivos altamente susceptibles el síntoma mas común de la infección por especies de *Meloidogyne* es la presencia de engrosamientos de las raíces, llamadas agallas, nódulos o nudos. En las raíces muy pequeñas estas agallas pueden ser tan pequeños que midan 1 ó 2 milímetros de diámetro pero en las raíces mas grandes estas agallas pueden medir 1 centímetro o más, donde en los nudos grandes usualmente contienen varias hembras en cambio en los nudos pequeños pueden contener sólo una hembra.

Plantas en las que existe poco desarrollo de nematodos son denominadas resistentes, donde se las clasifica o califica como: ligeramente resistentes, moderadamente resistentes, altamente resistentes o inmunes. La resistencia es definida de acuerdo con la reproducción o formación de agallas, donde en una planta altamente resistente la reproducción es menor que 2%, con relación a una planta susceptible en similar infestación del suelo; en una planta moderadamente resistente 10% a 20%, y en una planta ligeramente resistente hasta el 50%.

Por otro lado Giebel, (1974) citado por Zambolin (2001) menciona que los mecanismos de resistencia en la planta son complejos y de naturaleza diversificada, donde las plantas con un nivel elevado de resistencia e inmunidad presentan una resistencia pre-infeccional, la cual es condicionada por barreras anatómicas, fisiológicas y químicas de la planta, las cuales pueden impedir la invasión del nematodo.

Cepeda (1996), citado por Coro (2005) indica que las plantas poseen una resistencia natural, por medio de sustancias que son repelentes, que tienen efectos tóxicos o inhibitorios sobre algunas especies de nematodos.

El mismo autor también indica que la resistencia es una actividad compleja que contienen diferentes tipos de respuesta del hospedero por la naturaleza de sus

secreciones o por el daño mecánico que ocasionan; la planta responde de diversas formas que pueden compensar el daño (tolerancia), o pueden inhibir al nematodo (resistencia).

Taylor y Sasser, (1983) mencionan que la resistencia a las especies de *Meloidogyne* puede definirse como una característica o un conjunto de características de las plantas que inhiben la reproducción de una o más especies de *Meloidogyne*, donde un cultivar resistente debe prevenir una gran proporción de la reproducción, generalmente 90% o más en comparación con los cultivares susceptibles de la misma especie.

El mismo autor indica que la naturaleza de la resistencia de plantas a las especies de *Meloidogyne*, se conoce sólo parcialmente. Estas larvas penetran en las raíces de plantas resistentes o susceptibles en números casi iguales, donde en las raíces de plantas susceptibles, la formación de células gigantes (sincitos) llega a ser estimulada por la alimentación de la larva, y la larva se desarrolla normalmente hasta la maduración, produciendo de esta forma huevos de los cuales emergen larvas viables.

En plantas resistentes, esta secuencia de desarrollo puede ser interrumpida o fallar en cualquier punto, haciendo que las larvas puedan morir a causa de una reacción inmune rápidamente después que comenzaron a alimentarse. Las células gigantes pueden no formarse o ser defectuosas, provocando de esta forma que las larvas fallen en su desarrollo como adultos macho o hembras, o también producir pocos huevos viables o ninguno.

2.7.1. Resistencia genética de las plantas al ataque de *Meloidogyne spp.*

Sasser, (1972) indica que la resistencia a las especies de *Meloidogyne* puede deberse a un solo gen mayor (Resistencia vertical o resistencia específica a una raza), donde las plantas con esta clase de resistencia son inmunes. Otro tipo de resistencia puede deberse a varios genes menores, cada uno de los cuales tiene un

efecto pequeño denominándose resistencia horizontal o generalizada, donde dicha resistencia es cuantitativa, llegando a variar de alta a baja resistencia.

2.8. Descripción taxonómica del nematodo agallador *Meloidogyne spp.*

Cepeda (1996), Wouts (1973) citado por Taylor y Sasser (1983), señalan la siguiente clasificación taxonómica del nematodo agallador:

Phylum : Nematoda
Clase : Secernentea, Von Linstow 1905.
Orden : Tylenchida, Thorne 1949.
Familia : Heteroderidae, Filipjev Schuurmans Stekhoven 1941.
Género : *Meloidogyne*, Goeldi 1892.
Especie : *Meloidogyne exigua*, Goeldi, 1887
: *Meloidogyne incógnita*, (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949
: *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949
: *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949

2.9. Síntomas y daños por nematodos

Según Baeza, (1979) los síntomas producidos por el ataque de *Meloidogyne spp.* y *Pratylenchus*, son un amarillamiento y reducción en la tasa de crecimiento, llegando a reaccionar en algunos casos con defoliación. Como síntomas secundarios se llega a producir una reducción en la altura de las plantas y una mayor incidencia de Cercospora.

La formación de agallas o la destrucción del tejido radicular obstruyen la absorción y el flujo de agua y nutrientes, llegándose a producir un amarillamiento, marchitamiento, defoliación y hasta la muerte de las plantas, según sea el grado de infestación (ICAFE, 1989).

2.9.1. Síntomas y daños en la raíz por *Meloidogyne spp.*

Los nematodos atacan a las raíces y el cuello de las plantas. Este ataque se da tanto a nivel de vivero y campo, donde en el vivero el daño en las raíces llega a producir el detenimiento del crecimiento y por otro lado también existe un bloqueo y destrucción de las raíces absorbentes. Los síntomas secundarios por el ataque de estos nematodos en la raíz llegan a formar el engrosamiento de la raíz para luego llegar a formar agallas de diferentes tamaños y formas, llegando a depender esto de la especie (ICAFE, 1989).

En la India *Meloidogyne spp.* provoca bifurcaciones y torceduras en las raíces, llegando a provocar un crecimiento muy reducido (Gowen y Queneherve, 1990).

Este tipo de fitoparásito inducen a la raíz infectada a engrosarse alrededor del lugar donde el nematodo se está alimentando, llegando a desarrollar de esta forma la típica agalla radicular, la cual puede llegarse a presentar en forma aislada o en forma conjunta donde varias de ellas se unen para formar un conjunto masivo y de gran tamaño (Eisenback, et al., 1983).

Los nematodos llegan a alimentarse a través de un estilete el cual se encuentra en la cabeza y mediante una acción mecánica del estilete hacia la célula de la raíz y la glándula esofageal, después de la penetración sus cabezas quedan a la periferie del tejido del parénquima vascular y el resto de su cuerpo se ubica en la corteza paralelo al eje de la raíz (Nickle, 1991).

En toda la etapa de desarrollo del nematodo *Meloidogyne spp.* existen etapas o estados de transformaciones donde en el estado juvenil (J2) existe movimiento de este parásito llegando a invadir en su proceso de penetración a la raíz a la endodermis y al entrar en la estela induce la producción de células gigantes con núcleos múltiples, las cuales se derivan del parénquima vascular o de la diferenciación de las células vasculares en la parte central de la estela (Dewaele, et al., 1998).

Uno de los efectos del desarrollo de formación de estas células gigantes según Nickle (1991), es que llega a bloquear los vasos del xilema que lo rodea al parásito, lo que llega a originar una hiperplasia (intensa multiplicación celular) e hipertrofia (agrandamiento de células) que produce los nódulos característicos de la raíz.

El desarrollo de esta célula gigante es muy importante para el organismo parásito ya que de este depende su buen desarrollo, donde el metabolismo de esta célula se mantiene activo a través de las secreciones de la glándula esofageal o el desarrollo de solutos por la hembra adulta. La célula gigante esencialmente proporciona y traslada los nutrientes al nematodo, movilizándolo los extractos fotosintéticos a las células gigantes actividad que reduce el crecimiento y rendimiento de la planta; el tamaño del nódulo normalmente está relacionado al número de nematodos presentes en tejido pero también puede depender del parasitismo de las especies de la planta (Nickle, 1991).

2.9.2. Síntomas - efectos a nivel celular y tejido de la planta

Taylor y Sasser (1983) indican que cuando el segundo estadio larval de *Meloidogyne* penetra en las raíces, esta se llega a mover a través del punto de crecimiento de la raíz y de la región de elongación celular, donde posiblemente la larva se alimenta de algunas células.

Christie (1970) llegó a determinar que los juveniles una vez que penetran al meristemo apical, su primera acción es hipertrofiar las células corticales, algunas veces las células del periciclo y detrás de la endodermis, llegando al cilindro central, moviéndose entre sus células y estableciéndose con su cabeza incrustada en el pleroma. Al término de sesenta horas de establecido el juvenil, este dejó de moverse, llegando a notarse un retardo en la diferenciación normal de las células cerca de su cabeza. Muchas de estas células son aquellas que normalmente se llegarían a convertir en elementos conductores, llegando a dejar de esta forma una brecha en la continuidad de elementos del floema.

Rohde y McClure, (1975) indican que las células anormales son el comienzo de células gigantes, que aparentemente se forman por disolución de las paredes celulares, dando como resultado una unión de células adyacentes y una serie de divisiones endomitóticas sincronizadas. Alrededor de seis días después de la inoculación, las células gigantes se llenan de un citoplasma denso diferentes en apariencia del de las células adyacentes.

Bird (1962), reporta que las especies de *Meloidogyne spp.* se alimentan del citoplasma de las células gigantes, las cuales tienen una textura granular que va aumentando en densidad a medida que la célula madura. El citoplasma de la célula gigante tiene 10 veces más proteína que el citoplasma de una célula normal y también trazas de carbohidratos y grasas.

2.9.3. Daños causados a nivel celular por secreciones esofágicas de los nematodos *Meloidogyne spp.*

Franco (1998), cita que los nematodos presentan sistema digestivo el cual se inicia en la boca continua por el esófago, el intestino y finaliza en el ano. En el esófago se encuentra el bulbo esofágico basal ensanchado el cual presenta tres glándulas esofageales una dorsal y dos subventrales; las tres esofageales vuelcan los jugos digestivos y enzimas que producen al lumen del esófago, ayudando a la digestión o bien llegan a la cavidad bucal permitiendo la digestión extra celular.

Estas glándulas en general segregan enzimas, entre las que figuran diastasas, que inducen la necrosis de los tejidos y Beta glucosidasas, que altera el metabolismo de los fenoles, llegando a inducir la formación de agallas en el caso de *Meloidogyne spp.*

Este mismo autor menciona que la alimentación de los nematodos es realizada a través del estilete con el cual inyectan una secreción (saliva), la cual contiene enzimas digestivas, tales como la amilasa, invertasa, pectinasa, B glucosidasa, provenientes de la glándula esofágica dorsal. Esta saliva tiene diferentes funciones,

para nematodos predadores sirve para paralizar la presa, para parásitos de insectos como disolvente de la quitina del exosqueleto y en parásitos de plantas produce la digestión del contenido celular que lo hace más fluido y por lo tanto facilita su ingestión, asimilación y finalmente para los nematodos endoparásitos sedentarios como es el caso de *Meloidogyne spp.*, la saliva modifica el desarrollo y maduración de las células vegetales que rodean al nematodo, llegando a causar daño y la formación de células gigantes, alrededor de las cuales se produce hipertrofia e hiperplasia del tejido parenquimatoso que da origen a los nudos o agallas.

2.10. Patogenicidad

Agrios, (1996) define patogenicidad como la capacidad de un organismo capaz de causar una enfermedad, con alteraciones morfológicas y fisiológicas, llegándole a impedir el buen desarrollo del individuo afectado.

2.10.1. Patogenicidad de *Meloidogyne exigua*

Algunos estudios realizados en plántulas de café inoculadas bajo condiciones controladas mostraron que las raíces parasitadas por *M. exigua* presentaban agallas gruesas, alargadas, que podían alcanzar hasta un centímetro de diámetro. Estas agallas encerraban varias hembras con sus masas de huevos, así como también un gran número importante de juveniles (Hernández et al., 1996).

Por otro lado Campos et al., (1990) y Goncalves (1992) identificaron a *Meloidogyne exigua* en Costa Rica, Nicaragua y Honduras con síntomas típicos como rosarios de agallas de tamaño relativamente pequeño los cuales se fusionaban a veces para generar agallas más grandes y alargadas. Estas agallas eran más observadas en las raíces secundarias poco o nada lignificadas, las cuales encerraban a las hembras y las masas de huevos.

En relación con la población de Costa Rica, las poblaciones de *Meloidogyne exigua* tanto de Honduras como de Nicaragua se llegaron a reproducir de manera similar en la variedad Catuai pero en menor grado en la línea Etiópes ET 15. Por otro lado, una de las poblaciones de Costa Rica, llegó a presentar una tasa de multiplicación particularmente elevada en Catuai y en las líneas etiópicas evaluadas (Carneiro et al. 1996).

Por otro lado, Bertrand et al. (1995) mostraron que muchas líneas de Catimores y de Sarchimores son resistentes al nematodo *M. exigua*.

Avendaño y Morera (1987), mediante una evaluación realizada en el Centro Agronómico Tropical de investigación en Costa Rica, evaluaron el comportamiento de cinco clones de *Coffea canephora* cv. Robusta y *C. Arabica* cv. Catuai ante la inoculación con dos poblaciones de *Meloidogyne exigua* (San Luis de Santo Domingo y la finca de La Isabel de Turrialba, Cartago, Costa Rica). Setenta y cinco días después de la inoculación encontraron que en las plantas inoculadas con *M. exigua* de La Isabel la cantidad de huevos y segundos estados juveniles / planta, fue significativamente mayor que en aquellas inoculadas con la población San Luis.

Los mismos autores también evaluaron el número y diámetro de agallas, donde llegaron a encontrar diferencias mayores cuando compararon los cinco clones de Robusta con el de Catuai, llegando a clasificarlas a los clones cv. Robusta como muy resistentes.

El uso de variedades de café con tolerancia al ataque de los nematodos, constituye una manera eficaz y poco costosa de enfrentarlos (Fazuoli y Lordello, 1977; Ingunza, 1963).

2.10.2. Patogenicidad de *Meloidogyne incognita*.

Hernández et al., (1996) llegó a observar síntomas contrarios en plántulas de café al compararlos con los síntomas que ocasionaban *M. exigua*, donde las agallas desarrolladas por *M. incognita*, *M. arenaria* de Guatemala y especies de El Salvador provocaban en las mismas condiciones agallas de tamaño milimétrico de forma esférica. En estas agallas solo se podían encontrar una sola hembra, donde la masa de huevos se encontraban en el exterior de los tejidos.

Campos et al., (1990) indican que la especie *M. incognita* es la más citada como parásito de mayor importancia en los cafetos en numerosos países.

Los estudios de Anzueto et al. (1991) y Hernández et al., (1996) mostraron que la población de *M. incognita* de Guatemala se multiplicaba fuertemente en Catuai, pero se desarrollaba mucho menos en variedades provenientes de Sarchimores y muy poco o no del todo en un gran número de orígenes de Etiopía.

Estudios publicados por Bertrand et al. (1995) y Anzueto et al. (1991) revelaron que la capacidad parasitaria de las poblaciones de *M. incognita* de Guatemala sigue siendo importante en la mayoría de las descendencias de clones de *C. Canephora* con excepción de algunos clones particulares.

2.10.3. Patogenicidad en plantas resistentes e inmunes

Reynolds, et al. (1970) citado por Taylor y Sasser, (1983) indican, que las plantas altamente resistentes e inmunes también son invadidas por el segundo estadio larval de las especies de *Meloidogyne spp.*, donde frecuentemente en experimentos comparativos, las larvas invaden tanto plantas inmunes como plantas altamente susceptibles.

Van Hundí, et al. (1959) citado por Taylor y Sasser (1983), mencionan que especies como *M. javanica*, *M. incognita* y *M. hapla* produjeron agallas en las raíces de

plantas inmunes y altamente resistentes como el naranjo híbrido (*Citrus sinensis* x *Poncirus tomoshata*), de la misma forma *M. incognita* también produjo agallas en raíces de naranja agria. Después de ocho semanas las agallas contenían numerosos segundos estadios larvales ensanchados, pero no existía hembras adultas o masas de huevos.

Taylor y Sasser (1983) reportan que el desarrollo y reproducción de las larvas de *Meloidogyne* es determinado por la habilidad que tienen para interactuar compatiblemente con el hospedero, para de esta forma llegar a formar las células gigantes y poder alimentarse. Si el hospedero y el nematodo no son compatibles, se forma una pequeña proporción de células gigantes y, probablemente, una proporción aún más pequeña de larvas se desarrollen hasta la fase adulta, originando de esta forma plantas resistentes a una especie determinada de *Meloidogyne*.

Por otro lado, los mismos autores hacen notar que la incompatibilidad de las larvas de *Meloidogyne* con la células de la raíz estará determinada por la reacción que esta cause, donde las secreciones glandulares esofágicas emitidas por la larva hacia la célula no llegan a causar ningún efecto en la célula, evitando de esta forma la hipertrofia de la célula y por ende restringiendo la alimentación adecuada de la larva y evitando de esta forma se complete el ciclo de la larva. También indican que las larvas que invaden raíces de plantas resistentes pueden:

- a) Desarrollarse como hembras hasta volverse adultas pero sin producir huevos o producir huevos defectuosos.
- b) Desarrollar machos hasta llegar a adultos.
- c) Detener su desarrollo antes de completar la segunda, tercera y cuarta muda.
- d) Ser muertas por una reacción inmune.
- e) Dejar la raíz y aún en segundo estadio ser capaz de entrar a otra raíz.

2.11. Comportamiento poblacional de nematodos

Coro, (2005) llegó a observar que la formación de agallas por nematodos *Meloidogyne* se encuentra relacionada con las densidades de poblaciones

inoculadas, donde llego a observar que a medida que fue incrementando la concentración del inóculo (huevos de nematodos y juveniles), aumentaba el número de nódulos y de la misma forma la presencia de masas de huevos en las raíces de las variedades de café susceptibles.

Con relación a las variables de reproducción Bolívar (1984) determino que después de haber inoculado diferentes poblaciones de *Meloidogyne exigua* en clones de *Coffea canephora* encontró diferencias evidentes en los que se refiere al número de huevos, obteniendo un mayor número en algunas de las poblaciones en estudio. Llegando a evidenciar que el comportamiento de las plantas al ataque de las poblaciones de *Meloidogyne* varía ya que cada una de las poblaciones de nematodos tiene diferente forma de interactuar en su ataque.

2.12. Ecología de las especies de *Meloidogyne spp.*

Taylor y Saser (1983), mencionan que la mayoría de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne* se ubican entre los 5 a 30 cm debajo de la superficie del suelo, llegando a disminuir la población hasta un metro de profundidad. El mismo autor también menciona que existen factores muy importantes que influyen en el desarrollo de las poblaciones de *Meloidogyne* frente a una planta susceptible como son la temperatura, humedad del suelo y la textura del mismo.

2.12.1. Temperatura del suelo

El mismo autor menciona, que la temperatura del suelo es mayormente determinado por el clima, el cual depende de la latitud, altitud sobre el nivel del mar, localizaciones geográficas y variación estacional.

Lordello (1977), indica que la duración del ciclo biológico de los nematodos *Meloidogyne* depende de factores, como la temperatura y la planta hospedera, también indica que a una temperatura de 27.5 a 30°C, el estadio adulto se alcanza a los 17 días después de la penetración de los individuos de

segundo estadio en las raíces. A temperaturas inferiores a los 15°C, o superiores a los 33°C, el ciclo biológico no puede llegar a completarse.

Lima (1985), citado por Campos et al., (1990), observó que un periodo adecuado para que *Meloidogyne exigua* completara su ciclo era el de 32 a 42 días a una temperatura de 25 a 30°C.

2.12.2. Humedad del suelo

Wallace (1981), indica que las especies de *Meloidogyne* dependen del agua en el suelo para continuar su vida y todas sus actividades. Las larvas y los huevos mueren en suelo seco; pero pueden sobrevivir si hay suficiente humedad para mantener el aire del suelo. También menciona que las larvas emergen rápidamente de los huevos y se mueven con libertad a través de los poros del suelo (espacio entre las partículas del suelo). Con un bajo contenido de agua se inhibe la emergencia ya que algo de agua es extraída de los huevos. Por otro lado en suelos muy húmedos, la emergencia puede inhibirse y el movimiento larval disminuye por falta de oxígeno.

2.12.3. Textura del suelo

Wallace (1981) menciona que las larvas del nematodo se movilizan a través de los poros del suelo. El tamaño de estos espacios porosos depende del tamaño de las partículas del suelo, este movimiento se imposibilita si los espacios porosos son tan pequeños a tal extremo de impedirles a los nematodos a deslizarse a través de ellos y la movilidad será máxima cuando la proporción entre el diámetro de la partícula sobre la longitud del nematodo es alrededor de 1:3.

El mismo autor indica que muchos nematólogos han informado que el nematodo del nódulo de la raíz es más severo en suelos arenosos que en suelos arcillosos. En un experimento realizado en Arizona (Estados Unidos) se observó que el nematodo del nódulo de la raíz provocó daño severo a los cultivos de algodón sembrados en suelos con 50% o más de arena y en suelos limo arcillosos hubo

pocos nódulos de la raíz . Muchos autores coinciden en que suelos con gran porcentaje de arcilla el daño es mínimo y es máximo en suelos arenosos.

2.13. Identificación de especies de nematodos

Magunacelaya (1999) citado por Coro (2005) menciona que la identificación de especies del género *Meloidogyne spp.* , está basado en técnicas basadas en los caracteres morfológicos tales como el dibujo perineal de la hembra, la cabeza del macho y la morfología del estilete. Pero el rasgo más representativo para la identificación es el diseño perineal en la región posterior del cuerpo de la hembra, cuya región comprende el término de la cola, fasmidios, líneas laterales, ano y vulva, los cuales se encuentran rodeados por pliegues cuticulares o estrías que permite reconocer o identificar a las especies.

Triantaphyllou (1985) y Fargette, (1987) citados por Rojas (1998) mencionan que las herramientas clásicas de taxonomía utilizadas en el caso de los nematodos fitoparásitos, que consisten en estudios morfológicos o morfométricos no son suficientes para caracterizar con precisión las poblaciones de nematodos por la gran variabilidad de esta características. En el caso del género *Meloidogyne*, se ha utilizado esencialmente la observación de placas perineales (diseños cuticulares alrededor del ano).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación Geográfica

El trabajo experimental se realizó en el vivero de la Colonia Coronel Manchego ubicada en la provincia Caranavi del departamento de La Paz.

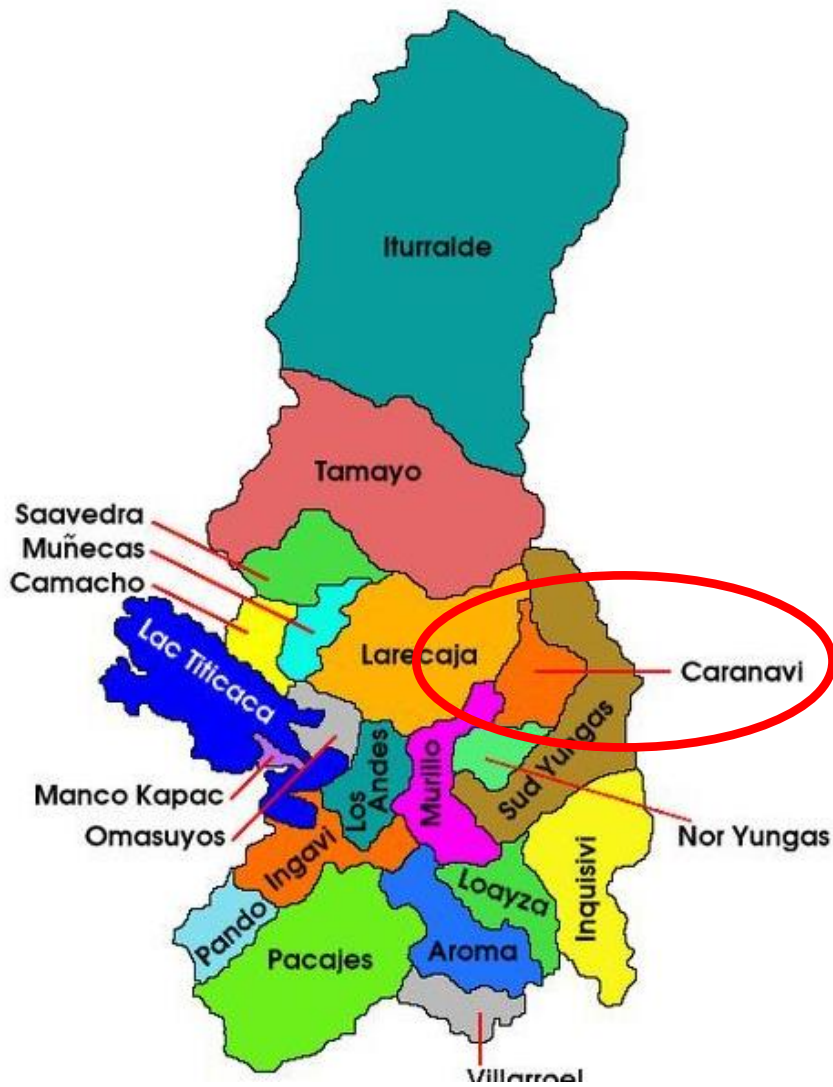


Figura 7. (a) Ubicación del departamento, provincia y cantones del estudio

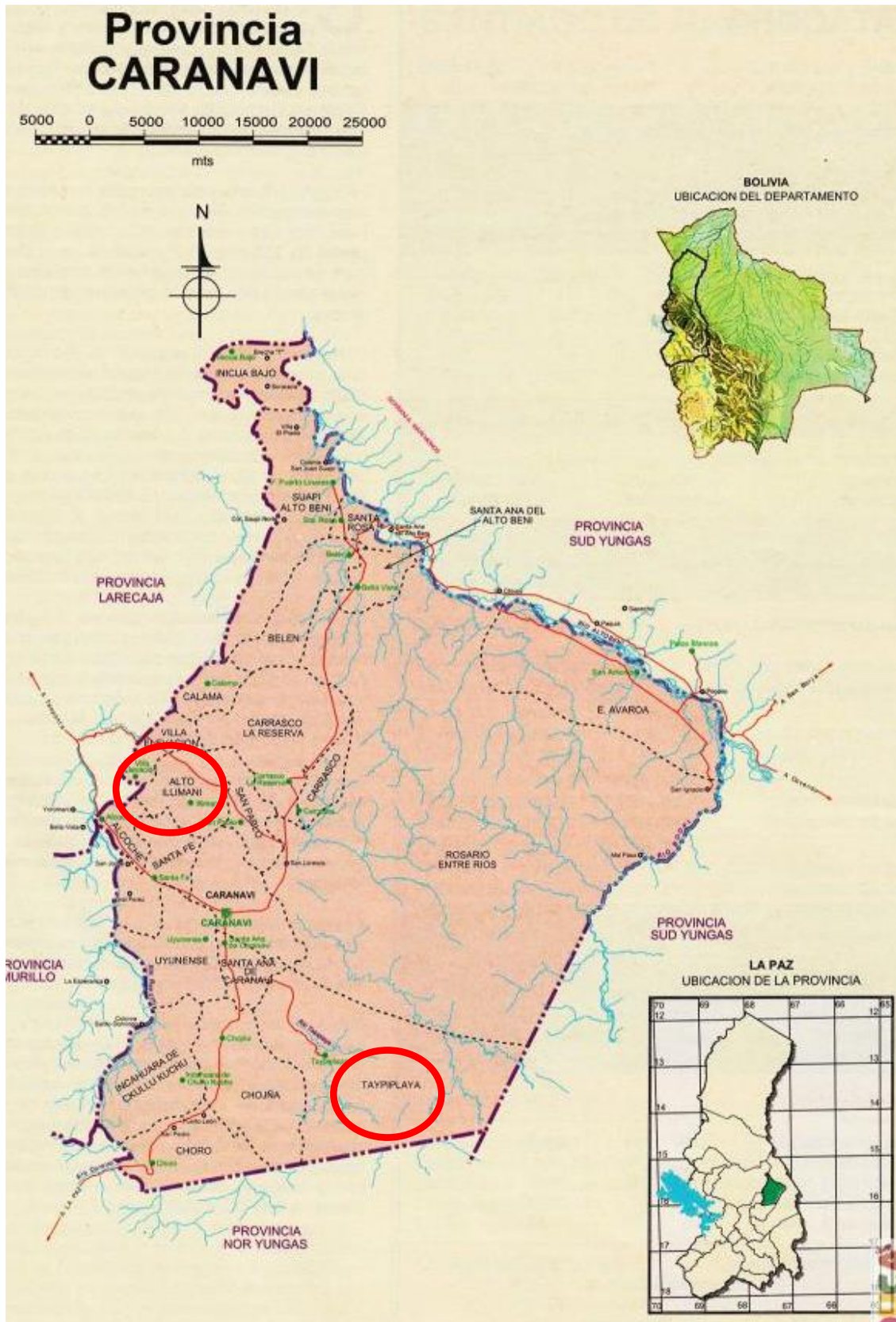


Figura 7 (b). Ubicación del departamento, provincia y cantones del estudio

3.1.1. Características de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de La Paz-Bolivia, provincia Caranavi, Colona Coronel Manchego, ubicada al Este del departamento de La Paz, entre las coordenadas geográficas de 67°30' de longitud Oeste y 16°15' de latitud Sur, a una altura de 605 m.s.n.m., con temperaturas que oscilan entre los 15 y 36°C (media anual), una precipitación pluvial media actual que fluctúa entre 900 y 1.500 mm. y humedad relativa del 75 % (Mapa Fisiográfico y Cartográfico del IGM).

Según datos del PDM 2002-2006, los suelos del Municipio de Caranavi presentan una pérdida progresiva de fertilidad, debido principalmente a la falta de reposición de los elementos nutritivos a causa de la poca fertilización y abonamiento que se realiza en las plantaciones y cultivos, y por otro lado, debido a la erosión que es la causa más importante para la pérdida de capa arable de los suelos cultivables, situación que se ha detectado generalmente en la zona media y baja donde se cultivan frutales y algunas hortalizas.

Según Pérez (2008), señala que la vegetación en la parte Nor se puede observar la presencia de áreas de cultivo y bosques secundarios en zonas de colonización y zonas de cultivo tradicional. En la parte intermedia de las mismas coordenadas se tiene presencia de bosques densos siempre verdes (Nublado Perhúmedo Montano), con comunidades de vegetación arbórea y arbustiva en zonas húmedas Sub Montano. En la parte Nor - Oeste nuevamente se tiene presencia de áreas de cultivos y bosques secundarios, en zonas de colonización y en zonas de cultivos tradicionales. En la parte Sur- Oeste se tiene predominancia de bosque denso mayormente siempre verde con comunidades arbóreas y arbustivas en zonas húmedas sub montano; hacia el sur se tiene bosque denso siempre verde (Nublado Perhúmedo montano), colindado con áreas de cultivos y bosques secundarios en zonas de colonización y zonas de cultivos tradicionales. En la parte Sur - Este se cuenta con una predominancia de áreas de cultivos y bosques secundarios en zonas de colonización y zonas de cultivo tradicional.

3.2. Materiales

3.2.1. Material Vegetal

El material vegetal utilizado para el experimento fueron semillas de café de variedades mejoradas e introducidas de café.

- Semilla de café de la variedad Catuai Rojo (500 gr.)
- Semilla de café de la variedad Castilla (500 gr.)
- Semilla de café de la variedad Ambaro 1 (500 gr.)
- Semilla de café de la variedad Ambaro 2 (500 gr.)
- Semilla de café de la variedad Cepac 1 (500 gr.)
- Semilla de café de la variedad Cepac 2 (500 gr.)
- Semilla de café de la variedad Capac 3 (500 gr.)
- Raíces de cultivos de café con nodulaciones provocadas por nematodos

3.2.2. Material de campo

- **Vivero:**
- Almaciguera (3.5 m x1 m)
- Bolsas negras de polietileno (27x15 cm)
- Sustrato (arena y abono)
- Machete, picota, pala, etc.

3.2.3. Material de Laboratorio

- Balanza de precisión (0,01 g)
- Tamices
- Pipeta (10 ml)
- Agujas de disección
- Bisturí
- Porta objetos milimetrado
- Cubreobjetos
- Estereoscopio (0,6x10)
- Vaso de precipitación
- Colorante floxina "B"

3.3. Metodología

3.3.1. Fase de germinadero (Almacigo)

En esta fase la germinación de las variedades introducidas y mejoradas de café se lo hizo en un ambiente abierto (almaciguera), debidamente manejado y cubierta para de esta forma poder garantizar la germinación libre de plagas y enfermedades.

La siembra de las semillas se realizó en almaciguera de 3.5x1 m.; el sustrato sugerido por Barrientos (1996) para esta fase fue arena.

El sistema de siembra utilizado fue a chorro continuo; donde las etapas de germinación, fósforo y chapola transcurrirán en un tiempo de dos meses, tiempo que duró la fase de germinación.



Figura 8. Almacigado de semillas de variedades mejoradas e introducidas de café

3.3.2. Criterios de selección de las zonas de estudio para la recolección de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*

Los criterios tomados en cuenta para la recolección de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, fueron los siguientes:

- 1) Zona o colonia con mayor producción de café.
- 2) Estudios anteriores realizados con nematodos.
- 3) Colonias pertenecientes o agrupadas a Cooperativas cafetaleras.
- 4) Aceptación por parte de los productores para realizar el trabajo de muestreo.

5) Colonias recién establecidas con plantaciones nuevas de café.

3.3.3. Características de las colonias seleccionadas de la Provincia Caranavi para la recolección de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*

Para la recolección de Poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, se realizó la delimitación del área de estudio, el cual comprendió dos colonias de la Provincia Caranavi: Colonia Illimani C que forma parte del Cantón Alto Illimani, ubicada a 23 Km de la población de Caranavi; Colonia Broncini del Cantón Taipi Playa distante a 51.3 Km de la población de Caranavi (Tabla 3).

Tabla 3. Características geográficas y generales de las colonias seleccionadas de la Provincia Caranavi

Colonia	Coordenadas (S)	Altitud m.s.n.m.	Número de propiedades por Colonia	Número de propiedades evaluadas	Relación porcentual
Alto Illimani	LS 15°45'517" LO 67°34'411"	1521	48	5	10.41%
Taypiplaya	LS 15°56'760" LO 67°27'232"	1126	43	5	11.62%
TOTAL			91	10	11.01%

LS = Latitud Sud; LO = Longitud Oeste; S= Datos GPS (Fuente propia)

La recolección de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* (raíces de café con nódulos), se la realizó a fines del mes de diciembre en plantaciones ya establecidas, donde la selección de dichas plantaciones se realizó en base a los criterios mencionados en el anterior punto.

3.3.4. Recolección de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*

La recolección de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, se la llegó a realizar de la siguiente manera:

- 1) Se realizó muestreo en zig zag, llegándose a tomar cinco plantas por cada recorrido en plantaciones de café constituidas por variedades de *Coffea arábica* como la Típica y algunas mejoradas como la Caturra, donde todas las plantas en su totalidad presentaban nodulaciones por el ataque de nematodos *Meloidogyne*. La edad de los cafetales en cada una de las Colonias muestreadas fluctuaba entre los 10 a 38 años.
- 2) La extracción de las raíces con nódulos, donde en el interior se encontraban los nematodos *Meloidogyne*, se la realizó a 15 cm de la base del tallo y a 10 cm de profundidad recomendados por (Cuharay et al., 2000), en una proporción de 10g/planta, esto con el fin de no dañar y dejar sin raíces a la planta.

El número de plantas y cantidad de raíz con nódulos extraídos se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Número de propiedades y material vegetal muestreado

	Nº de propiedades muestreados	Nº de plantas muestreadas / propiedad	Raíz extraídas/planta (g)	Raíz total (g)
Alto Illimani	5	10	10	500
Taypiplaya	5	10	10	500
TOTAL	10	20		1000

3.3.5. Extracción de nódulos para el proceso de inoculación de poblaciones de nematodos *Meloidogyne*

Una vez recolectadas raíces secundarias con presencia de nódulos o agallas de las plantaciones de café, se procedió a extraer solo los nódulos o agallas de la siguiente manera:

- 1) El material recolectado (raíces con presencia de agallas), fue preparado en el vivero, donde todas las raíces agalladas fueron lavadas una sola vez con agua y separadas por poblaciones, esto con el fin de separar otros

agentes de contaminación y por otro lado evitar la pérdida de las masas de huevos de *Meloidogyne* presentes en el exterior de algunas agallas.

- 2) Con la ayuda de una tijera previamente desinfectada en alcohol al 70% se procedió a separar o cortar solo las agallas de las raíces laterales, de esta forma llegar a obtener los huevos, estados juveniles y hembras de nematodos *Meloidogyne spp.*, presentes en el interior de las agallas. El total de agallas obtenidas durante todo el proceso de extracción, llegó a pesar 250 g, lo que representaba la cuarta parte del total de gramos de raíz recolectado por población.
- 3) Una vez obtenido solo las agallas, se llegó a pesar pequeñas muestras de 4 g del total de agallas obtenidas de cada población, esto con el fin de introducir los 4 g del inóculo en cada una de las macetas preparadas en el vivero.



Figura 9. Raíces recolectadas de nematodos *Meloidogyne spp.*

3.3.6. Fase de vivero – Inoculación

3.3.6.1. Preparación del vivero

En esta fase se utilizó un vivero de 4x2 m con un techo de palmas que tenía una altura de 1.5 m, con el objetivo es proporcionar sombra a los plantines, el cual se fue reduciendo poco a poco.

3.3.6.2. Preparación del sustrato

El sustrato utilizado en esta fase, estuvo compuesto por una mezcla de abono y arena (2:1), dicha mezcla fue distribuida en 120 bolsas plásticas negras (27x15 cm).



Figura 10. Preparación de sustrato fase para las macetas

3.3.6.3. Embolsado del sustrato e inoculación.

Luego de haberse preparado el material de inoculación se procedió a embolsar el sustrato preparado, añadiendo a este 4 gr. del material de inoculación (nódulos de café de *Meloidogyne spp.* recolectados), para de esta forma garantizar la inoculación con los nematodos *Meloidogyne*.

Durante esta etapa lo que se hizo fue introducir los 4 gr. de nódulos (material de inoculación) en cada una de las macetas de acuerdo al croquis del experimento,

diferenciándolas por poblaciones de nematodos recolectadas y las variedades de café en estudio.



Figura 11. Embolsado del sustrato

3.3.6.4. Repicado

Finalmente se realizó el repicado (trasplante) de las plántulas de variedades mejoradas e introducidas de café en cada una de las macetas preparadas con el sustrato y el inoculo. Cabe aclarar que este transplante se lo hizo cuando las plántulas de café se encontraban en el estado de fosforito y mariposa.



Figura 12. Repicado de las plántulas de café

3.3.7. Fase de Laboratorio

Sesenta días después de la infestación se determinó en laboratorio el comportamiento de desarrollo y reproducción (número de agallas y diámetro de agallas) de las dos poblaciones de nematodos, en las variedades mejoradas e introducidas de café.

Luego se procedió a determinar el porcentaje de infestación presente en cada una de las variedades mejoradas de café.

La determinación del grado de susceptibilidad se la hizo mediante escala Taylor la cual estuvo en función al porcentaje de infestación presente en cada una de las variedades mejoradas e introducidas de café con relación a una variedad de café susceptible como es la Catuai. (Anexo Cuadro .1)

3.4. Variables de respuesta

3.4.1. Número de nódulos por planta

El número de nódulos desarrollados por cada una de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en las variedades mejoradas e introducidas, fue evaluado por conteo directo, de las cuales se extrajeron con mucho cuidado cada una de las plántulas de las variedades mejoradas de café.

Una vez extraídas las plántulas de cada una de las macetas con sus respectivas raíces, se procedió a separarlas por variedades para luego lavarlas, y con la ayuda de una lupa se procedió a observar las agallas desarrolladas para luego empezar a cuantificarlas.

3.4.2. Diámetro del nódulo

Luego de haberse realizado la cuantificación del número de nódulos desarrolladas en las raíces de las variedades de café en estudio, se procedió a dividir cada una de las

raíces en tres tercios, para luego con la ayuda de una pinza y tijera extraer cada una de las agallas de cada tercio, para luego colocarlas en el porta objeto milimetrado y realizar la observación correspondiente en el estereoscopio, llegando a obtener de esta forma el diámetro de cada una de las agallas, para luego promediarlas y de esta forma obtener un valor para cada muestra.

3.4.3. Número de huevos de nematodos *Meloidogyne spp.* por planta

El método utilizado para la determinación del número de huevos existentes en las raíces recomendado por Franco, (1998), fue el de la licuadora, donde se llegó a procesar los nódulos extraídos de cada uno de raíces muestreadas. El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

- 1) Las raíces obtenidas de cada una de las variedades se trozaron con una tijera en pedazos de dos centímetros de longitud.
- 2) Se homogenizó y luego se colocaron en una licuadora a la cual se añadió 200 ml de agua y dos gotas de solución jabonosa, para luego empezar a licuarlas a máxima velocidad por un tiempo de 30 segundos.
- 3) Se recolectó la muestra licuada sobre una batería de tamices de 60, 100 y 400 mesh, donde se lavó la muestra con agua de grifo. El tamiz de 60 y 100 mesh recolectó el material grueso el cual se descartó y el de 400 mesh se lo recogió en un tubo de centrifugación.
- 4) Se llegó a centrifugar cada una de las muestras por tres minutos a 3000 r.p.m., para luego eliminar el agua del tubo de centrifugación y añadir nuevamente una solución de azúcar al 50%, para centrifugar nuevamente por otros tres minutos y de esta forma obtener los huevos de nematodos hembras *Meloidogyne spp.* en la parte superior del tubo.
- 5) La solución de azúcar fue vertida en el tamiz de 400 mesh el cual fue lavado con mucho cuidado con la ayuda de una piceta, para luego concentrar el material recolectado en una pequeña placa petri, para luego realizar la

observación y conteo correspondiente del número de huevos obtenidos en el estereoscopio.

3.4.4. Evaluación del grado de susceptibilidad mediante Escala Taylor

Para la clasificación del grado de resistencia de cada una de las variedades en estudio, al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, se llegó a considerar la clasificación propuesta por Taylor (1968), donde se toma en cuenta el número de agallas desarrolladas. La determinación del número de agallas nos permitió obtener el porcentaje de nodulación de las variedades mejoradas e introducidas, con relación a una variedad susceptible como es la Catuai, y de esta forma determinar el grado de resistencia de las dos variedades anteriormente mencionadas como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación propuesta por Taylor (1968) para definir el grado de susceptibilidad de plantas hospederas de nematodos

Grado de Infestación	Clasificación	Descripción
1	Susceptibles	Plantas en las que es normal la reproducción y formación de agallas.
2	Ligeramente Resistentes	Plantas en las que la reproducción y formación de agallas es del 25 al 50% en relación con las plantas susceptibles.
3	Moderadamente Resistentes	Plantas en las que las formación de agallas es del 10 al 25% en relación con las plantas Susceptibles.
4	Muy Resistentes	Plantas en las que la reproducción y formación de agallas es del 1 al 10% en relación con las plantas Susceptibles.
5	Altamente Resistentes	Plantas en la que tiene lugar la reproducción y formación de agallas, pero menor al 1% en relación con las plantas Susceptibles.
6	Inmunes	Plantas en las que No se reproducen los nematodos y tampoco forman agallas.

3.4.5. Identificación de especies de fitonematodos *Meloidogyne spp.* mediante caracterización de placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano)

3.4.5.1. Preparación de placas perineales

A continuación se explica el procedimiento realizado para la preparación de las placas perineales, para la identificación de especies de *Meloidogyne* (figura 13).

- 1) Para la obtención de las placas perineales se tuvo que realizar una serie de pasos sugeridos por Rojas (1998) y Coro (2005), donde con la ayuda de un estereoscopio y agujas de disección, se realizó la extracción de las hembras maduras del interior de las agallas desarrolladas en las raíces de cada una de las variedades en estudio, para luego colocar en un portaobjeto cada una de las hembras de *Meloidogyne spp.* sobre una gota de agua.
- 2) Haciendo uso de un bisturí y agujas de disección se realizó un corte en la parte anterior (cabeza) del nematodo hembra *Meloidogyne* a nivel de los nódulos basales del estilete, con el propósito de extraer el contenido de la hembra y de esta forma facilitar el segundo corte.
- 3) El segundo corte se lo realizó en la parte posterior de la hembra que corresponde a la región cuticular alrededor del perineo (espacio entre la vulva y el ano); obtenida esta porción de tejido se realizaron nuevos cortes de esta microscópica porción a fin de extender la cutícula.
- 4) Esta pequeña porción fue llevada a un porta objetos, sobre una gota de ácido láctico al 45% de concentración, por un tiempo de 10 minutos, con el objeto de limpiar los huevos y residuos de intestino adherida en la parte interna de la cutícula.
- 5) Finalmente, esta muestra fue llevada a otro portaobjetos, sobre una gota de lactofenol, teniendo cuidado de extenderlo bien en el fondo de la gota de

lactofenol, para luego cubrirlo con un cubreobjetos, el cual es sellado utilizando esmalte incoloro de uñas.

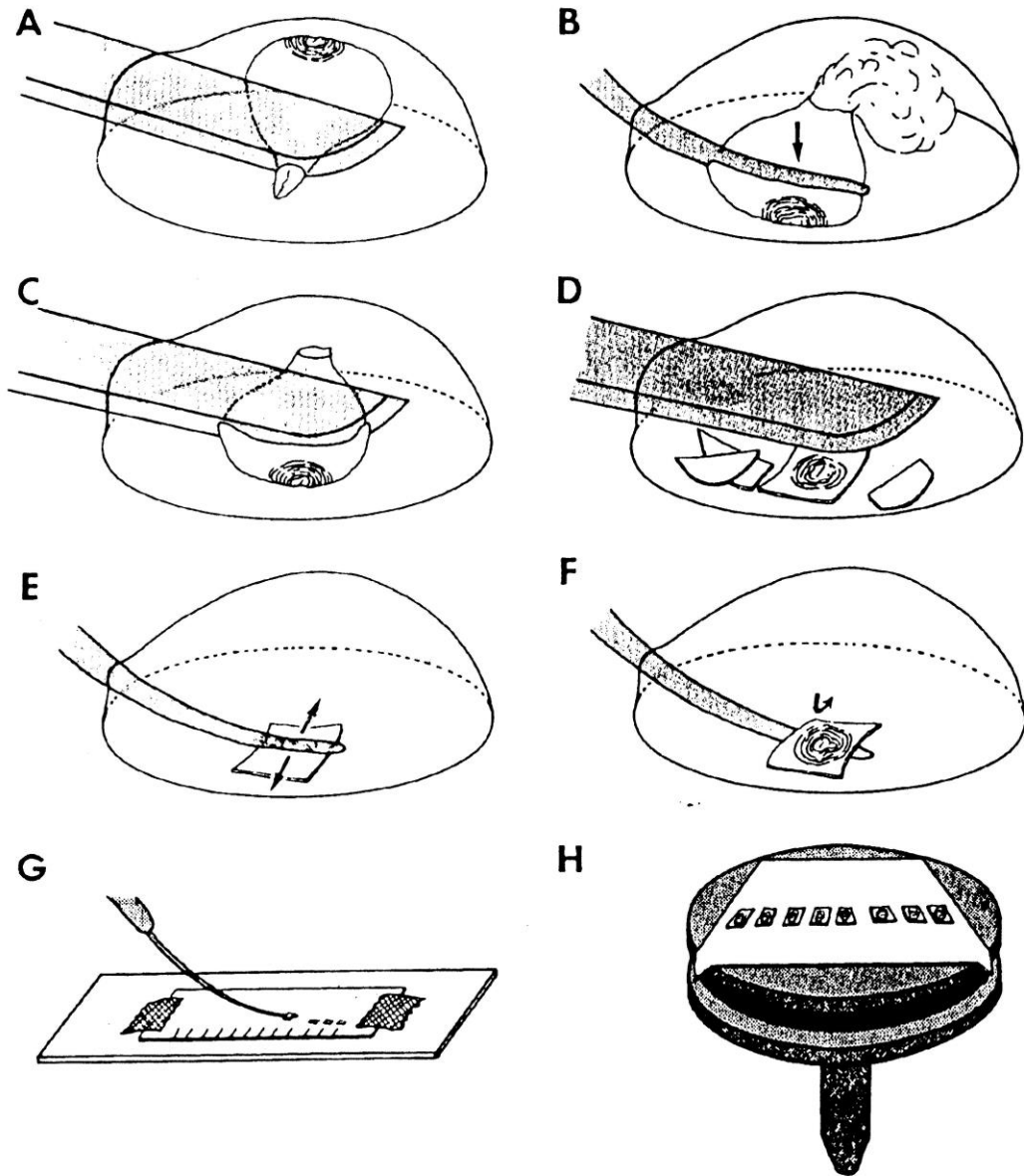


Figura 13. Diagrama que ilustra los pasos en la preparación de patrones perineales para la observación en el microscopio. A) La hembra es colocada en una gota de 45% de ácido láctico y la cabeza es sacada con un bisturí. B) El contenido del cuerpo es empujado afuera a través del corte usando una pestaña para pescar nematodos. C) El tercio posterior de la cutícula es sacado. D) El

patrón perineal es formado en una pieza cuadrada pequeña de cutícula. E, F) El corte es dado la vuelta y delicadamente lavado. G) El patrón perineal es montado en el portaobjetos para luego ser sellado. H) El patrón perineal es identificado mediante claves pictóricas. (Fuente Rojas, 1998).

3.4.5.2. Determinación de especies

Una vez realizado el montaje de las placas perineales, con la ayuda de un microscopio óptico binocular se procedió a la identificación correspondiente de cada uno de los montajes obtenidos y de esta forma llegar a determinar la especie de *Meloidogyne* presentes en las raíces de las variedades de café en estudio.

Dicha identificación se la realizó mediante claves pictóricas basadas en la morfología de los modelos o placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano y la vulva), descritas y publicadas por el Proyecto Internacional de *Meloidogyne* de la Universidad de Carolina del Norte (1983) y el Manual de Agricultura Nematológica de Nickle (1991), (figura 13).

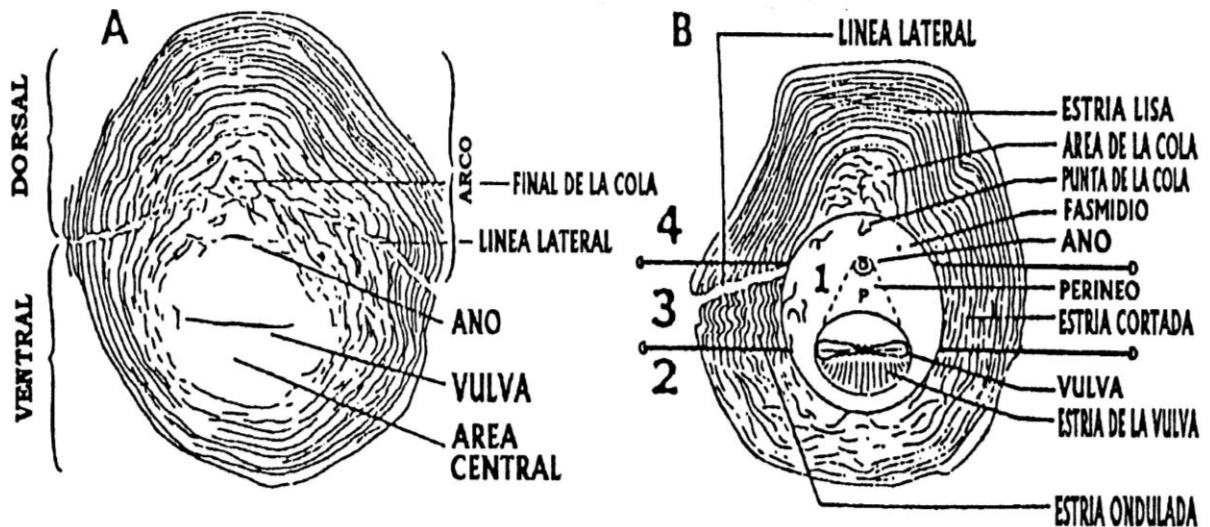


Figura 14. Dos sistemas de nomenclatura del patrón perineal: A: Diagrama de un patrón perineal de *M. Javanica* (Taylor, Dropkin y Martín, 1955).

B: Patrón perineal dividido en sectores para facilitar su descripción. El sector 1 es el área alrededor del ano y la vulva. El sector 2 es el área por debajo de la vulva. El sector 3 esta definido por las líneas horizontales que pasan a través de la vulva y el ano, respectivamente. El sector 4 es la parte por encima del ano. Las estrías en varios sectores pueden ser descritas como no presentes, suaves, onduladas, quebradas, no quebradas (continuas), regulares o irregulares (Esser, Perry y Taylor, 1976). (Fuente Rojas, 1998)

3.5. Diseño Experimental

Debido a que el experimento se realizó en condiciones de vivero se utilizó un Diseño de Bloques al Azar bajo una Distribución Factorial (De La Loma,1980), donde se ensayaron dos factores: Factor A (Población de nematodos *Meloidogyne spp.*) y factor B (Variedades de café) con tres repeticiones, donde cada repetición estuvo constituida de 10 plántulas de café (Variedades mejoradas), haciendo un total de quince macetas por población.

Factor A: Población de nematodos *Meloidogynes*:

- a1 : Población de *Meloidogyne* Alto Illimani
- a2 : Población de *Meloidogyne* Taypi Playa

Factor B: Variedades de café:

- b0 : Variedad de café Catuai Rojo
- b1 : Variedad de café Castillo
- b2 : Variedad de café Amboro 1
- b3 : Variedad de café Amboro 2
- b4 : Variedad de café Cepac 1
- b5 : Variedad de café Cepac 2
- b6 : Variedad de café Cepac 3

3.5.1. Tratamientos

El estudio considera los efectos de catorce tratamientos:

Tabla 6. Distribución de tratamiento del experimento

Tratamiento	Combinación de niveles por factor	Descripción de los niveles del factor A con el factor B
T1	a1 b0	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani con Var. Café Catuai
T2	a1 b1	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani Var. Café Castilla
T3	a1 b2	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani con Var. Café Amboro 1
T4	a1 b3	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani con Var. Café Amboro 2
T5	a1 b4	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani con Var. Café Cepac 1
T6	a1 b5	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani con Var. Café Cepac 2
T7	a1 b6	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Alto Illimani con Var. Café Cepac 3
T8	a2 b0	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Catuai
T9	a2 b1	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Castilla
T10	a2 b2	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Amboro 1
T11	a2 b3	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Amboro 2
T12	a2 b4	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Cepac 1
T13	a2 b5	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Cepac 2
T14	a2 b6	Pobl. <i>Meloidogyne spp.</i> Taypi Playa con Var. Café Cepac 3

3.5.2. Modelo lineal aditivo

El modelo lineal estadístico utilizado fue el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

X_{ijk} = Una observación cualquiera

- μ = La media poblacional
- β_k = Efecto del k-ésimo bloque
- α_i = Efecto del i-ésimo población de nemátodos
- γ_j = Efecto del j-ésimo variedad de café
- $\alpha\gamma_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima población de nematodos con el efecto de la j-ésima variedad de café (Interacción A x B)
- ϵ_{ijk} = Error experimental

3.5.3. Croquis del Experimento

N

I

T1	T2	T3	T4	T4	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

II

T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T1	T2	T3	T4	T4	T6	T7
----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----

III

T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8
----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

3.5.3.1. Características de las Unidades Experimentales

Las características de las unidades experimentales fueron las siguientes:

- Numero de Bloques del Experimento: 3
- Número total de Unidades Experimentales: 42
- Número de Unidades Experimentales por bloque: 14
- Numero de macetas por tratamiento: 5
- Numero de macetas por bloque: 70
- Número total de macetas del Experimento: 210
- Largo del vivero: 4 m
- Ancho del vivero: 2m

3.6. Análisis estadístico

La presente investigación utilizo diversos métodos estadísticos y matemáticos, para establecer de mejor manera la información de tal forma que las funciones ajusten

adecuadamente y expresen de mejor manera el comportamiento de las variables de respuestas y el comportamiento del desarrollo de los nematodos.

3.6.1. Análisis de Varianza

Para el análisis de varianza correspondiente se tomó en cuenta algunos de los supuestos sugeridos por Little y Hills (1991), los cuales se mencionan a continuación:

a) Normalidad de datos: La realización de este supuesto estadístico fue para la determinación de la distribución Normal de datos, mediante los Test de Shapiro y Kolmogorov. No se llegó a observar una distribución normal de datos para las variables número de nódulos, número de huevos y por otro lado se observó elevados coeficientes de variación, llegando a transformarse los datos originales con la formula $\sqrt{x+05}$ para de esta forma obtener una distribución normal de los datos y coeficientes de variación dentro de los rangos establecidos (Anexo 2,3,4).

b) Homogeneidad de varianzas: Este supuesto de análisis de varianza fue utilizado para la observación del comportamiento de cada uno de los tratamientos planteados en la presente investigación y determinado mediante la prueba de Barlett (Anexos 2, 3,4).

c) Pruebas de medias: Para la determinación de medias para Poblaciones de nematodos se utilizó la prueba de Duncan para las variables número de nódulos, diámetro de agallas y número de huevos.

Para la observación de medias para variedades de café se utilizó la Prueba de Dunnett, considerando a la variedad Catuai como testigo a un nivel de significancia del 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Grado de susceptibilidad de variedades mejoradas e introducidas de café al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*

4.1.1. Porcentaje de nódulos

Para la determinación del porcentaje de nódulos desarrolladas se tomó en cuenta los promedios obtenidos del número de nódulos de las variedades Castillo, Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Cepac 3, para luego compararlos con la variedad Susceptible que es la Catuai Rojo, la cual asume un porcentaje de nodulación del 100% como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de nódulos desarrollados por la población de nematodos *Meloidogyne spp.* Alto Illimani en las variedades mejoradas e introducidas de café.

	Variedades de Café						
	Catuai Rojo	Castillo	Amboro 1	Amboro 2	Cepac 1	Cepac 2	Cepac 3
Promedio N° nódulos	6.66	2.66	0.66	0.33	0.66	0.66	0.66
Porcentaje de nódulos (%)	100	40	10	5	10	10	10

De acuerdo a lo observado en la tabla 7, con relación al porcentaje de nódulos desarrollados por la Población de nematodos *Meloidogyne spp.* de Alto Illimani, se pudo encontrar que la variedad de café Castillo, variedad introducida, llegó a desarrollar mayor porcentaje de nódulos con relación a las otras variedades de café mejoradas e introducidas con 40% de nodulación. No llegó a ocurrir lo mismo con las variedades de café Amboro 1 y Amboro 2 (Variedades de café mejoradas) que llegaron a desarrollar porcentajes de nodulación de 10 y 5%. Las variedades de café Cepac 1, Cepac 2, Cepac 3 (variedades introducidas), desarrollaron porcentajes de nodulación del 10% al ataque de nematodos *Meloidogyne* Alto Illimani.

Tabla 8. Porcentaje de nódulos desarrollados por la población de nematodos *Meloidogyne* spp. Taipi Playa en las variedades mejoradas e introducidas de café.

	Variedades de café						
	Catuai Rojo	Castillo	Amboro 1	Amboro 2	Cepac 1	Cepac 2	Cepac 3
Promedio Nº nódulos	10.33	5.66	0.66	0.33	0.66	0.66	0.33
Porcentaje de nódulos (%)	100	54.83	6.45	3.22	6.45	6.45	3.22

De acuerdo a lo observado en la tabla 8, con relación al porcentaje de nódulos desarrollado por la Población de nematodos *Meloidogyne* spp. Taipi Playa, se pudo encontrar que la variedad de café Castillo, variedad introducida, llegó a desarrollar mayor porcentaje de nódulos con relación a las otras variedades de café mejoradas e introducidas con 54% de nodulación. No llegó a ocurrir lo mismo con las variedades de café Amboro 1 y Amboro 2 (Variedades de café mejoradas) que llegaron a desarrollar porcentajes de nodulación de 6 y 3%. Las variedades de café Cepac 1, Cepac 2, Cepac 3 (variedades introducidas), desarrollaron porcentajes de nodulación entre los 3 y 6% al ataque de nematodos *Meloidogyne* Taipi Playa.

Las variedades Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Cepac 3, llegan a mostrar bajos porcentajes de nodulación debido a la genética de las mismas, ya que sus progenitores son variedades Sarchimores que llevan el gen de la resistencia al ataque de nematodos *Meloidogyne* spp. (Bertrand Rapidel 1999 y Sera 2005).

En cambio la variedad Castillo no muestra esa resistencia o tolerancia ya que proviene del cruzamiento de la variedad Caturra con el híbrido Timor, los cuales son susceptibles al ataque de nematodos *Meloidogyne* spp. (Cenicafe, 2005).

4.1.2. Grado de resistencia

La determinación del grado de resistencia de las variedades Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Cepac 3 al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* se basó en la clasificación propuesta por Taylor (1968), donde la resistencia adquirida por las variedades mejoradas e introducidas es a nivel del género *Meloidogyne* y no así a nivel de especie. Es así que mediante una comparación realizada con una variedad susceptible como es la Catuai, se llegó a otorgar un nivel de Resistencia a las variedades tanto mejoradas como introducidas de acuerdo al porcentaje de nódulos desarrolladas por las poblaciones de *Meloidogyne spp.*

Tabla 9. Grado de resistencia de las variedades mejoradas e introducidas al ataque de la población de nematodos *Meloidogyne spp.* Alto Illimani

	Variedades de Café						
	Catuai Rojo	Castillo	Amboro 1	Amboro 2	Cepac 1	Cepac 2	Cepac 3
Grado de Infestación	1	2	4	4	4	4	4
Clasificación	Susceptible	Ligeramente Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente

De acuerdo a la clasificación propuesta por Taylor (1968), donde se compara el porcentaje de nodulación desarrollado con una variedad susceptible, se puede observar en la Tabla 9, que la variedad de Café Castillo llegó a clasificarse como una variedad Ligeramente Resistente al ataque de la población de nematodos Alto Illimani. Al contrario las variedades de café como son la Amboro 1, Amboro 2, Cepac1, Cepac 2, Cepac 3, llegaron a clasificarse como variedades Muy resistentes al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Alto Illimani.

Tabla 10. Grado de resistencia de las variedades mejoradas e introducidas al ataque de la población de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa

	Variedades de Café						
	Catuai Rojo	Castillo	Amboro 1	Amboro 2	Cepac 1	Cepac 2	Cepac 3
Grado de Infestación	1	2	4	4	4	4	4
Clasificación	susceptible	Ligeramente Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente	Muy Resistente

Para el caso de las variedades café en estudio sometidas al ataque de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa como se puede observar en la tabla 10, la escala de Taylor (1968) llega a clasificar a la variedad Castillo como una variedad Ligeramente Resistente en comparación realizada con la variedad de café Susceptible Catuai Rojo. Las variedades Amboro 1, Amboro 2, Cepac1, Cepac 2, Cepac 3, llegaron a clasificarse como variedades Muy resistentes al ataque e poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa.

Si bien estas variedades presentan una alta resistencia a *Meloidogyne exigua* no ocurre lo mismo con *Meloidogyne incógnita* especie de nematodo que puede llegar a parasitar las raíces de estas variedades, llegando a producir de esta forma las respectivas agallas (Sera, 2005), es de esta forma que al existir una menor número de individuos de *Meloidogyne incógnita* dentro de una población, el porcentaje de nodulación se reduce (Taylor, 1968).

Los nódulos desarrollados en las variedades mejoradas como Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Cepac 3, los cuales adquirieron similar porcentaje de nodulación también nos llegan a demostrar la presencia de *Meloidogyne incógnita* en las agallas recolectadas de las diferentes colonias para la infestación. Esta aseveración queda confirmada al llegarse a identificar mediante la caracterización de placas perineales la presencia de *Meloidogyne incognita* en las agallas de las variedades Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Cepac 3.

4.2. Comportamiento de desarrollo de poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en las variedades mejoradas e introducidas de café

4.2.1. Número de nódulos por planta

Para la realización del análisis de varianza para la variable de respuesta número de nódulos se procedió al análisis de los datos obtenidos mediante diferentes supuestos estadísticos, llegándose a la conclusión de que los datos obtenidos no se encontraban dentro de una distribución normal, no existía una homogeneidad de varianzas, llegándose a obtener un coeficiente de variación elevado mayor al 50% (Anexo 2).

No llegándose a cumplir los supuestos establecidos por Little y Hills (1991), se procedió a una transformación de los datos mediante la fórmula $\sqrt{x+0.5}$ y de esta forma obtener una distribución normal de los datos con una homogeneidad de tratamientos, llegándose a obtener el siguiente análisis de varianza el cual se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis de varianza para el número de nódulos para variedades mejoradas e introducidas de café.

Fuente de Variación	G L	S C	C M	F Cal	Pr > F
Bloque	2	2.49	1.25	19.43	0.0002 **
Poblaciones de nematodos	1	0.68	0.68	7.98	0.1058 NS
Variedades de café	6	16.59	2.77	43.06	0.0001 **
Población x Variedad	6	3.31	0.55	8.58	0.0009 **
Error	12	0.77	0.06		
Total	41	26.04			

GL = Grados de libertad; S.C. = Suma de Cuadrados; CM =Cuadrado medio; F Cal = F Calculada; Pr. F = Probabilidad F; ** = Altamente significativo; * = Significativo; NS = No significativo.
C V = 18.48 %

De acuerdo al análisis de varianza obtenido en la tabla 11 para esta variable de respuesta, se puede llegar a observar diferencias altamente significativas entre los bloques de estudio, Variedades de café, y la interacción Población de nematodos por variedad. No llegó a ocurrir lo mismo para las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, donde no se observó diferencias significativas entre ellas. Así mismo se llegó a observar un coeficiente de variación de 18.48% más bajo al obtenido anteriormente.

El comportamiento de microorganismos en un diseño experimental es uno de los efectos difíciles de controlar (Little, 1991), aseveración que queda confirmada al encontrarse diferencias marcadas entre los bloques de este tratamiento, el cual se debió seguramente a la existencia de hembras *Meloidogyne spp.* en diferentes estados en cada uno de los nódulos recolectados, originando de esta forma progenies en números diferentes dispuestos a parasitar las raicillas de las plántulas de café.

La no existencia de diferencia entre poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* en la formación de nódulos, se debió seguramente al tipo de sustrato utilizado en la fase de vivero, el cual se encontraba conformado por dos partes de tierra del

lugar, una parte de compost y una parte de arena, creando de esta forma un medio adecuado con espacios porosos entre partículas de suelo que facilitaban de alguna forma la movilización de los estados juveniles J2 de larvas de *Meloidogyne*, y de esta forma llegar a parasitar en las raíces de la variedad Susceptible (Wallace, 1981).

El mismo autor menciona que en un experimento realizado en Arizona (Estados Unidos), se observó que el nematodo del nódulo de la raíz llegó a provocar daño severo a los cultivos de algodón sembrados en suelos con 50% o más de arena y en suelos limo arcillosos hubo pocos nódulos de la raíz.

Este resultado coincide con lo descrito por Carneiro et al. (1996) citado por Bertrán y Rapidel (1999), quienes observaron que tanto poblaciones de *Meloidogyne spp.* recolectadas de Honduras y Nicaragua, se reproducían de manera similar en variedades Susceptibles de café con la formación de nódulos en las raíces secundarias.

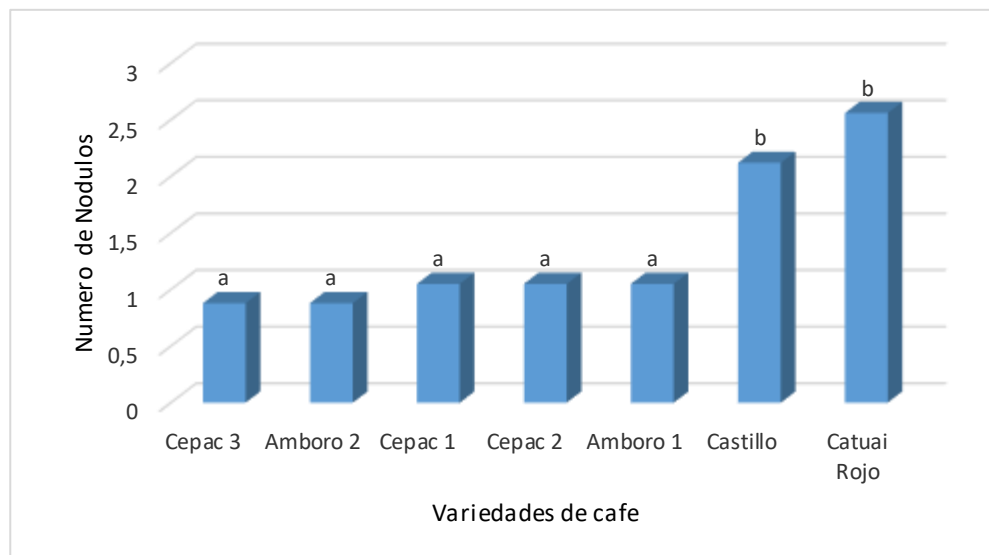


Figura 15. Prueba de medias Tukey para el número de nódulos desarrollados para variedades mejoradas e introducidas de café

Realizada la Prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% para el número de nódulos desarrollados en las variedades mejoradas e introducidas de café como se describe en la figura 15, se pudo observar diferencias altamente significativas en el desarrollo de la variable en estudio.

Es así que las variedades de café Cepac 3, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2, y Amboro 1, muestran medias altamente significativas en el número de nódulos desarrollados con relación a las medias de las variedades de café Castillo y Catuai Rojo.

La gran diferencia entre medias encontradas entre las variedades Catuai Rojo, Castillo con respecto al número de nódulos se debe a la Susceptibilidad que estas variedades presentan al ataque de nematodos *Meloidogyne spp.*, facilitando el desarrollo de nódulos en las raíces secundarias de estas variedades, donde las secreciones enzimáticas emitidas por los estados juveniles de *Meloidogyne*, llegan a causar un efecto en las células de la raíz y de esta forma provocan la formación de los nódulos correspondientes (Avendaño y Morera, 1987).

Por el contrario las variedades de café que desarrollaron un reducido número de nódulos en la raíces se debe a que las células ubicadas en las raíces secundarias no llegaron a ser afectadas por las enzimas secretadas por nematodos *Meloidogyne exigua*. Pero si llegaron a ser afectadas por nematodos de la especie *Meloidogyne incognita*, especie de nematodo que si llega a provocar un efecto en las células de la raíces de las variedades anteriormente mencionadas, llegando a hipertrofiar (agrandar las células) y producir continuas divisiones celulares y de esta forma producir las respectivas agallas (Rohde y McClure, 1975).

Sera (2005) al respecto menciona que las variedades de Sarchimores llegan a presentar una elevada resistencia a *Meloidogyne exigua* y no así a *Meloidogyne incógnita* a la cual muestra cierta Susceptibilidad.

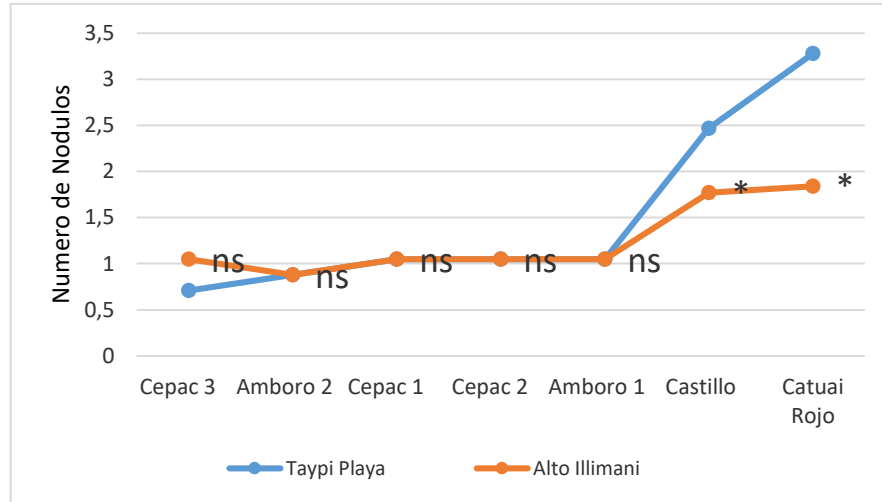


Figura 16. Interacción Población de nematodos por variedades de café

De acuerdo a los resultados estadísticos encontrados en la interacción de población de nematos y variedades de café, se puede mencionar que en las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa y Alto Illimani las variedades de café Cepac 3, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Amboro 1 no presentaron diferencias significativas en el desarrollo del número de nódulos, pero si las variedades Castillo y Catuai Rojo llegaron a mostrar diferencias significativas dentro de las poblaciones de nematodos Taipi Playa y Alto Illimani.

Por lo que se puede evidenciar que las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa y Alto Illimani se comportaron de igual forma en el desarrollo de número de nódulos no provocando, esto debido a que evidentemente las variedades de café Cepac 3, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2 y Amboro 1 muestran tolerancia a nematodos de la especie *Meloidogyne exigua* en ambas poblaciones, no así las variedades de café Castillo y Catuai Rojo que mostraron un diferenciado desarrollo de nódulos al ataque de las dos poblaciones de nematodos.

4.2.2. Diámetro de nódulos

En la realización del análisis de varianza para la variable de respuesta diámetro de nódulos, se procedió al análisis de los datos obtenidos mediante los supuestos estadísticos mencionados en la anterior variable de respuesta, llegándose a observar que los datos obtenidos no se encontraban dentro de una distribución normal, verificándose la existencia de una heterogeneidad de varianzas (Anexo 3).

No llegándose a cumplir los supuestos establecidos por Little y Hills (1991), se llegó a realizar la transformación de los datos para esta variable de respuesta, llegándose a obtener el siguiente análisis de varianza el cual se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de varianza para el diámetro de nódulos

Fuente de Variación	G L	S C	C M	F Cal	Pr > F
Bloque	2	0.22	0.11	10.48	0.0023 **
Poblaciones de nematodos	1	1.33	1.33	0.11	0.7696 NS
Variedades de café	6	0.87	0.14	13.54	0.0001 **
Población x Variedad	6	0.20	0.03	3.09	0.0454 *
Error	12	0.13	0.01		
Total	41	1.61			

GL = Grados de libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM =Cuadrado medio; Fcal = F Calculada; Pr.F = Probabilidad F; ** = Altamente significativo; * = Significativo; NS = No significativo.

C V = 11.42%

De acuerdo al análisis de varianza obtenido en la tabla 12 para esta variable de respuesta, se puede llegar a observar diferencias altamente significativas entre los bloques de estudio, Variedades de café, y la interacción Población de nematodos por variedad. No llegó a ocurrir lo mismo para las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, donde no se observó diferencias significativas entre ellas. Así mismo se llegó a observar un coeficiente de variación de 11.42% más bajo al obtenido anteriormente, valor que es considerado permisible en el Análisis Estadístico y más aún cuando se trabaja con microorganismos (Little y Hills, 1991).

El comportamiento de microorganismos en un diseño experimental es uno de los efectos difíciles de controlar (Little, 1991), aseveración que queda confirmada al encontrarse diferencias marcadas entre los bloques de este tratamiento, el cual se debe a que en algunos de los nódulos observados bajo microscopio se pudo observar la presencia en número diferenciado de nematodos hembras de *Meloidogyne spp.* llegándose a encontrar en un nódulo dos hembras de nematodos y en otros tres hasta cuatro nematodos, lo cual hacía que variara el diámetro de los nódulos parasitados.

Evidentemente al analizarse los nódulos desarrollados en las variedades de café en estudio se pudo evidenciar que los diámetros eran muy parecidos, los cuales fluctuaban entre 0.90 y 0.91 mm, esto debido a que el comportamiento de desarrollo de los nematodos en las dos poblaciones eran casi similar, mostrando estas variedades la misma tolerancia al ataque de diferentes poblaciones de nematodos presentes en las raíces recolectadas.

Lo aseverado concuerda con lo observado por Avendaño y Morera (1987), quienes no observaron diferencias en el diámetro de agallas en raíces de *Coffee canephora* infestadas con dos diferentes poblaciones de *Meloidogyne*.

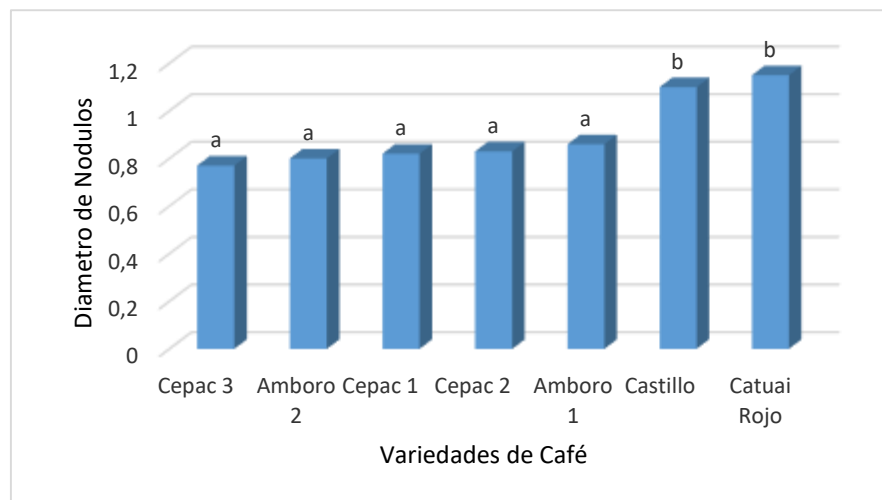


Figura 17. Prueba de medias Tukey para el diámetro de nódulos desarrollados para variedades mejoradas e introducidas de café

Realizada la Prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% para el diámetro de nódulos desarrollados en las variedades mejoradas e introducidas de café como se describe en la figura 17, se pudo observar diferencias altamente significativas en el desarrollo de la variable en estudio. Es así que las variedades de café Cepac 3, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2, y Amboro 1, muestran medias altamente significativas en el diámetro de nódulos desarrollados con relación a las medias de las variedades de café Castillo y Catuai Rojo, con promedios que oscilan para el primer grupo de 0.77 a 0.86 mm y para el segundo grupo con medias de de 1.10 mm a 1.15 mm.

La resistencia de las variedades Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2, Cepac 3 a *Meloidogyne exigua* y no así a *Meloidogyne incógnita*, hace que se llegue a obtener agallas de menor diámetro en dichas variedades, donde las poblaciones de nematodos *Meloidogyne* recolectadas de las diferentes colonias poseían en mayor proporción larvas J2 de *Meloidogyne exigua* y en un número muy reducido larvas J2 de *Meloidogyne incógnita* en el interior de las agallas, haciendo de esta forma que estos últimos parasiten las raíces de las variedades anteriormente mencionadas. Al existir un número reducido de larvas *Meloidogyne incógnita* la competencia por parasitar las raíces de la variedad Amboro 1, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2, Cepac 3 se reduce, llegando a originar de esta forma agallas de menor diámetro en las cuales solo se llega a encontrar una sola hembra *Meloidogyne incógnita*, no existiendo el efecto de fusión de agallas (Campos et al., 1990 y Goncalves 1992).

Esta aseveración coincide con lo observado por Hernández et al., (1996) quienes observaron que poblaciones de *Meloidogyne incógnita* del Salvador y Guatemala provocaban agallas de tamaño milimétrico de forma esférica en las cuales se encontraba una sola hembra.

Por otro lado el mismo autor también llegó a observar que en plantas de café susceptibles inoculadas con *M. exigua* presentaban agallas gruesas, alargadas, las

cuales podían llegar a alcanzar hasta 1 cm de diámetro donde podían encontrarse varias hembras con sus respectivas masas de huevos.

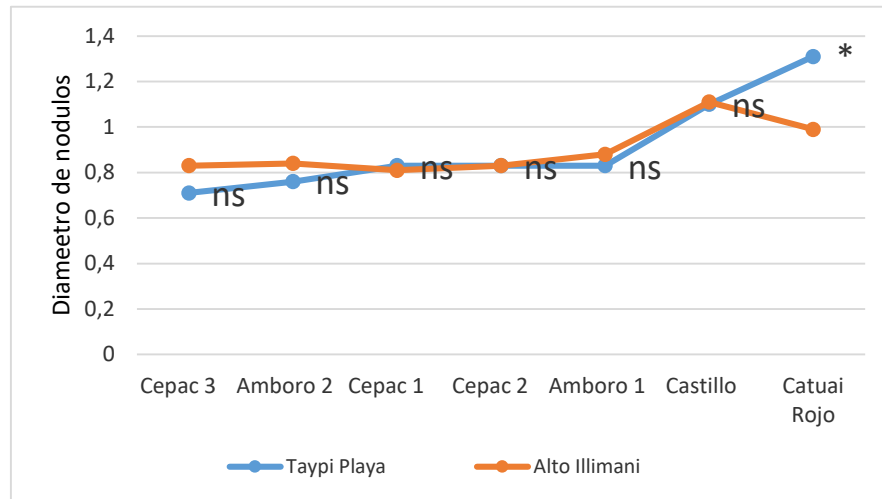


Figura 18. Efecto de la Interacción Población de nematodos por variedades de café en el diámetro de nódulos

De acuerdo a los resultados estadísticos encontrados en la interacción del desarrollo del diámetro de nódulos en población de nematos y variedades de café, se puede mencionar que en las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa y Alto Illimani las variedades de café Cepac 3, Amboro 2, Cepac 1, Cepac 2, Amboro 1 y Castillo no presentaron diferencias significativas en el desarrollo del diámetro de nódulos, pero si la variedad de café Catuai Rojo llegó a mostrar diferencia significativa dentro de las poblaciones de nematodos Taipi Playa y Alto Illimani, como se observa en la figura 18.

Por lo que se puede evidenciar una vez más que la variedad de café Catuai Rojo considerada variedad Susceptible llegó a presentar diferencias significativas en el desarrollo de diámetro de nódulos dentro de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa y Alto Illimani. Esta diferencia es verificada en la observación realizada en cada una de los nódulos donde se encontró en el interior de las mismas mayor número de hembras de *Meloidogyne* en la población de

nematodos Taipi Playa y menor número de hembras en la población de nematodos Alto Illimani.

4.2.3. Número de huevos de *Meloidogyne* por planta

Para la realización del análisis de varianza para la variable de respuesta número de huevos de *Meloidogyne* por planta, se procedió al análisis de los datos obtenidos mediante los supuestos estadísticos utilizados para las anteriores variables de respuesta, llegándose a observar que los datos obtenidos no se encontraban dentro de una distribución normal, no existía una homogeneidad de varianzas, llegándose a obtener un coeficiente de variación elevado del 60.5% (Anexo 4).

No llegándose a cumplir los supuestos establecidos por Little y Hills (1991), se procedió a una transformación de los datos, mediante la fórmula $\sqrt{x+0.5}$ y de esta forma obtener una distribución normal de los datos, con una homogeneidad de varianzas en los tratamientos, llegando a obtener de esta forma el siguiente análisis de varianza el cual se muestra en el cuadro 13.

Tabla 13. Análisis de varianza para el número de huevos por planta

Fuente de Variación	G L	S C	C M	F Cal	Pr > F
Bloque	2	14.10	7.05	7.62	0.0073 **
Poblaciones de nematodos	1	4.37	4.37	3.39	0.2070 ns
Variedades de café	6	585.71	97.62	105.55	0.0001 **
Población x Variedad	6	37.29	6.22	6.72	0.0026 **
Error	12	11.10	0.92		
Total	41	660.43			

GL = Grados de libertad; SC = Suma de Cuadrados; CM =Cuadrado medio; Fcal = F Calculada; Pr.F = Probabilidad F; ** = Altamente significativo; NS = No significativo.

C V = 25.37%

De acuerdo al análisis de varianza obtenido en la tabla 13 para esta variable de respuesta, se puede llegar a observar diferencias altamente significativas entre los bloques de estudio, Variedades de café, y la interacción Población de nematodos por variedad. No llegó a ocurrir lo mismo para las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*, donde no se observó diferencias significativas entre ellas. Así mismo se llegó a observar un coeficiente de variación de 25.37% más bajo al obtenido anteriormente, valor que es considerado permisible en el Análisis Estadístico y más aún cuando se trabaja con microorganismos (Little y Hills, 1991).

El comportamiento de microorganismos en un diseño experimental es uno de los efectos difíciles de controlar (Little, 1991), aseveración que queda confirmada al encontrarse diferencias marcadas entre los bloques de este tratamiento, el cual se debe a que en algunos de los nódulos observados bajo microscopio se pudo observar la presencia en número diferenciado de huevos desarrollados por los nematodos hembras de *Meloidogyne spp.* Llegándose a encontrar en un nódulo desde 4 hasta 40 huevos de nematodos, dependiendo del número de hembras de *Meloidogyne spp.* presentes en cada uno de los nódulos.

En la fuente de variación población de nematodos, se observa los promedios del número de huevos desarrollados por planta para cada una de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*; donde las dos poblaciones de nematodos estadísticamente poseen similar comportamiento en el desarrollo del número de huevos por planta en las raíces de las variedades mejoradas e introducidas de café, con promedios de 3.47 y 4.1 unidades.

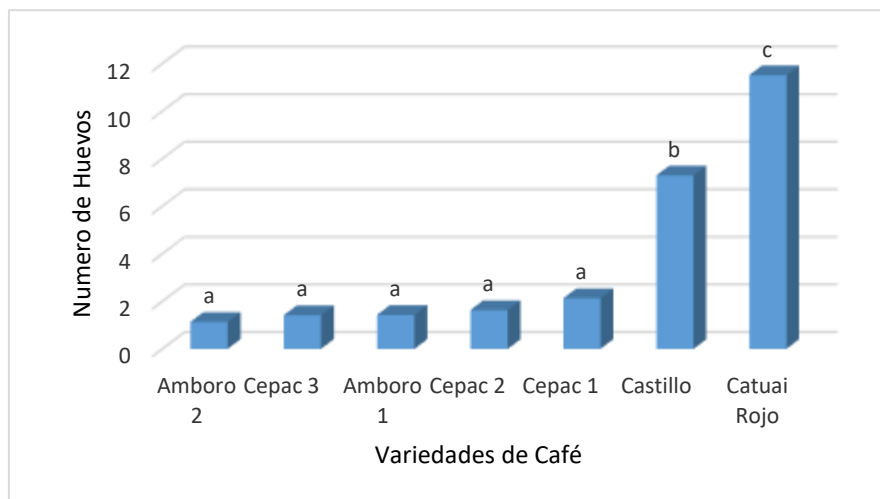


Figura 19. Prueba de medias Tukey para el número de huevos desarrollados por planta por variedades mejoradas e introducidas de café

Realizada la Prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% para el número de huevos desarrollados por plantas en las variedades mejoradas e introducidas de café como se describe en la figura 19, se pudo observar diferencias altamente significativas en el desarrollo de la variable en estudio. Es así que las variedades de café Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, muestran medias altamente significativas en el número de huevos de *Meloidogyne spp.* encontrados en las raíces de las variedades con relación a las medias de las variedades de café Castillo y Catuai Rojo, con promedios que oscilan para el primer grupo de 1.13 a 2.13 unidades y para el segundo grupo con medias de 7.29 a 11.51 unidades.

Realizando un análisis de las medias encontradas en la figura 19, se puede llegar a aseverar que la diferencia encontrada con respecto al número de huevos se encuentra más relacionada con la resistencia que poseen las variedades de café al ataque de nematodos *Meloidogynes spp.*

Es así que variedad Catuai Rojo posee una gran susceptibilidad tanto a *Meloidogyne exigua* como a *Meloidogyne incógnita*, es por esta razón que esta variedad puede

llegar a albergar en sus raíces a muchas hembras tanto de *Meloidogyne exigua* como *incógnita*, las cuales llegan a originar una gran cantidad de huevos.

Esto no llega a ocurrir con las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 las cuales llegan a mostrar una Resistencia a *Meloidogyne exigua* pero no a *Meloidogyne incógnita*, llegando a provocar de esta forma que esta última llegue a parasitar las raíces de estas variedades y llegue a completar su ciclo en algunas de las repeticiones, para de esta forma producir los huevos correspondientes los cuales son encontrados en menor cantidad, efecto debido al reducido número de individuos existentes dentro de esta especie.

Las pocas agallas desarrolladas y el menor número de huevos encontrados en las raíces de estas variedades nos lleva hacer pensar que existe una menor población de *Meloidogyne incógnita* en cada una de las poblaciones de *Meloidogyne* recolectadas.

Este efecto llega a ser confirmado ya que al realizarse un análisis del número de nódulos encontradas en las raíces de las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 se logró identificar hembras *Meloidogyne* que en su mayoría pertenecían a la especie *incógnita*. Esto no llegó a ocurrir en la variedad Catuai Rojo en la cual se llegaron a identificar a especies pertenecientes tanto a *Meloidogyne incógnita* como *Meloidogyne exigua*.

Estas aseveraciones coinciden con lo que sostiene Anzueto et al. (1991) y Hernández et al. (1996) citado por Bertrand y Rapidel (1999) quienes observaron que tanto *Meloidogyne exigua* como *Meloidogyne incógnita* de Guatemala se llegaban a multiplicar fuertemente en la variedad Catuai llegando a producir de esta forma una gran cantidad de masas de huevos. Los mismos autores también indican que poblaciones de *Meloidogyne incógnita* de Guatemala se llegaban a multiplicar de forma más lenta en variedades denominadas Sarchimores en las que se encontrarían las variedades que mostraron resistencia en nuestro experimento.

De la misma forma algunas observaciones realizadas por Carneiro et al. (1996) citado por Bertrand y Rapidel (1999) encontró que poblaciones de *Meloidogyne exigua* identificadas por el método de las esterasas en Costa Rica se llegaron a presentar en un elevado grado de en la variedad Catuai.

Finalmente Bertrand et al. (1997) y Sera (2005) llegaron a determinar que muchas líneas de Catimores, Sarchimores (Iapar 59 y Tupi) poseían resistencia a *Meloidogyne exigua*, no llegando a permitir el desarrollo de esta especie y por lo mismo impidiendo la producción de huevos para que llegue a completar su ciclo.

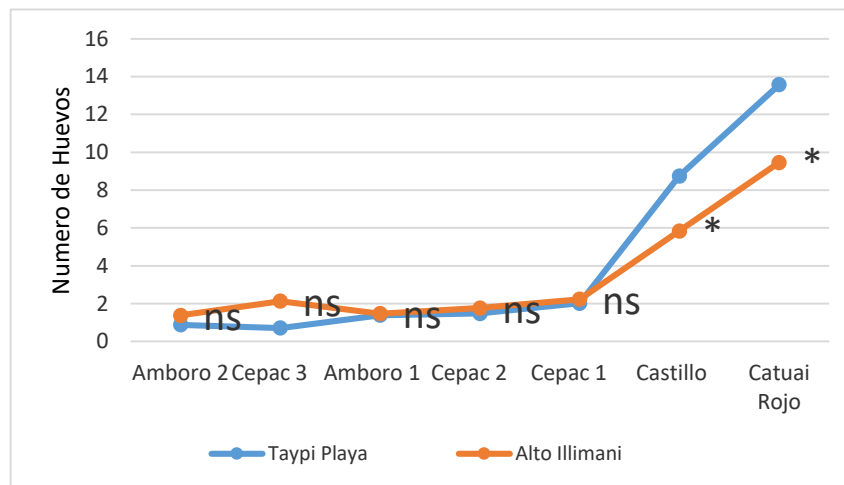


Figura 20. Efecto de la Interacción Población de nematodos por variedades de café en el número huevos desarrollados por planta

De acuerdo a los resultados estadísticos encontrados en la interacción del número de huevos desarrollados por planta en población de nematodos y variedades de café, se puede mencionar que en las poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* Taipi Playa y Alto Illimani las variedades de café, Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 dentro de las poblaciones de nematodos no presentaron diferencias significativas en el desarrollo del número de huevos, pero si las variedades de café Castillo y Catuai Rojo llegaron a mostrar diferencia significativa dentro de las

poblaciones de nematodos Taipi Playa y Alto Illimani, como se observa en la figura 20.

Estas aseveraciones coinciden con lo que sostiene Anzueto et al. (1991) y Hernández et al. (1996) citado por Bertrand y Rapidel (1999) quienes observaron que tanto *Meloidogyne exigua* como *Meloidogyne incógnita* de Guatemala se llegaban a multiplicar fuertemente en la variedad Catuai llegando a producir de esta forma una gran cantidad de masas de huevos. Los mismos autores también indican que poblaciones de *Meloidogyne incógnita* de Guatemala se llegaban a multiplicar de forma más lenta en variedades denominadas Sarchimores en los que se encontrarían las variedades que mostraron resistencia en nuestro experimento.

4.3. Identificación de especies de nematodos *Meloidogyne spp.* presentes en las raíces de las variedades mejoradas e introducidas de café.

Según Taylor y Sasser (1983) dentro del género *Meloidogyne* se ha llegado a describir y identificar por lo menos 36 especies mediante las reglas Internacionales de Nomenclatura Zoológica, donde muchas de estas especies llegan a parasitar diferentes cultivos y otros de importancia económica que llegan a ocasionar un gran daño a la planta, llegando a reducir la producción en un 50% o más.

Las especies de *Meloidogyne* mas asociadas al cultivo del café son *Meloidogyne exigua* la cual fue encontrada tanto en América del Sur como América Central (Lordello 1977). De la misma forma el mismo autor también menciona que se llegó a observar la presencia de *Meloidogyne incógnita* en *Coffea arabica* como también en *Coffea Canephora*.

Es así que mediante la Caracterización de placas perineales (Diseños Cuticulares alrededor del ano) y tomando en cuenta el tipo de hospedero que en nuestro caso son las plantas de café y el tipo de clima se llegó a identificar dos especies

de *Meloidogyne spp.* parasitando en las raíces de las variedades en estudio, los cuales fueron *Meloidogyne incógnita* y *Meloidogyne exigua*.

4.3.3 *Meloidogyne exigua*

4.3.3.1. Características de las placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano)

Las características morfológicas que presentan las hembras maduras de esta especie son un cuerpo pequeño y redondeado. Posee un cuello que esta o se encuentra en línea con el final de la cola y donde tanto las hembras como las masas de huevos se encuentran dentro del tejido fino de la raíz.

El patrón perineal característico en esta especie según Chitwood (1949); Lordello y Zamith (1958); Cain (1974); Jepson (1987) citado por Nickle (1991), es la forma redondeada a hexagonal que presentan estos patrones. El arco dorsal varía desde bajo a redondeado, un poco elevado y cuadrado. Las líneas o estrías son gruesas y ampliamente espaciadas. El campo lateral en esta especie no se llega a observar claramente; algunas de las estrías o líneas que se encuentran cerca al ano son gruesas, curvadas y dobladas que también llegan a cubrir la parte del ano. Los fasmidios se encuentran espaciados.

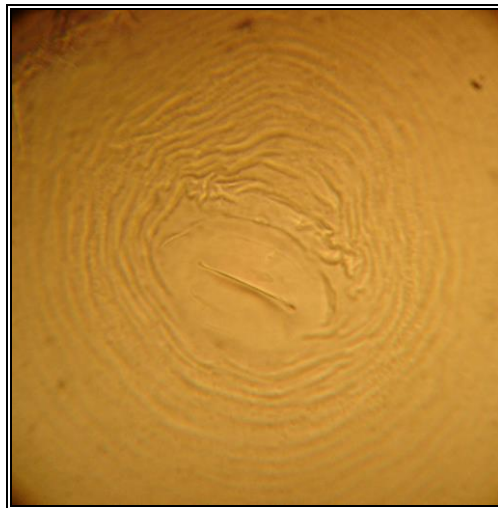


Figura 21. Placa perineal de *Meloidogyne exigua* (1000 X de aumento)

El patrón perineal obtenido de la figura 21, llegó a presentar una forma redondeada, con un arco dorsal un poco elevado y cuadrado, con líneas o estrías gruesas un poco espaciadas; las estrías o líneas cercanas al ano eran gruesas y dobladas, llegándose a bifurcar algunas de ellas. No se llegó a observar claramente la formación del campo lateral.

Estas características llegaron a coincidir por lo descrito por el Proyecto Internacional de *Meloidogyne* y por el Manual de Agricultura Nematologica de Nickle, los cuales describen estas características propias de *Meloidogyne exigua*.

Por otro lado la presencia de esta especie es normal en variedades de café susceptibles (Bertrand y Rapidel ,1999). Aseveración que queda confirmada al encontrarse en un 73% la presencia de esta especie en las raíces de la variedad Catuai Rojo la cual es considerada como susceptible al ataque *Meloidogyne exigua*; lo contrario ocurrió con las variedades Amoro 2, Cepac 3, Amoro 1, Cepac 2, Cepac 1, donde no se llegó a identificar la presencia de esta especie en las pocas nódulos desarrolladas.

4.3.4 *Meloidogyne incognita*

4.3.2.1 Características de las placas perineales (Diseños cuticulares alrededor del ano)

Morfológicamente las hembras maduras pertenecientes a esta especie presentan un cuerpo en forma de pera y donde la parte posterior posee una forma globosa. El cuello se encuentra en línea o en forma paralela a la cola; en la mayoría de los casos las hembra están completamente introducidas en el tejido fino de la raíz de la planta, donde las masas de huevos sobresalen por encima de las agallas.

Los modelos perineales descritos por Chitwood (1949), Triantaphyllou y Sasser (1960), citado por Nickle (1991) para *Meloidogyne incognita* son un arco dorsal alto formado por estrías que pueden ser desde lisas hasta onduladas. Algunas

estrías se bifurcan cerca de las líneas laterales, las que no están claramente visibles. Frecuentemente se observan estrías que se dirigen hacia la vulva.

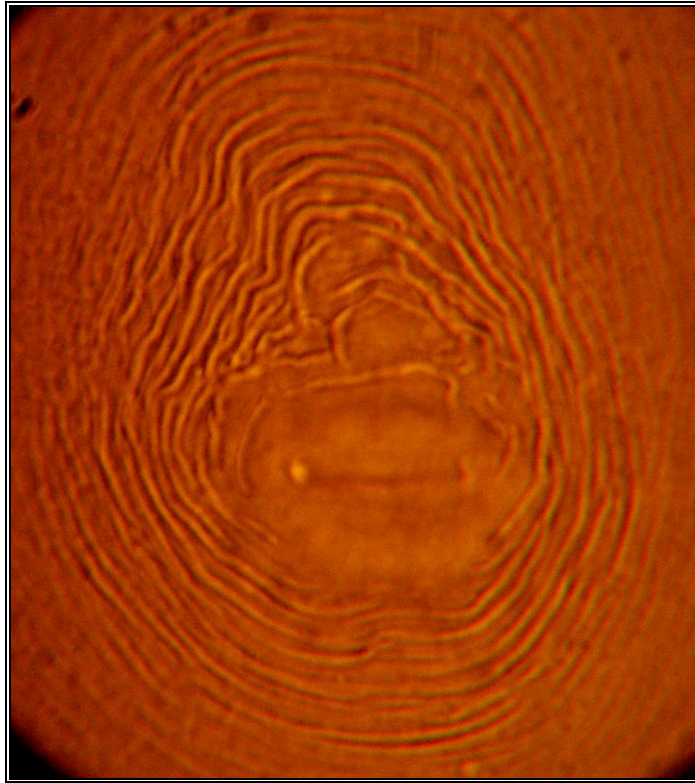


Figura 22. Placa perineal de *Meloidogyne incognita* (1000 X de aumento)

El patrón perineal obtenido de la figura 22, llegó a presentar una forma elongada, con un arco dorsal alto y cuadrado, formado por estrías rectas a onduladas un poco gruesas. Algunas líneas o estrías cercanas al campo lateral el cual no estaba visible mostraban bifurcaciones; otras estrías cercanas al ano llegaban a cubrir este sector. Finalmente algunas de las estrías del arco ventral presentaron bifurcaciones y otras se presentaron en forma recta a ondulada.

Una de las características más sobresalientes en esta especie mencionadas por el Proyecto Internacional de Meloidogyne y el Manual de Agricultura Nematológica de Nickle es arco dorsal elevado y cuadrado el cual es característico de *Meloidogyne incognita*.

De todas las hembras *Meloidogyne* encontradas en las raíces de las variedades Catuai Rojo, el 12% correspondía a *Meloidogyne incognita* y el 88% restante a *Meloidogyne exigua*, lo que nos demuestra la Susceptibilidad de esta variedad de café al ataque de estas dos especies de *Meloidogyne*.

Por otro lado del 100% de las hembras *Meloidogyne* encontradas en el interior de los nódulos de la variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 todas llegaron a ser identificadas como *Meloidogyne incognita*, efecto que nos demuestra la Susceptibilidad de estas variedades al ataque de esta especie de *Meloidogyne* (Sera, 2005). La ausencia de *Meloidogyne exigua* en los nódulos desarrollados en estas variedades nos evidencia la resistencia que estas variedades poseen al ataque de esta especie de nematodo.

Esta observación coincide con lo que sostiene Sera (2005), quien señala que la Variedad Iapar-59 que proviene de los Sarchimores presenta una Alta Resistencia a *Meloidogyne exigua* y una Moderada Susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*.

5. CONCLUSIONES

En la evaluación realizada con relación al número de nódulos desarrollados en cada una de las raíces de las variedades de café en estudio, se pudo observar que las variedades de café Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 desarrollaron menor número de nódulos con promedios de 0.88 y 1.05 nódulos, las cuales fueron producidas por *Meloidogyne incognita* y no así por *Meloidogyne exigua*, llegando a considerárselas de esta forma como variedades muy resistentes al ataque de *Meloidogyne exigua* y no así a *Meloidogyne incognita*. El comportamiento mostrado por la variedad Catuai Rojo, la cual fue utilizada como testigo no fue el mismo que el de las variedades anteriormente mencionadas, llegándose a observar un promedio de 2.56 nódulos desarrollados en sus raíces, producidas tanto por *Meloidogyne exigua* como *Meloidogyne incognita*, catalogándosela como variedad susceptible al ataque de estas dos especies de nematodos *Meloidogyne spp.* La

variedad de Café Castillo llego a desarrollar nódulos en un promedio de 2.12 nódulos, clasificando como una variedad Ligeramente Resistente.

Con relación al diámetro de agallas, se pudo evidenciar diámetros mayores en las raíces de la variedad testigo como es la Catuai Rojo con promedios de 1.15 mm., donde se llegó a encontrar en el interior de dichos nódulos dos a tres hembras de *Meloidogyne exigua* y en otros nódulos presentes en la misma variedad se llegó a identificar la presencia de *Meloidogyne incognita*, llegando a catalogársela como una variedad susceptible al ataque de estas dos especies de *Meloidogyne*. Por el contrario en las raíces de las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, se llegaron a encontrar nódulos de menor diámetro con promedios de 0.77 a 0.86 mm., en las cuales solo se encontraron una sola hembra de *Meloidogyne* perteneciente en la mayoría de los casos a la especie *incognita*, haciendo de esta forma que estas variedades sean catalogadas como variedades resistentes a *Meloidogyne exigua* y no así a *Meloidogyne incognita*. La variedad de café Castillo llego a desarrollar nódulos con diámetros promedio de 1.1mm, donde se encontró la presencia de *Meloidogyne exigua*.

Con respecto al número de huevos desarrollados por cada una de las poblaciones de nematodos *Meloidogyne* se llegó a observar un mayor número en la variedad Catuai Rojo con valores promedio de 11.51 huevos en por planta. Lo que no llegó a ocurrir con las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, donde se llegó a observar un menor número con valores promedio de 1.13 a 2.13 huevos por planta, concluyéndose que las variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 mostraron una resistencia al ataque de *Meloidogyne exigua* al no permitir que esta especie complete su ciclo, permitiendo solo el desarrollo de larvas de *Meloidogyne incognita*, a la cual si llegó a mostrar susceptibilidad al permitir que estas completen su ciclo llegando a producir sus respectivas masas de huevos. La variedad de café Casillo llego a presentar el desarrollo de huevos producidos por *Meloidogyne exigua* en número promedio de 7.29 huevos por planta.

Basados en el porcentaje de nódulos desarrollados por cada una de las poblaciones de *Meloidogyne*, se observó que las variedades de café Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1, llegaron a adquirir clasificaciones propuestas por Taylor (1968) de variedades Muy Resistentes al ataque de *Meloidogyne*, no llegó a ocurrir lo mismo con la variedad de café Castillo, la cual llegó a adquirir la clasificación de Ligeramente Resistente, concluyéndose de esta forma que la variedades Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1 poseen buenos niveles de resistencia al ataque de *Meloidogyne*, con relación a una variedad susceptible Catuai Rojo.

Mediante la caracterización de placas perineales (diseños cuticulares alrededor de ano), se logró identificar la presencia de las siguientes especies de *Meloidogyne* en el sistema radicular de las plántulas de variedades mejoradas de café: *Meloidogyne incógnita*, y *Meloidogyne exigua*.

En cada una de las caracterizaciones perineales realizadas en las poblaciones de *Meloidogyne spp.* se pudo identificar una mayor presencia de *Meloidogyne exigua* en las raíces de la variedad Catuai Rojo; *Meloidogyne incógnita* se presentó con más frecuencia en las variedades de café Amboro 2, Cepac 3, Amboro 1, Cepac 2, Cepac 1.

6. RECOMENDACIONES

Observar las características de desarrollo (número de nódulos, diámetro de nódulos y número de huevos) de *Meloidogyne spp.*, a nivel de especie en las variedades estudiadas, y de esta forma observar el comportamiento de estas variedades al ataque de *Meloidogyne incógnita* y por otro lado al ataque de *Meloidogyne exigua*.

Repetir la experiencia con otras poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.* de la Provincia Caranavi, para de esta forma observar el comportamiento del grado de

resistencia de las variedades mejoradas e introducidas, frente a otras poblaciones de nematodos *Meloidogyne spp.*

Realizar evaluaciones de resistencia al ataque de *Meloidogyne exigua* y *Meloidogyne incognita* en las variedades mejoradas e introducidas en la presente investigación, utilizando estas variedades como pie de injerto con variedades locales productivas.

Establecer parcelas demostrativas con las variedades en estudio en diferentes alturas comprendidas entre los 900 a 1800 m.s.n.m de la provincia Caranavi y determinar la productividad y la resistencia a *Meloidogyne spp.*, mediante evaluaciones anuales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agrios, G. 1996. Fitopatología. Editorial Limusa. México DF. 40-41pp.
- Alvarado, J. 1997. Diagnóstico sobre el parasitismo de los nematodos y cochinillas de la raíz en la zona cafetalera del Sur occidente de Guatemala. Tesis de Grado. Centro Universitario de Occidente. Universidad de San Carlos, Guatemala. 60p.
- Anzueto, J.; Sarah, J.L.; Eskes, A.; Decazy, B. 1991. Recheicly de la resístanse a *Meloidogyne* sp. duns one collection de Coffee arabica. San Francisco. 123p.
- ASOCAFE, 1998. Diagnóstico de Cafetales APRA la Producción orgánica, Boletín N° 3 24p.
- Avendaño, L. y Morera N. 1987. Evaluación de la Resistencia de cinco clones de *Coffea canehpura* cv. "Robusta", al ataque de Dos poblaciones de *Meloidogyne exigua*. Consultado Noviembre 2005. Disponible en <http://www.mag.go.cv/rev-agv/v12n01-087.pdf>.
- Baeza, C. 1979. Síntomas debido a nematodos de las especies de *Meloidogyne* en café. Avances Técnicos. Programa de Investigación científica.
- Barrientos, R. 1998. El Cultivo del Café en la Región de los Yungas. Unidad de diversificación agrícola. Proyecto IBTA-Agroyungas. 47p.
- Bertrand, B. y Rapidel, B. 1999 Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica. IICA PROMOCAFE. 496p.
- Bertrand, B.; Anzueto, F.; Pena, M.; Eskes, A. 1995. Genetic improvement of coffee for the resistance to root. Knot nematodes *Meloidogyne spp.* In América Central. Congreso Internacional sobre el Café Kyoto, Japón. 630-636p.
- Bird, A. 1962. The inducement of giant cells by *Meloidogyne javanica*. Nematologica. 1-10pp.

- Bolívar, G. 1984. Metodología para evaluar la reacción del cafeto al nematodo *Meloidogyne*. Tesis Mag.Sc. Turrialba. Costa Rica. UCR/CATIE. 71p.
- Campos, V.; Sivapalan, P.; Gnanaparagasam, N.C. 1990. Nematode parasites of coffee, cocoa and tea. In plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. C.A.B. International 367-430pp.
- Carneiro, R. ; Abrantes, I.; Santos, M.; Almecida, M. 1996. *Meloidogyne paranaensis*, new species (Nemata: *Meloidogyne*). A root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. Journal of Nematology. 45-59pp.
- Carneiro, R. 1982. Levantamento preliminar dos nematoides do genero *Meloidogyne* asociados a cultura do café no Norte do Paraná. Anais da VI Reuniao Brasileira de Nematologia. 133p.
- Carneiro, R. Atecia, A. Britto, J. 1992. Levantamento da ocorrencia frequencia de especie e racas fisiológicas de *Meloidogyne* no Noroeste do Paraná. Congreso Brasileiro de Nematología.
- Carneiro, R. Antonio, H. Britto, J. Alteia , A. 1990. Identificacao de especies e racas fisiológicas de *Meloidogyne* no Noroeste do Paraná. Menatología Brasileira. Resumen.
- Castillo Ponce, G. 1996. Manejo Integrado de la corchosis en Veracruz. México. 17 Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. El Salvador. Volumen 2. 9p.
- Cepeda, S. 1996. Nematología Agrícola. México. Trillas. 10-202pp.
- Christie, J. 1970. Nematodos de los vegetales, su ecología y su control. Est. Exp. Agric. Univ. Florida. Centro Regional de ayuda técnica. A.I.D., 61-84pp.
- Compart, C. Y Lutzeyer, H. 1994. Current Methods and findings in the field of plant protection: Nematodes in the Central American Countries. Report. 93-98pp.

- Condori, N. 2000. Diagnóstico de nematodos en dos variedades de café (*Coffea arabica*), en cantón Taipi Playa de la Provincia Caranavi. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia.
- Coro, Z. 2005. Resistencia de *Coffea canephora* al nematodo Nodulador *Meloidogyne*. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia.
- Crhistie, J.R. 1970. Nematodos de los vegetales, su ecología y control. Est. Exp. Agric. Univ. Florida. Centro regional de ayuda técnica. A.I.D., 61-84pp.
- Cristie, J. 1959. Nematodos de los vegetales, su ecología y control. Agencia para el Desarrollo Internacional. 1ra. Ed. México Centro Regional de ayuda Técnica. 275p.
- Cuba, N. 2003. Manual para el Cultivo de Café en los Yungas UCB. UAC. Bolivia. 78p.
- Cuharay, F. Et al. 2000. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo del Café. Managua Nicaragua. CATIE.
- De la Loma, J. 1980. Experimentación Agrícola. Ed. Hispanoamericana. Mexico. 316-319 pp.
- Dalmasso, A.; Castagnone- Sereno, P.; Abad, P. 1985. Seminar : Tolerance and resistance of plants to nematodes – Knowledge, needs and prospects. Nematologica. 466-472pp.
- De Waele, D., G. Rómulo y G. Davide. 1998. Nematodos noduladores de las raíces del banano: *Meloidogyne incógnita* (Kofoid y White, 1919) Chitwod, 1949, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chiwood, 1949. Plagas de Musa. Hoja divulgativa No. 3. INIBAP, Montpellier, Francia.
- Eisenback, J. ; H. Hirschmann; J. Sasser y A.C.Triahtaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies mas comunes de nematodos agalladores (*Meloidogyne especies*), con una clave pictórica. Trad.

- Sossa-Moss. North Carolina EU. Department of plant pathology and genetics. 448p.
- Espejo, H. 2005. Descripción de la infestación radicular y edáfica por nematodos fitoparásitos del café *Coffea arabica*, en cafetales de ladera en Carmen Pampa Nor Yungas. Universidad Católica Boliviana San Pablo.. Carmen Pampa, Coroico.
- Fazuoli, L.; Lordello, R. 1977. Resistencia de *Coffea Liberica* C. Dewevrei o *Meloidogyne exigua*. In *Revniau de Nematologia*. Trábalhos apresentados. Piracicaba, Sociedade Brasileira de nematologia. 197-199pp.
- Fischersworing, B.; Robkamp, R. 2000. Guía para la Caficultura Ecológica. GTZ. 150p.
- FECAFEB, 2001. Zonificación Agroecológica de Cultivo del Café en la Provincia Caranavi Parte I. Tipificación de la Calidad del Café de las OECAS en la provincia Caranavi parte II, La Paz, Bolivia.
- FECAFEB, 1998. Manual de Control Ecológico de Plagas y Enfermedades, el Café. La Paz, Bolivia. EDCON. 27p.
- Franco, J. 1998. Nematodos en semillas. Su importancia y detección. Curso de Patología de semillas por tutoría a distancia. Modulo 4. Cochabamba.5-9pp.
- Golden, P. 2005. Brasil produce café resistente a roya y nematodos. Consultado 20 Noviembre 2005. Disponible en <http://ww.portaldelcafé.com/>
- Goncalves, N. 1992 Melhoramento do cafeiro visando reistencia a nematoides. In Informe Agropecuario, EPAMIG, Minas Gerais. Brasil. 66-72pp.
- Gowens y Queneherve, P. 1990. Nematode parasites of bananas plantains and abaca in plant parasitic nematodes in subtropical and tropical Agriculture. Eds. Luc M., Sikora. CLB International. 434-460pp.

- Guiran, G. and M. Ritter. 1979. Life cycle of *Meloidogyne spp.* and factors influencing their development. In. Root-knot nematodes *Meloidogyne spp.* systematic, biology and control, eds. F. Lambert. And C.E. Taylor. Academic Press. London New York. San Francisco. pp.173-187.
- Herbas, R. 1981. Manual de Fitopatología. Universidad Técnica de Oruro. Editorial Universitaria. Oruro Bolivia. 48p.
- Hernandez, Z. ; Golden, A. 1989. A Key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipejev, 1936 (lesion nematodes). Journal of Nematology.
- Hernández, A.; Fargette, N.; Molinier, V.; Ramenason, H.; Deca, B.; Sarah, J. 1996. Enzymatic Characterization and reproductive fitness on Coffee of root-knot nematode population from Central America Nematology Congress. 69-75pp.
- ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica), 1989. Manual de Recomendaciones para el cultivo del Café. San José. 122p.
- IGM, 1996. Zonificación Agroecológica y Propuesta Técnica del Plan de Uso de Suelo en la Región Amazónica
- Ingunza, S. 1963. El nematodo del nudo de la raíz del cafeto, *M. exigua*. Café Peruano.4-7pp.
- Little, T.; Hills F. 1991. Métodos para la investigación en la agricultura. 2da. Ed. México .Trillas. 270p.
- Lopez, R.; Salazar, L. 1989. *Meloidogyne arabicida sp.* nativo de costa Rica: un nuevo y severo patógeno del cafeto. Turrialba. 313-323pp.
- Lordello, L. 1977. Nematodos de plantas cultivadas. 4ta. Ed. Librería Novel S.A. 197p.
- Molina, A.; Villain, L. Y Toledo, J. 1999. Caracterización y determinación específica de cinco poblaciones de *Meloidogyne spp.* en ANACAFE

- (Asociación Nacional del Café. Investigación y descubrimiento sobre el cultivo del Café. Guatemala. 281-288pp.
- Moya, A. 2005. Investigador del CEPAC. Comunicación personal.
- Negron, J. A.; Acosta, N. 1989. The *Fusarium oxysporum* f.sp. *Coffee-Meloidogyne incognita* Complex in Bourbon Coffee. *Nematropica*. 161-168pp.
- Nickle, W. 1991. Manual of agricultural nematology. Marcel Decher Inc. New York, USA. 3-363pp.
- O' Bannon, J.H. y Reynolds H.W. 1981. Rott-Knot nematode damage and cotton yields in relation to certain soil properties. *Soil Science*. 386p.
- Rohde, R. y McClure M. 1975. Autobiography of developing galls in cotton roots infected with *Meloidogyne incognita*. *Year. Nematol.* 64-84pp.
- Rojas, F. 1994. Catálogo de Botánica Sistemática. Texto guía (U.M.S.A.). 10p.
- Rojas, B. 1998. Estudios preliminares de *Meloidogyne spp.* En zonas altas productoras de papa. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- Sasser, J. 1979. Economic importance of *Meloidogyne* in tropical countries. Edición Lamberti F., Londres. 257-268pp.
- Sasser, J.N. 1982. Managing nematodes by plant breeding. 65p.
- SAS. Institute. Inc. Cary. NC. 2001.
- SENASA (Servicio nacional de Sanidad Agropecuaria), 1998. Marco Técnico Subcompetente. Manejo Integrado de plagas del Cafeto. Perú. 29-35pp.
- Sera, T. 2005. Investigador Genetista. Comunicación personal.
- Taylor A. L., Sasser J.N. 1983. Biología, Identificación y control de los nematodos de Nódulos de la raíz (Especies de *Meloidogyne*). Universidad del Estado de Carolina del Norte. 11p.
- Taylor, A. 1968. Nematology. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación F.A.O. Roma- Italia. 420p.

Thorne, G. 1961. Principles of nematology. Mc Graw Hill Book. Co. Inc. New York. Toronto, London. 312-335pp.

Villain, L.; Anzueto F.; Hernández, A.; Sarah J.L. 1999. Los nematodos parásitos del cultivo del Café. CIRAD-CP. IICA PROMOCAFE. Costa Rica. 440p.

Wallace, H.R. 1981. Abiotic influences in the soil environment. Vol. 1,. New York. 257p.

Zambolin, L. 2001. Tecnologías de producao de café com qualidades. Universidade Federal de Vicosa. Departamento de Fitopatología. Brasil. 648p.

ANEXOS.

Anexo 1. Prueba de medias Tukey para número de nódulos

Variedad	Medias	n	E.E.		
Cepac 3	0,88	6	0,1	A	
Amboro 2	0,88	6	0,1	A	
Cepac 1	1,05	6	0,1	A	
Cepac 2	1,05	6	0,1	A	
Amboro 1	1,05	6	0,1	A	
Castillo	2,12	6	0,1		B
Catuai Rojo	2,56	6	0,1		B

Anexo 2. Prueba de medias Tukey para interacción población de nematodos por variedad para el numero de nódulos

Poblacion de Nematodos	Variedad	Medias	n	E.E.				
Taypi Playa	Cepac 3	0,71	3	0,15	A			
Alto Illimani	Amboro 2	0,88	3	0,15	A			
Taypi Playa	Amboro 2	0,88	3	0,15	A			
Alto Illimani	Cepac 3	1,05	3	0,15	A	B		
Taypi Playa	Cepac 1	1,05	3	0,15	A	B		
Taypi Playa	Cepac 2	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Amboro 1	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Cepac 1	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Cepac 2	1,05	3	0,15	A	B		
Taypi Playa	Amboro 1	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Castillo	1,77	3	0,15		B	C	
Alto Illimani	Catuai Rojo	1,84	3	0,15		B	C	
Taypi Playa	Castillo	2,47	3	0,15			C	D
Taypi Playa	Catuai Rojo	3,28	3	0,15				D

Anexo 3. Prueba de medias para interacción población de nematodos por variedad para el numero de nódulos

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Significancia
Poblaciones en Cepac 3	1	0,1734	0,1734	2,89	4.75	ns
Poblaciones en Amoro 2	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 1	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 2	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Amoro1	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Castillo	1	0,7350	0,7350	12,25	4.75	*
Poblaciones en Catuai	1	3,1104	3,1104	51,84	4.75	*
Rojo	1	3,1104	3,1104	51,84	4.75	*
Error	12	0,77	0,06			

Anexo 4. Prueba de medias Tukey para diámetro de nódulos

Variedad	Medias	n	E.E.		
Cepac 3	0,77	6	0,04	A	
Amoro 2	0,8	6	0,04	A	
Cepac 1	0,82	6	0,04	A	
Cepac 2	0,83	6	0,04	A	
Amoro 1	0,86	6	0,04	A	
Castillo	1,1	6	0,04		B
Catuai Rojo	1,15	6	0,04		B

Anexo 5. Prueba de medias Tukey para interacción población de nematodos por variedad para el diámetro de nódulos

Poblacion de Nematodos	Variedad	Medias	n	E.E.				
Taypi Playa	Cepac 3	0,71	3	0,15	A			
Alto Illimani	Amboro 2	0,88	3	0,15	A			
Taypi Playa	Amboro 2	0,88	3	0,15	A			
Alto Illimani	Cepac 3	1,05	3	0,15	A	B		
Taypi Playa	Cepac 1	1,05	3	0,15	A	B		
Taypi Playa	Cepac 2	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Amboro 1	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Cepac 1	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Cepac 2	1,05	3	0,15	A	B		
Taypi Playa	Amboro 1	1,05	3	0,15	A	B		
Alto Illimani	Castillo	1,77	3	0,15		B	C	
Alto Illimani	Catuai Rojo	1,84	3	0,15		B	C	
Taypi Playa	Castillo	2,47	3	0,15			C	D
Taypi Playa	Catuai Rojo	3,28	3	0,15				D

Anexo 6. Prueba de medias para interacción población de nematodos por variedad para el diámetro de nódulos

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Significancia
Poblaciones en Cepac 3	1	0,0216	0,0216	2,16	4.75	ns
Poblaciones en Amboro 2	1	0,0096	0,0096	0,96	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 1	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 2	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Amboro1	1	0,0038	0,0038	0,38	4.75	ns
Poblaciones en Castillo	1	0,0001	0,0001	0,01	4.75	ns
Poblaciones en Catuai Rojo	1	0,1536	0,1536	15,36	4.75	*
Error	12	0,13	0,01			

Anexo 7. Prueba de medias Tukey para el numero de huevos por planta

Variedad	Medias	n	E.E.			
Amboro 2	1,13	6	0,39	A		
Cepac 3	1,42	6	0,39	A		
Amboro 1	1,43	6	0,39	A		
Cepac 2	1,63	6	0,39	A		
Cepac 1	2,13	6	0,39	A		
Castillo	7,29	6	0,39		B	
Catuai Rojo	11,51	6	0,39			C

Anexo 8. Prueba de medias Tukey para interacción población de nematodos por variedad para el numero de huevos por planta

Poblacion de Nematodos	Variedad	Medias	n	E.E.				
Taypi Playa	Cepac 3	0,71	3	0,56	A			
Taypi Playa	Amboro 2	0,88	3	0,56	A			
Alto Illimani	Amboro 2	1,38	3	0,56	A			
Taypi Playa	Amboro 1	1,39	3	0,56	A			
Alto Illimani	Amboro 1	1,47	3	0,56	A			
Taypi Playa	Cepac 2	1,48	3	0,56	A			
Alto Illimani	Cepac 2	1,77	3	0,56	A			
Taypi Playa	Cepac 1	2,02	3	0,56	A			
Alto Illimani	Cepac 3	2,13	3	0,56	A			
Alto Illimani	Cepac 1	2,23	3	0,56	A			
Alto Illimani	Castillo	5,84	3	0,56		B		
Taypi Playa	Castillo	8,75	3	0,56		B	C	
Alto Illimani	Catuai Rojo	9,46	3	0,56			C	
Taypi Playa	Catuai Rojo	13,57	3	0,56				D

Anexo 9. Prueba de medias para interacción población de nematodos por variedad para el numero de huevos por planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Significancia
Poblaciones en Amboro 2	1	0,3750	0,3750	0,41	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 3	1	3,0246	3,0246	3,29	4.75	ns
Poblaciones en Amboro 1	1	0,0000	0,0000	0,00	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 2	1	0,1262	0,1262	0,14	4.75	ns
Poblaciones en Cepac 1	1	0,0662	0,0662	0,07	4.75	ns
Poblaciones en Castillo	1	12,7022	12,7022	13,81	4.75	*
Poblaciones en Catuai Rojo	1	25,3382	25,3382	27,54	4.75	*
Error	12	11,1	0,92			

Anexo 10. Tabla de Clasificación propuesta por Taylor (1968) para definir el grado de susceptibilidad de plantas hospederas de nematodos. (Citado por Avendaño y Morera 1992)

Grado de infestación	Clasificación	Descripción
1	Susceptibles	Plantas en las que es normal la reproducción de nematodos
2	Ligeramente resistentes	Aquellas en que la reproducción es del 25 al 50% en relación con las plantas susceptibles.
3	Moderadamente resistentes	Aquellas en que la reproducción es del 10 al 25 % en relación con las plantas susceptibles.
4	Muy resistente	La reproducción es del 1 al 10% en relación con las plantas susceptibles.
5	Altamente Resistentes	Plantas en las que tiene lugar la reproducción, pero es inferior al 1 % en relación con las plantas susceptibles.
6	Inmunes	Plantas en las que no se reproducen los nematodos.

Anexo 11. Datos de variables de respuesta por población bloques y variedad

Población de Nematodos	Bloque	Variedad	Número de nódulos	Diámetro de Nódulos	Número de Huevos por planta
Alto Illimani	1	Catuai Rojo	10	1,06	120
Alto Illimani	2	Catuai Rojo	2	0,5	92
Alto Illimani	3	Catuai Rojo	8	0	60
Alto Illimani	1	Castillo	3	1	53
Alto Illimani	2	Castillo	3	0,45	27
Alto Illimani	3	Castillo	2	0,76	24
Alto Illimani	1	Amboro 1	1	0,66	4
Alto Illimani	2	Amboro 1	1	0,25	2
Alto Illimani	3	Amboro 1	0	0	0
Alto Illimani	1	Amboro 2	0	0	0
Alto Illimani	2	Amboro 2	1	0,75	7
Alto Illimani	3	Amboro 2	0	0	0
Alto Illimani	1	Cepac 1	1	0,23	7
Alto Illimani	2	Cepac 1	1	0,25	10
Alto Illimani	3	Cepac 1	0	0	0
Alto Illimani	1	Cepac 2	1	0,33	7
Alto Illimani	2	Cepac 2	1	0,25	3
Alto Illimani	3	Cepac 2	0	0	0
Alto Illimani	1	Cepac 3	1	0,33	3
Alto Illimani	2	Cepac 3	1	0,25	14
Alto Illimani	3	Cepac 3	0	0	0
Taypi Playa	1	Catuai Rojo	13	1,06	146
Taypi Playa	2	Catuai Rojo	10	1,37	210
Taypi Playa	3	Catuai Rojo	8	1,25	198
Taypi Playa	1	Castillo	6	1	76
Taypi Playa	2	Castillo	7	0,65	94
Taypi Playa	3	Castillo	4	0,5	60
Taypi Playa	1	Amboro 1	1	0,33	3
Taypi Playa	2	Amboro 1	1	0,25	2
Taypi Playa	3	Amboro 1	0	0	0
Taypi Playa	1	Amboro 2	0	0	0
Taypi Playa	2	Amboro 2	1	0,25	1
Taypi Playa	3	Amboro 2	0	0	0

Taypi Playa	1	Cepac 1	1	0,33	10
Taypi Playa	2	Cepac 1	1	0,25	4
Taypi Playa	3	Cepac 1	0	0	0
Taypi Playa	1	Cepac 2	1	0,33	3
Taypi Playa	2	Cepac 2	1	0,25	3
Taypi Playa	3	Cepac 2	0	0	0
Taypi Playa	1	Cepac 3	0	0	0
Taypi Playa	2	Cepac 3	0	0	0
Taypi Playa	3	Cepac 3	1	0,25	1

Anexo 12. Datos de variables de respuesta transformadas según (Little y Hills, 1991) por población bloques y variedad

Población de Nematodos	Bloque	Variedad	Número de nódulos	Diámetro de Nódulos	Número de Huevos por planta
Alto Illimani	1	Catuai Rojo	3,240370349	1,2489996	10,9772492
Alto Illimani	2	Catuai Rojo	1,58113883	1	9,61769203
Alto Illimani	3	Catuai Rojo	2,915475947	0,70710678	7,77817459
Alto Illimani	1	Castillo	1,870828693	1,22474487	7,31436942
Alto Illimani	2	Castillo	1,870828693	0,97467943	5,24404424
Alto Illimani	3	Castillo	1,58113883	1,12249722	4,94974747
Alto Illimani	1	Amboro 1	1,224744871	1,07703296	2,12132034
Alto Illimani	2	Amboro 1	1,224744871	0,8660254	1,58113883
Alto Illimani	3	Amboro 1	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Alto Illimani	1	Amboro 2	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Alto Illimani	2	Amboro 2	1,224744871	1,11803399	2,73861279
Alto Illimani	3	Amboro 2	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Alto Illimani	1	Cepac 1	1,224744871	0,85440037	2,73861279
Alto Illimani	2	Cepac 1	1,224744871	0,8660254	3,24037035
Alto Illimani	3	Cepac 1	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Alto Illimani	1	Cepac 2	1,224744871	0,91104336	2,73861279
Alto Illimani	2	Cepac 2	1,224744871	0,8660254	1,87082869
Alto Illimani	3	Cepac 2	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Alto Illimani	1	Cepac 3	1,224744871	0,91104336	1,87082869
Alto Illimani	2	Cepac 3	1,224744871	0,8660254	3,80788655
Alto Illimani	3	Cepac 3	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	1	Catuai Rojo	3,674234614	1,2489996	12,1037184

Taypi Playa	2	Catuai Rojo	3,240370349	1,36747943	14,5086181
Taypi Playa	3	Catuai Rojo	2,915475947	1,32287566	14,0890028
Taypi Playa	1	Castillo	2,549509757	1,22474487	8,74642784
Taypi Playa	2	Castillo	2,738612788	1,07238053	9,72111105
Taypi Playa	3	Castillo	2,121320344	1	7,77817459
Taypi Playa	1	Amboro 1	1,224744871	0,91104336	1,87082869
Taypi Playa	2	Amboro 1	1,224744871	0,8660254	1,58113883
Taypi Playa	3	Amboro 1	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	1	Amboro 2	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	2	Amboro 2	1,224744871	0,8660254	1,22474487
Taypi Playa	3	Amboro 2	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	1	Cepac 1	1,224744871	0,91104336	3,24037035
Taypi Playa	2	Cepac 1	1,224744871	0,8660254	2,12132034
Taypi Playa	3	Cepac 1	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	1	Cepac 2	1,224744871	0,91104336	1,87082869
Taypi Playa	2	Cepac 2	1,224744871	0,8660254	1,87082869
Taypi Playa	3	Cepac 2	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	1	Cepac 3	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	2	Cepac 3	0,707106781	0,70710678	0,70710678
Taypi Playa	3	Cepac 3	1,224744871	0,8660254	1,22474487