

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
AGRONOMÍA TROPICAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA DE 6 ECOTIPOS DE  
SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) AL NEMÁTODO  
(*Meloidogyne incognita* C.) EN CONDICIONES DE  
INVERNADERO”**

**Presentado por la Bachiller:  
MIRIAM LOLAY ALBORNOZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERA EN CIENCIAS AGRARIAS**

**ESPECIALIDAD DE AGRONOMÍA**

**SATIPO – 2009**

**ASESOR**

***M Sc. Carlos Faustino Marcelo Oyague***

## DEDICATORIA

A Eleuterio, mi padre por ser un ejemplo de perseverancia y constante superación; a Aurea, mi madre por sus consejos y sacrificio abnegado en la educación de sus hijos.

A mi hermano Elmer.

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios Todopoderoso, por concederme la vida, brindarme salud y permitir la culminación de mi trabajo de investigación satisfactoriamente.
- A mis compañeros de trabajo y amigos de la ONGs Centro de investigación Educación y Desarrollo – CIED Selva Central: Lic. Salvador Peña Guerra, Ing. Isaías Lara Cabezas, Asistente Administrativo Paola Marín Sanz, Ing. Edwin Sotelo Zapata, Ing. Cesar Aguilar Semino, Ing. Pedro Zarate Lázaro por compartir el desarrollo de la investigación brindándome siempre el apoyo necesario.
- Al personal nombrado, contratado y de vigilancia del Instituto de investigación Agraria – INIA Pichanaki por haber cedido sus instalaciones (invernadero) para el establecimiento del trabajo de investigación; al Técnico José Inciso Quincho por compartir el desarrollo de la investigación brindándome siempre el apoyo necesario.
- A los empleados del Centro Internacional de la Papa – CIP San Ramón por haber cedido sus instalaciones (laboratorio) para la evaluación del trabajo de investigación.
- Al Ing. M. Sc. Carlos Faustino Marcelo Oyague, por asesorarme y brindarme confianza en los trabajos realizados.
- A todos mis familiares por el apoyo y confianza brindados durante mis estudios.
- A mis compañeros de aulas: Claudina, Mercedes, Karen, Rosario, Yudy, Alina, Sulma, Edhit, Cristian, Rajú, Tocasca, Camayo, Alex, y Noé por haber compartido conocimientos, horas de trabajo, diversión y amistad en nuestra formación profesional.

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISION BIBLIOGRÁFICA	03
2.1 EL SACHA INCHI	03
2.1.1 Taxonomía	03
2.1.2 Origen	03
2.1.3 Morfología	04
2.1.4 Factores Agroclimáticos	05
2.1.5 Ecotipos	05
2.1.6 Siembra y época de siembra	06
2.1.7 Cosecha y Post cosecha	07
2.1.8 Rendimiento	08
2.2 EL NEMÁTODO <i>Meloidogyne incognita</i>	09
2.2.1 Taxonomía	09
2.2.2 Características generales	09
2.2.3 Distribución geográfica	10
2.2.4 Dimensiones	11
2.2.5 Parasitismo	11
2.2.6 Ciclo Biológico	12
2.2.7 Síntomas de una planta infestada con <i>Meloidogyne spp.</i>	12
2.2.8 Susceptibilidad de las plantas al género <i>Meloidogyne</i>	14
2.2.9 Resistencia de las plantas al género <i>Meloidogyne</i>	15
2.2.10 Hospederos	18
2.2.11 Control	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Localización del Experimento.	20
3.2 Materiales	21
3.3 Metodología	22
3.4 Conducción del experimento	25
3.5 Evaluación de variables	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Resultados de resistencia al nemátodo <i>Meloidogyne incognita</i>	30
Altura de planta	30
Número de hojas	31

Número de nódulos	33
Peso de raíz	35
Longitud de raíz	37
Necrosis de la raíz	38
Número de huevos	41
Tasa de multiplicación del nemátodo	42
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	45
VII. BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	49

## LISTADO DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01. Análisis de variancia de la altura de plantas.	30
Cuadro 02. Prueba de comparación de promedios para la altura de por inóculo.	31
Cuadro 03. Análisis de variancia para número de hojas.	31
Cuadro 04. Prueba de comparación de promedios para número de hojas por ecotipo.	32
Cuadro 05. Prueba de comparación de promedios para número de hojas por inóculo.	32
Cuadro 06. Análisis de variancia para el número de nódulos.	33
Cuadro 07. Prueba de comparación de promedios para número de nódulos por ecotipo.	33
Cuadro 08. Prueba de comparación de promedios para número de nódulos por inóculo.	34
Cuadro 09. Análisis de variancia para el peso de raíz.	35
Cuadro 10. Prueba de comparación de promedios para peso de raíz por ecotipo.	36
Cuadro 11. Prueba de comparación de promedios para peso de raíz por inóculo.	36
Cuadro 12. Análisis de variancia para longitud de raíz.	37
Cuadro 13. Prueba de comparación de promedios para la longitud de raíz por ecotipo.	37
Cuadro 14. Prueba de comparación de promedios para la longitud de raíz por inóculo.	38
Cuadro 15. Análisis de variancia para la necrosis de la raíz.	38
Cuadro 16. Prueba de comparación de promedios para necrosis por ecotipo.	39
Cuadro 17. Prueba de comparación de promedios para necrosis Por inóculo.	39
Cuadro 18. Análisis de variancia para número de huevos.	41
Cuadro 19. Prueba de comparación de promedios para el número de huevos por inóculo.	41
Cuadro 20. Análisis de variancia para la tasa de multiplicación del nemátodo por ecotipo.	42
Cuadro 21. Prueba de comparación promedios de TMN por ecotipo	42

## LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 01.	Interacción de ecotipos con inóculo para el número de nódulos	Pág. 35
Gráfico 02.	Interacción de ecotipos con inóculo para necrosis de raíz.	40



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones del INIA Pichanaki, entre el mes de mayo a noviembre del año 2007. El Problema planteado fue; ¿Cuál de los 6 ecotipos de Sacha Inchi es resistente a *Meloidogyne incognita*?. La hipótesis propuesta fue; el ecotipo Pinto Recodo, es resistente al ataque de *Meloidogyne incognita* en comparación con los cinco ecotipos de Sacha Inchi. Los objetivos planteados fueron: Identificar la sintomatología que causa *Meloidogyne incognita* en plantas de Sacha Inchi y determinar el ecotipo que presenta resistencia al ataque de *Meloidogyne incognita*. Se evaluó la reacción de los 6 ecotipos de sachá inchi a *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones de invernadero. Se empleó el Diseño Completo al Azar con arreglo factorial, con 6 ecotipos x 2 formas (sin inoculación y con inoculación del nemátodo) y con 3 repeticiones; Siendo la población 36 plantas, se evaluó a toda la población. En la conducción del experimento, se sembró tomate para obtener el inóculo, seguidamente se esterilizó el sustrato a utilizar y se sembró las semillas de sachá inchi en las macetas, después de 20 días de la siembra se inoculó 10000 huevos de *Meloidogyne incognita* por maceta. A los 50 días de haber realizado la inoculación se procedió a realizar las evaluaciones; como son: sintomatología foliar, número de hojas, número de zarcillos, altura de planta, peso de raíz, longitud de raíz, necrosidad de raíz y número de huevos. Los resultados del experimento indican: Las plantas que fueron sometidas a inóculo, presentan nódulos, necrosis, infección de huevos en las raíces, menor altura, número de hojas, peso de raíz y longitud de raíz; las plantas que no fueron sometidas a inóculo, presentan mayor altura, número de hojas, peso de raíz, longitud de raíz y no presentan nódulos ni necrosis en su sistema radicular. El ecotipo Aguaytía es resistente al ataque de *Meloidogyne incognita* y los otros 5 ecotipos evaluados son parcialmente resistentes. Considerando esto, podemos decir que se recomienda realizar la prueba en campo del ecotipo Aguaytía para confirmar resistencia y estimar el valor agronómico y de adaptación

## I. INTRODUCCIÓN

El Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* es un cultivo que en los últimos años ha venido tomando importancia económica e industrial en el mercado internacional, nacional y local, debido a la demanda de ácidos grasos esenciales (conocidos como omega 3, 6 y 9) y vitamina E; sustancias que las semillas de sachá inchi concentran en cantidades elevadas, con respecto a semillas de otras oleaginosas (maní, palma, soya, girasol).

Desafortunadamente, el sachá inchi presenta susceptibilidad a *Meloidogyne incognita*, conocida como la enfermedad del nódulo radicular; cuando se presenta condiciones favorables sus poblaciones se elevan desmedidamente, aún cuando las poblaciones son bajas, estas pueden actuar como agentes fitopatológicos, que debilitan, predisponen o causan heridas, que permiten la infección por otros microorganismos (hongos, bacterias), razón por la cual se deberán tomar medidas de precaución ya que constituye el principal factor limitante en la producción (Arévalo, 1995).

Por otra parte, aún no se ha desarrollado una variedad de sachá inchi para San Martín u otro lugar del Perú y no hay registros de variedades en SENASA (Arévalo, 1995).

El Instituto Nacional de Investigación Agraria de la Estación Experimental Agraria el “Provenir” Tarapoto, mantiene la colección más importante de sachá inchi, en donde se concentra una amplia variabilidad (47 ecotipos), habiéndose identificado materiales genéticos promisorios por sus altos contenidos de aceite; sin embargo, tienen bajos rendimientos y son altamente susceptibles a *Meloidogyne incognita*, principal problema fitosanitario, que ocasiona elevada mortandad de plantas al segundo año de producción (Manco, 2006).

La determinación y el uso de ecotipos de sachá inchi adecuado, servirá para darnos a conocer el ecotipo resistente al nemátodo *Meloidogyne incognita*, de buen rendimiento y de calidad. Los objetivos planteados fueron:

- Identificar la sintomatología que causa el nemátodo *Meloidogyne incognita* en plantas de Sacha Inchi.
- Determinar el ecotipo que presenta resistencia al ataque del nemátodo *Meloidogyne incognita*.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EL SACHA INCHI

#### 2.1.1 TAXONOMÍA

La clasificación botánica de la planta es la siguiente:

Reino	: Vegetal
División	: Spermatophyta
Sub división	: Angiospermae
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Género	: <i>Plukenetia</i>
Especie	: <i>volubilis</i>

(Mcbride, 1951).

#### 2.1.2 ORIGEN

El género *Plukenetia* ha sido encontrado en Malasia, Nueva Guinea, Borneo, México, y la Amazonía de Perú, Brasil y Bolivia. En el Perú se encuentra en Madre de Dios, Huánuco, Junín (Chanchamayo y Satipo), Pasco (Oxapampa), Ucayali (Pucallpa, Contamana y Requena), San Martín (cuenca del Huallaga, Alto y Bajo Mayo, la sub-cuenca del Cumbaza y en áreas del sector Lamas-Shanusi), Amazonas (Rodríguez de Mendoza) y Loreto (Yurimaguas, Putumayo, Iquitos y Caballococha) (Gillespie, 1993).

### 2.1.3 MORFOLOGÍA

Relaciones importantes de asociación o dependencia en el cultivo de sachá inchi:

- En número de frutos está muy asociado con el número de tallos.
- El inicio de la floración está muy asociado al prendimiento de plantas en campo.
- El número de flores tiene una alta asociación con la longitud del tallo.
- El daño en las hojas está negativamente y altamente asociado con la longitud del zarcillo principal.
- El inicio de la floración está negativamente y altamente asociado a los daños en los tallos (CIED, 2008).

Es una Planta: Trepadora, voluble, semileñosa, de altura indeterminada. Sus hojas: Son alternas, de color verde oscuro, oval-elípticas, aseruladas y, de 9 a 16 cm de largo y 6 a 10 cm. ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi-arriñonada. Las flores: en Sachá Inchi se observan 02 tipos de flores: Masculinas: Son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos. Femeninas: Se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores. Es una especie alógama de polinización cruzada. Fruto: Es una cápsula, de 3,5 a 4,5 cm. de diámetro, con 04 lóbulos aristados dentro de los cuales se encuentran 4 semillas. Excepcionalmente, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos. Semilla: Es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos, el diámetro fluctúa entre 1,3 y 2,1 cm (Manco, 2006)

Fenología o período vegetativo del sachá inchi:

#### **En almácigo:**

- Días a germinación: 11 a 14 días después del almácigo.
- Días a emergencia de hojas verdaderas:
- 1er. par: Entre 16 y 20 días después del almácigo.
- 2do. par: Entre 28 y 42 días después del almácigo.
- 3er. par: Entre 45 y 59 días después del almácigo.

**Después del trasplante:**

- Inicio de emisión de guía: Entre 20 y 41 días después del trasplante.
- Inicio de floración: Entre 86 y 139 días después del trasplante.
- Inicio de fructificación: Entre 119 y 182 días después del trasplante.
- Inicio de cosecha: Entre 202 a 249 días después del trasplante (Manco, 2006)

**2.1.4 FACTORES AGROCLIMÁTICOS****ALTITUD Y TEMPERATURA**

Crece desde los 100 msnm en Selva Baja hasta los 2000 msnm en Selva Alta. crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía Peruana (mín. 10°C y máx. 36°C). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados (Manco, 2006).

**AGUA**

El Sacha inchi necesita de terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo. Es una planta que requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido. El riego es indispensable en los meses secos. Periodos relativamente prolongados de sequía o de baja de temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedades (Arévalo, 1995).

**SUELO**

Este cultivo tiene amplia adaptación a diferentes tipos de suelo; crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio (Valles, 1987).

**2.1.5 ECOTIPOS**

El ecotipo Aguaytía a pesar que está en cuarto lugar en rendimiento dentro del grupo de los 6 ecotipos, no es tan uniforme en rendimiento, pero tiene un buen potencial para seleccionar líneas con rendimientos superiores. En la localidad de Bajo kimiriki el ecotipo San Juan de

Pucallpa destaca en el porcentaje de grasas con 41,41% y el más bajo el ecotipo Pinto Recodo con 36,26% y en porcentaje de proteínas destaca el ecotipo Pinto Recodo con 23.31% y el más bajo el ecotipo San Juan de Pucallpa con 17.80% (CIED, 2008).

En la actualidad, se mantiene y evalúan 47 ecotipos de sachá inchi, de las cuales se han seleccionado ecotipos promisorios, principalmente por su rendimiento en grano seco. El INIA "El Porvenir" de Tarapoto mantiene la colección más importante de sachá inchi, en donde se concentra una amplia variabilidad ecotipos (47 ecotipos), habiéndose identificado materiales genéticos promisorios por sus altos contenidos de aceite; sin embargo, tienen bajos rendimientos y son altamente susceptibles a *Meloidogyne* spp. (Manco, 2006)

En 1988, en la Estación Experimental "El Porvenir", el Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos inició las investigaciones de este cultivo, con la colección y evaluación de 36 accesiones. Las evaluaciones realizadas en 6 accesiones nos indican que este cultivo es muy susceptible a *Meloidogyne* spp. , nemátodo del nudo de la raíz y a *Fusarium* spp. (INIA Tarapoto, 2000).

El sachá inchi presenta una variabilidad muy amplia, observándose cultivares y ecotipos que difieren grandemente en área de follaje, tamaño y forma de sus hojas, semillas, así como en su capacidad de producción por planta y contenidos de aceite (Arévalo, 1995).

#### **2.1.6 SIEMBRA Y ÉPOCA DE SIEMBRA**

Se realiza dos tipos de siembra: Siembra directa: Su propagación es por semillas 1,0-1,5 kg/ha; distancia entre hileras: 2,5 a 3,00 m; distancia entre plantas: 3,00 m. N° de plantas/golpe: 1 Profundidad de siembra: 2-3 cm. y siembra indirecta se realiza vivero Almacigar las semillas en arena lavada de río, colocándolas en hileras distanciadas a 10 cm. y a una profundidad de 2 cm. Realizar el repique de plántulas a bolsas de polipropileno negro con sustrato previamente preparado con tierra negra de bosque, antes de la aparición del tercer par de hojas verdaderas. Época de siembra: La siembra del sachá inchi está condicionada al

régimen de lluvias. Generalmente, se siembra al inicio de las lluvias para garantizar una buena germinación. En siembras directas la plantación debe instalarse entre diciembre y marzo. La siembra indirecta (en vivero) debe realizarse entre los meses de noviembre y febrero (Manco, 2006).

#### **2.1.7 COSECHA Y POST COSECHA**

Se realiza entre los 6,5 y 8,0 meses después del trasplante, cuando los frutos están secos, recogándose las cápsulas manualmente cada 15–30 días y la Post cosecha como el secado se realiza de manera manual y la trilla consiste en el descascarado de los frutos, Alrededor del 52-55% es semilla seca y el 48-45% es cáscara (Manco, 2006).

Las cápsulas de sachá inchi en el proceso de secado natural necesitan aproximadamente 2 horas de sol. Al secarse gran parte de ellas, o en algunos casos todas, dejan al descubierto las semillas (por su carácter dehiscente). La trilla propiamente dicha viene a ser el descascarado total de las semillas (Arévalo, 1995).

El sachá inchi a diferencia de otras especies de oleaginosas, tiene una actividad de crecimiento vegetativo y fructificación continuada durante todo el año. Esto a pesar de las variaciones limitantes que puedan presentarse en uno o varios de los factores relacionados con las características del clima o del suelo. En el ecotipo Pacaya en los meses de verano, a excepción de febrero (invierno) el número de cápsulas cosechadas se incrementa, bajando en los meses de invierno, en que la planta sufre un agotamiento, el cual se observa cada 3 a 4 meses. La cosecha del sachá inchi, bajo cualquier circunstancia de su uso o destino, tiene lugar generalmente cuando los frutos o cápsulas se tornan de un color marrón oscuro o negro cenizo. Se realiza recolectando las cápsulas con la mano, pues éstas se desprenden fácilmente. Algunas veces se producen pérdidas por dehiscencia, por ello es recomendable cosechar cada 15 días (Arévalo, 1995).



### 2.1.8 RENDIMIENTO

Los ecotipos estudiados no encontramos diferencia estadística sin embargo los ecotipos Ashaninka y Oxabamba presentan los mayores rendimientos dentro de los seis ecotipos estudiados (CIED, 2008).

El rendimiento del cultivo de sachá inchi es de 0,7–2,0 t/ha/año (Manco, 2006).

El rendimiento expresados en Kg/ha a los 18 meses de evaluaciones de cinco ecotipos fue de la siguiente manera: el ecotipo Cumbaza con 2,467 Kg/ha; Putumayo 1,178 con Kg/ha; Contamana con 1,149 Kg/ha; Río Chambira con 1,089 Kg/ha; y el ecotipo Muyuy con 1,060 Kg/ha (INIA, 1997).

En la región Ucayali, en un suelo ultisol entre 1993-1996 fueron evaluados cinco ecotipos de sachá inchi con el fin de adaptar su evaluación y rendimiento de grano. Fue seleccionado el ecotipo Cumbaza por rendir 2,467 kg/ha, de grano seco durante 18 meses de evaluación y también se obtuvo 986,8 litros de aceite de buena calidad, por lo que se recomendó liberar el ecotipo Cumbaza e incluir al sachá inchi como una alternativa de materia prima para la industrias de aceites y grasas del país al contener el 48 % de aceite (Morales, 1995).

Se observa ecotipos de buen rendimiento como Pinto Recodo, Tambo Yaguas. Parte de este germoplasma ha sido evaluado en la Sub-Estación Experimental "Calzada" y en la Estación Experimental Pucallpa, resultando los ecotipos Pinto Recodo, y Cumbaza los más sobresalientes en rendimiento de semilla seca. El sachá inchi presenta una variabilidad muy amplia, observándose cultivares y ecotipos que difieren grandemente en área de follaje, tamaño y forma de sus hojas, semillas, así como en su capacidad de producción por planta y contenidos de aceite de grano; la Estación Experimental El Porvenir, actualmente está recomendando los siguientes ecotipos: Pinto Recodo, Cumbaza, Tambo Yaguas y Río Putumayo, los cuales están siendo

caracterizados conjuntamente con los demás ecotipos del Banco de Germoplasma (Arévalo, 1995).

## **2.2 EL NEMÁTODO *Meloidogyne incognita***

### **2.2.1 TAXONOMÍA**

Clase	: Secernentea
Subclase	: Diplogasteria
Orden	: Tylenchida
Suborden	: Tylenchina
Superfamilia	: Tylenchoidea
Familia	: Heteroderidae
Subfamilia	: Meloidogyninae
Género	: <i>Meloidogyne</i>
Especie	: <i>incognita</i>

(Cepeda, 1996).

### **2.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

La temperatura influye sobre las poblaciones de nemátodos fitoparásitos, a pesar de que presenta enormes diferencias entre especies, situación que hace imposible generalizar comportamientos. Hay especies que prefieren climas cálidos y otros climas fríos. Las especies de *Meloidogyne* en general prefieren climas cálidos, aunque hay diferencias específicas a esta generalización como *Meloidogyne hapla* que tiene cierta preferencia por climas de temperatura más bajas (Magunacelaya y Dagnino, 1999).

El nemátodo presenta estilete y nódulos, el bulbo es redondo, el istmo es muy corto. La hembra adulta es globosa, con el ano y la vulva separados. El macho es filiforme aunque en los estados iniciales de su desarrollo larvario es ligeramente engrosado. El macho presenta la espícula muy cerca de la parte Terminal de la cola (Cepeda, 1996).

Cada hembra deposita aproximadamente 500 huevecillos en una sustancia gelatinosa que ella misma produce (Agrios, 1995).

*Meloidogyne incognita*, es el nemátodo de las agallas más común en la región Mediterránea. Esta especie suele causar pérdidas importantes en cultivos hortícolas, industriales, ornamentales y frutales. En frutales leñosos, tales como almendro, melocotonero, ciruelo, vid, olivo e higuera, afecta al desarrollo de la planta en vivero. En plantaciones establecidas disminuye su producción y limita la vida útil de la planta (Lamberti, 1981).

Las hembras lanzan por la abertura genital un líquido espeso en el cual sobrenadan de 300 a 600 huevos por término medio. El periodo de incubación es de 17 días, con altas temperaturas y de 45 días con temperaturas bajas. Así, puede haber de 3 a 12 generaciones por año. Los nemátodos pueden sobrevivir en suelos secos durante varias semanas y en el suelo húmedo durante varios meses. Tanto en juveniles como adultos mueren por frío. Las masas de huevos en el interior de los tejidos soportan temperaturas muy bajas (Krusberg y Nielsen, 1958).

### **2.2.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

El *Meloidogyne* es el género más ampliamente distribuido; se encuentra en zonas tropicales, subtropicales, climas mediterráneos, etc. Esta característica se debe a varios factores: Capacidad de soportar condiciones adversas, rápida reproducción, efecto de transportarse en material vegetativo, implementos o maquinaria agrícola infestada y facilidad para establecerse en nuevas áreas (Cepeda, 1996).

Se encuentran en todo el mundo, pero con mayor frecuencia y abundancia en regiones cálidas y tórridas e inviernos cortos y moderados (Agrios, 1995).

*Meloidogyne* es el principal nemátodo en el Perú, se le conoce como el nemátodo del nódulo de la raíz, es polífago y de amplia distribución, un gran número de malezas puede ser hospedante del nemátodo (Figueroa, 1990).

Debido a su agresividad y amplia distribución, los nemátodos formadores de nódulos pertenecientes al género *Meloidogyne* se pueden considerar como los más importantes (González, 1989).

#### **2.2.4 DIMENSIONES**

Los nemátodos *Meloidogyne spp.* miden: Los machos 1,2 a 1,5 milímetros de largo por 30 a 36 milímetros de diámetro. Las hembras un aproximado por 0,40 a 1,30 milímetros de largo por 0,27 a 0,75 milímetros de diámetro (Agrios, 1995).

#### **2.2.5 PARASITISMO**

Los nemátodos agalladores de raíces son endoparásitos sedentarios y obligados de las plantas hospedantes. La infección solo ocurre cuando el segundo estadio larval infectivo penetra en las raíces y otras partes subterráneas de una planta hospedera; el nemátodo se considera en esta etapa como ecto o endoparásito migratorio (Cepeda, 1996).

Los nemátodos endoparásitos solo succionan sustancias elaboradas por la célula sin alterar ni destruir ningún componente celular, se alimentan de la endodermis y tejido vascular. Se subdividen en migratorios y sedentarios. Los endoparásitos migratorios introducen parte o todo su cuerpo dentro de la célula de la corteza del hospedante para destruirlas por efecto de su movimiento, pudiendo producir varias generaciones dentro de él; tiene el estilete más robusto, *Pratylenchus* y *Radopholus*. Los endoparásitos sedentarios son los más evolucionados y por ende los más peligrosos y dañinos debido a su intensa alimentación y actividad enzimática. Las hembras adultas son ensanchadas y sedentarias hasta su muerte *Heterodera*, *Tylenchulus*, *Rotylenchulus*, *Meloidogyne*, *Globodera* y *Nacobbus* (Canto y Palomo, 1996).

### **2.2.6 CICLO BIOLÓGICO**

El ciclo de todas las especies de *Meloidogyne* es esencialmente el mismo, sin embargo, algunos autores indican que el tipo de hospedero y condiciones ambientales como luminosidad, temperatura, altitud, pH, textura del suelo, etc, hacen que varíe el ciclo de estos nemátodos. El ciclo comienza a partir de huevo (ovoide, alargado cerca del doble de largo por ancho), en estado unicelular, ya sea libres en el suelo o embebidos en una matriz gelatinosa, que pueda estar adherida a los tejidos de la raíz de la planta hospedante o a la hembra, la que produce de 500 a 1000 huevos (Cepeda, 1996)

Los estados juveniles son delimitados por las mudas; el primer estado juvenil (J1) y la primera muda (M1) ocurren dentro del huevo, la duración es variable desde dos días hasta meses, generalmente tres a cuatro semanas (Canto y Palomo, 1996).

El ciclo de vida del nemátodo concluye a los 25 días a una temperatura de 27 °C pero tarda más tiempo a temperaturas más bajas o más altas (Agrios, 1995).

En general en todos los nemátodos el ciclo de vida consta de seis estados: huevo, cuatro estados juveniles o larvarios y el adulto. Al pasar de un estado a otro hay una muda de piel; la primera muda se produce dentro del huevo (Guiñez y González, 1993).

### **2.2.7 SÍNTOMAS DE UNA PLANTA INFESTADA CON *Meloidogyne spp.***

En cuanto a la parte aérea, los síntomas de una planta infestada con *Meloidogyne spp.* son similares a los que presenta una planta con otro tipo de daño en las raíces. Estos pueden ser: inhibición de la brotación, disminución del crecimiento, clorosis del follaje, marchitez temporal a pesar de haber humedad adecuada en el suelo, ya que los elementos vasculares en los nódulos se rompen y se deforman interrumpiendo mecánicamente el flujo normal de agua y nutrientes; y finalmente disminución de la producción (Magunacelaya y Dagnino, 1999).

Los nudos o agallas no son los únicos síntomas del ataque de *Meloidogyne spp.* pues en un momento dado puede haber formación de escobillas, reducción en el crecimiento, clorosis y otros. Este nemátodo ataca a la mayoría de los vegetales y suele ser voraz y destructivo cuando las condiciones le favorecen (Cepeda, 1996).

Las plantas infectadas muestran un desarrollo deficiente y una menor cantidad de hojas pequeñas, de color verde pálido o amarillento que tiende a marchitarse cuando el clima es cálido. Las raíces infectadas se hinchan en la zona de invasión y desarrollan las agallas típicas de agallas de raíz las cuales tienen un diámetro dos o tres veces mayor al de las raíces sanas. Se producen varias infecciones sobre la misma raíz y las agallas en proceso de desarrollo le dan a la raíz una forma irregular que se asemeja a una maza. En las raíces infectadas por alguna de las especies de este nemátodo se forman además de agallas, varias ramificaciones cortas de la raíz, las cuales nacen en la parte superior de la agalla. Sin embargo, es frecuente que las raíces infectadas sean más pequeñas y muestren varios grados de necrosis (Agrios, 1995).

Los síntomas en las plantas y su severidad varían de acuerdo a la especie del nemátodo y a la especie, la edad, y la parte de la planta donde se presenta la lesión (Guiñez y González, 1993).

Se ha observado ataques tempranos de *Meloidogyne spp.* en suelos ácidos, alcalinos, franco arenosos con más del 70% de arena, arcillosos con más del 50% de arcilla y contenido medio de materia orgánica. Las plantas atacadas se atrofian y presentan entrenudos cortos, hojas pequeñas, luego se vuelven cloróticas. Asimismo, estos parásitos ingresan a las raíces produciendo heridas por donde fácilmente penetra los hongos, dañando los tejidos y produciendo la pudrición total de las raíces, causando finalmente la muerte de las plantas (Arévalo, 1995)

Los nemátodos infestan y dañan las plantas, disminuyendo los rendimientos y la calidad de los frutos además alteran la fisiología de los

tejidos afectados, predisponiéndolos al ataque de otros patógenos (González, 1984).

El síntoma más común de la infección por especies de *Meloidogyne*, llamados agallas, nódulos o nudos, los que pueden medir desde 1 o 2 milímetros de diámetro en las raíces muy pequeñas hasta 1 cm o más en las raíces grandes. Las raíces altamente infestadas son mucho más cortas que las raíces sanas, tiene menos raíces laterales y menos pelos radicales (Taylor y Sasser, 1983).

Los nemátodos causan ciertos desordenes en las raíces y de esta forma se producen: Raíz de escobilla, si las raicillas logran tener cierta longitud antes que se detenga su crecimiento; Raíz tosca, raicillas no lograron crecer antes de la lesión, raíces carente de ramificaciones; Punta rizada, lesión en un lado de la raíz, cerca del extremo, puede retardar el crecimiento de ese lado (Christie, 1970).

#### **2.2.8 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS PLANTAS AL GÉNERO *Meloidogyne***

Resultados: En el Lote PG-39 de la E.E. "El Porvenir" se tienen instaladas 71 accesiones de sachá inchi. Evaluaciones realizadas en este año indican una alta incidencia del nemátodo del nudo (*Meloidogyne spp.*) y hongos del suelo (*Fusarium spp.* y *Macrophomina spp.*) (Manco, 2003).

Otras de las plagas de importancia en el cultivo de sachá inchi en el distrito de Pichanaki es el ataque del nemátodo del nudo (*Meloidogyne spp.*) que ataca desde el estado de plántula en vivero, lo cual trae grandes consecuencias en campo definitivo (Amiquero y Sánchez, 2002)

Cuando las plantas susceptibles son infectadas en la etapa de plántulas, las pérdidas son consideradas y pueden dar lugar a la destrucción total del cultivo. Las infecciones que sufren las plantas adultas pueden tener solo efectos ligeros sobre la producción o pueden disminuir en forma considerable la producción (Agrios, 1995)

En 1998 en la Estación Experimental “El Porvenir,” el programa Nacional de Investigación de Recursos Genéticos inició las investigaciones en Sacha Inchi. Con la colección y evaluación de 36 accesorios. Las evaluaciones son realizadas en 6 accesiones nos indican que este cultivo es muy susceptible a *Meloidogyne spp.* nemátodo del nudo de la raíz y a *Fusarium spp* (Arévalo, 1995).

#### **2.2.9 RESISTENCIA DE LAS PLANTAS AL GÉNERO *Meloidogyne spp.***

Los ecotipos o accesiones que han mostrado hasta la fecha resistencia o tolerancia a *Meloidogyne spp.*, ya que permanecen vivos en campo, son: Shilcayo, Pinto Recodo, Barranquita, Nauta, Río Mamón, Río Putumayo y Río Palmira (Manco, 2003).

En la evaluación de resistencia de un tubérculo las pruebas de macetas y de platos petri son las más precisas, mientras que la prueba en campo son utilizadas mayormente para confirmar resistencia y estimar el valor agronómico y de adaptación de los clones. En ambos casos se requieren inóculo (quistes viables) en cantidades adecuadas. Entre las aplicaciones mencionadas de la tasa de multiplicación del nemátodo, una de las más frecuentes e importante, es la selección de genotipos resistentes en programas de mejoramiento, donde generalmente se emplea una población general estándar como inóculo y luego de establecer la población final se calcula la tasa de multiplicación (González y Franco, 2001)

La susceptibilidad, tolerancia y resistencia de la planta huésped a los nemátodos depende de las propiedades de la célula y los tejidos de las plantas. Las investigaciones futuras sobre resistencia, serán acerca de su efecto sobre la reproducción del nemátodo. En el mejoramiento de plantas para resistencia y en la declaración de la resistencia relativa de algunas variedades, la tasa de reproducción es un criterio básico. Hay plantas inmunes en las que un nemátodo particular no puede reproducirse y hay otras susceptibles en las que este se reproduce bien (Cepeda, 1996).



La identificación de genes que confieren resistencia frente a un patógeno es el punto de partida para cualquier programa de mejora genética. Existen tres fuentes potenciales de resistencia a nemátodos y son: a) Especies silvestres, que constituyen la principal fuente de genes que confieren resistencia para su utilización en fruticultura, cuya incorporación se efectúa por hibridaciones naturales o cruzamientos dirigidos.); b) Mutaciones, la inducción de mutaciones por medio de irradiación o con compuestos químicos ha sido utilizada para obtener resistencia a nemátodos, aunque la estabilidad genética de estas mutaciones es dudosa; c) Biotecnología, la regeneración de plantas a partir de células tejidos u órganos puede ser un método potencialmente efectivo para obtener variantes somaclonales con caracteres de resistencia mejorados y genéticamente más estables que las obtenidas por inducción de mutaciones (Pinochet, 1994).

Con el aumento de la temperatura se da una pérdida parcial de la resistencia como ejemplo: en el portainjerto GN-22 el nemátodo *Meloidogyne. incognita*, apenas se reprodujo a una temperatura de 23 °C. Sin embargo, este genotipo mostró un incremento de agallamiento, población final y un mayor número de nemátodos por gramo de raíz a los 31°C, indicando una pérdida parcial de la resistencia con el aumento de la temperatura (Fernández y Felipe, 1993).

Se evaluó la reacción de patrones de ciruelo, pollizo, membrillero y peral a cinco poblaciones españolas de *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones de invernadero 120 días después de la inoculación con 5,000 nemátodos por planta. El patrón de ciruelo Mariana 2624 resultó ser inmune, los ciruelos Pixy y San Julián 655-, los pollizos PSM-101 y Montizo, el peral OHF y el membrillero Provence fueron resistentes; mientras que el ciruelo Mirobolán 605 fue susceptible alcanzando un índice de agallamiento de 6 (escala 1 a 6), una población final de 14,426 nemátodos por planta y 553 nemátodos por gramos de raíz (Pinochet *et al.*, 1990).

El empleo de cultivares resistentes al nemátodo del nudo ha probado ser un método de control efectivo y barato. Sin embargo, hay que tener

en cuenta que los cultivares resistentes no son inmunes y por lo tanto, pueden ser severamente afectados cuando son cultivados en campos con poblaciones muy altas de nemátodos y bajo condiciones que favorecen su virulencia. Existe evidencia que el uso continuo de cultivares resistentes pueden seleccionar patotipos con mayor virulencia sobre los mismos, como sucede con las razas que rompen la resistencia (Vásquez, 1989)

El mejoramiento de las plantas para resistencia a este parásito ha sido conducido principalmente a base de las cuatro especies más importante de *Meloidogyne*: *M. incógnita*, *M. hapla*, *M. javanica*, *M. arenaria*. El carácter de la infestación, algo selectivo de los nemátodos, su lenta diseminación, su persistencia en el suelo y los costos relativamente elevados del control mecánico y químico hacen que la creación de variedades resistentes y tolerantes de las plantas comercialmente importantes resulta atractiva (González, 1988).

Plantas inmunes, son aquellas que no son atacadas por el nemátodo y Plantas resistentes, son aquellas que pueden ser invadidas por el nemátodo, aunque esta tiene dificultad o manifiesta incapacidad para completar su desarrollo y su reproducción. En casos de resistencia moderada o parcial, el parásito se puede reproducir, aunque su multiplicación es restringida o retardada. Plantas tolerantes, describe la sensibilidad de un hospedador al parasitismo o la magnitud del daño medible en términos de disminución en rendimiento. Plantas susceptibles, el nemátodo es capaz de reproducirse en ellas con facilidad causando un daño que puede ser medido y que normalmente va en relación con el aumento de la población. Plantas intolerantes, con una alta susceptibilidad que pueden ser dañadas severamente por poblaciones relativamente bajas del nemátodo a las que el parásito puede ocasionalmente causar la muerte (Cook y Evans, 1987).

Cada una de las especies vegetales puede ser atacada por un centenar o mas de patógenos diversos sin embargo, aunque sufre daño en mayor o menor grado, pueden sobrevivir a todos estos ataques y en varios casos logran crecer bien e incluso producir apreciables rendimientos. La

causa en la resistencia, que puede estar relacionada con la constitución genética de la planta o del patógeno (Jatala y Russell, 1972)

#### **2.2.10 HOSPEDEROS**

A nivel mundial la gama de hospederos de *Meloidogyne* comprende más de 2000 especies de plantas que representan casi todas las familias en vegetales como: algodón, alfalfa, calabaza, cafeto, cebolla, col, maíz, plátano, papaya, sandía, tabaco, tomate, vid y otros (Cepeda, 1996).

Estos nemátodos se encuentran también en los invernaderos donde se usan suelos no esterilizados. Atacan a más de 2000 especies de plantas, incluyendo a la mayoría de las plantas cultivadas (Agrios, 1995).

Para cada especie de nemátodos de nódulos radiculares se tienen plantas que son huéspedes apropiados y otras que no lo son. Muchos de los vegetales quedan situados entre estos dos extremos, formando así una serie que representa distintos grados de amplitud. Si se compara distintas plantas, se observa que, al pasar de las que les son francamente propias a las que son menos adecuadas, aumenta el tiempo necesario para que las hembras alcancen su madurez (Christie, 1970).

#### **2.2.11 CONTROL**

Para el control del ataque del nemátodo del nudo al cultivo de sachá inchi en un plan de manejo orgánico es recomendable utilizar buen contenido de materia orgánica y como desinfectante Nemathor en el sustrato para embolsado, al igual que al momento de la siembra aplicar 20 gramos por hoyo (Amiquero y Sánchez, 2002).

Las prácticas culturales como barbechos, inundaciones, aplicación de abonos orgánicos, cultivos de plantas de cobertura y rotación de cultivos entre otras, reducen bastante las poblaciones de nemátodos parásitos de plantas cultivadas. El propósito del control de los nemátodos es el de aumentar el rendimiento de las cosechas. El método más efectivo y

económico para el control de nemátodos es el uso de variedades resistentes (Cepeda, 1996).

Realizar un análisis del suelo antes de la siembra, para determinar la cantidad y tipo de nemátodo presente; esto con la finalidad de aplicar medidas de control antes de instalar el cultivo. Este control preventivo puede ser químico o cultural. Se controla eficientemente en los invernaderos esterilizando el suelo con vapor o fumigándolo con nemátocidas. En el campo, el mejor método de control se logra mediante la fumigación del suelo con compuestos químicos como el bromuro de metilo combinado con cloropicrina (Agrios, 1995).

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.

#### 3.1.1 LUGAR DE EJECUCIÓN:

El presente trabajo de investigación se realizó en el Invernadero del Instituto Nacional de Investigación Agraria –Pichanaki, cuya ubicación es:

##### a) Ubicación Política:

Anexo : Bajo Kimiriki  
Distrito : Pichanaki  
Provincia : Chanchamayo  
Región : Junín

##### b) Ubicación geográfica

Latitud Sur : 10° 56' 59" del Ecuador  
Longitud Oeste : 74° 51' 57" del meridiano de Greenwich  
Altitud : 547 msnm

#### 3.1.2 DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación duró 6,5 meses, se inició el 03 de mayo del 2007 y se concluyó el 15 de noviembre del 2007.

#### 3.1.3 HISTORIA DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación fue ubicado en instalaciones del Invernadero de la Estación Experimental del INIA Pichanaki. El área del invernadero que forma parte de los campos experimentales de esta Estación en donde anteriormente estuvo instalado el trabajo de investigación sobre la Virosis del Papayo (2006 y 2007).

## **3.2 MATERIALES**

### **3.2.1 MATERIAL VEGETAL-SEMILLAS**

<b>Ecotipos:</b>	<b>Procedencia</b>
1. San Juan de Pucallpa	Pucallpa
2. Aguaytía	Pucallpa
3. Pinto Recodo	Tarapoto
4. Cumbaza	Tarapoto
5. Oxabamba	Chanchamayo
6. Ashaninka	Chanchamayo

### **3.2.2 HERRAMIENTAS**

- Lampa cuchara
- Pico
- Carretilla
- Tijera de podar

### **3.2.3 MATERIALES DE GABINETE**

- Fichas de evaluación
- Cuaderno de apunte
- Calculadora
- Equipo de cómputo
- Papeles y bolígrafo
- Plumones

### **3.2.4 EQUIPO Y MATERIALES DE LABORATORIO**

- Estereoscopio
- Pipeta de 10 ml
- Contómetro
- Vaso de precipitación
- Tamiz de malla N° 200 y N° 500
- Beaker con tapa de sellado
- Balanza electrónica
- Pizeta
- Placas petri cuadrículadas

### 3.2.5 REACTIVOS

- Bromuro de metilo

### 3.2.6 INSUMOS

- Inóculo de *Meloidogyne incognita*
- Hipoclorito de sodio al 0.5% y al 1%.

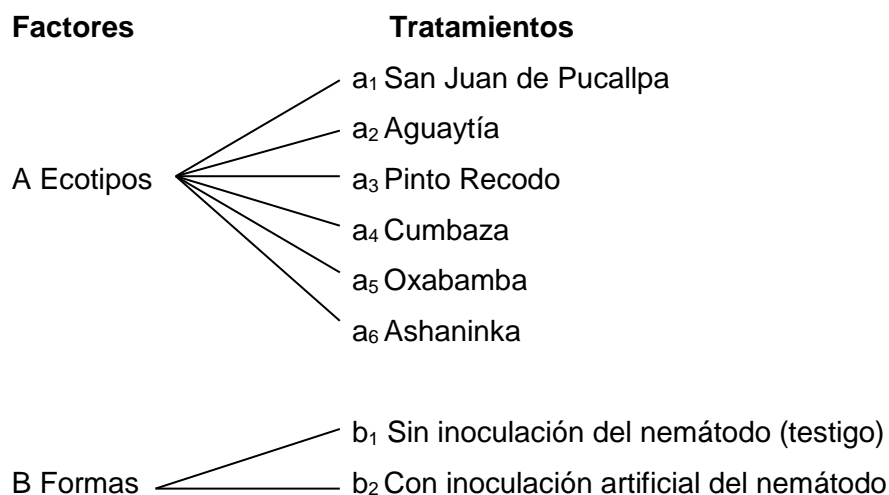
### 3.2.7 MATERIALES DE INVERNADERO

- Macetas
- Tutores de madera (espaldera)
- Rafia
- Alambre galvanizado
- Regadera
- Etiqueta
- Wincha

## 3.3 METODOLOGÍA

Se instaló el ensayo agronómico del cultivo de sachá inchi en invernadero, factor A con 6 ecotipos y el factor B con 2 formas (sin inoculación del nemátodo y con inoculación artificial del nemátodo) con 3 repeticiones; Siendo la población 36 plantas, se evaluó a toda la población de plantas de sachá inchi.

### 3.3.1 FACTORES Y NIVELES EN ESTUDIO



Ecotipos (Variable)  
Clima (Constante)  
Suelo (Constante)  
Plagas (Constante)  
Riego (Constante)

**Tratamientos:**

a<sub>1</sub> b<sub>1</sub> = T1: San Juan de Pucallpa - Sin inoculación del nemátodo  
a<sub>2</sub> b<sub>1</sub> = T2: Aguaytía - Sin inoculación del nemátodo  
a<sub>3</sub> b<sub>1</sub> = T3: Pinto Recodo - Sin inoculación del nemátodo  
a<sub>4</sub> b<sub>1</sub> = T4: Cumbaza - Sin inoculación del nemátodo.  
a<sub>5</sub> b<sub>1</sub> = T5: Oxabamba - Sin inoculación del nemátodo.  
a<sub>6</sub> b<sub>1</sub> = T6: Ashaninka - Sin inoculación del nemátodo.  
a<sub>1</sub> b<sub>2</sub> = T7: San Juan de Pucallpa -Con inoculación artificial del nemátodo  
a<sub>2</sub> b<sub>2</sub> = T8: Aguaytía - Con inoculación artificial del nemátodo.  
a<sub>3</sub> b<sub>2</sub> = T9: Pinto Recodo - Con inoculación artificial del nemátodo.  
a<sub>4</sub> b<sub>2</sub> = T10: Cumbaza - Con inoculación artificial del nemátodo.  
a<sub>5</sub> b<sub>2</sub> = T11: Oxabamba - Con inoculación artificial del nemátodo.  
a<sub>6</sub> b<sub>2</sub> = T12: Ashaninka - Con inoculación artificial del nemátodo.

**3.3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó el Diseño Completo al Azar (DCA) con arreglo factorial de 6 ecotipos x 2 formas y 3 repeticiones. Además se realizó la prueba de comparación de Tukey a un nivel de 0,05 de significación.

**3.3.3 MODELO ADITIVO LINEAL**

El modelo de las observaciones utilizado es:

$$Y_{ijk} = u + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y<sub>ijk</sub> = Observación cualesquiera.

U = Media poblacional.

A<sub>i</sub> = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

B<sub>j</sub> = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.



(AB)<sub>ij</sub> = Efecto del ij-ésimo nivel de la interacción el factor A con el factor B.

E<sub>ijk</sub> = Es el error experimental.

### 3.3.4 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis de variancia de los tratamientos en estudio; además se realizó la prueba de comparación de Tukey a un nivel de 0,05 de significación.

### 3.3.5 CROQUIS DEL EXPERIMENTO

B-I	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> = T10	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> = T2	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> = T8	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> = T4	a <sub>6</sub> b <sub>1</sub> = T6	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> = T3
	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> = T7	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> = T9	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> = T1	a <sub>6</sub> b <sub>2</sub> = T12	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub> = T11	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub> = T5
B-II	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> = T8	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub> = T5	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> = T7	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> = T1	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> = T9	a <sub>6</sub> b <sub>2</sub> = T12
	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> = T2	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub> = T11	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> = T10	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> = T3	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> = T4	a <sub>6</sub> b <sub>1</sub> = T6
B-III	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> = T3	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> = T9	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> = T2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> = T7	a <sub>6</sub> b <sub>2</sub> = T12	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub> = T5
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> = T1	a <sub>6</sub> b <sub>1</sub> = T6	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub> = T11	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> = T4	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> = T8	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> = T10

TRATAMIENTOS	A - ECOTIPOS	B - FORMAS
		Sin inoculación
T1 = a <sub>1</sub> x b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> = San Juan de Pucallpa	b <sub>1</sub> = 0
T2 = a <sub>2</sub> x b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> = Aguaytía	b <sub>1</sub> = 0
T3 = a <sub>3</sub> x b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> = Pinto Recodo	b <sub>1</sub> = 0
T4 = a <sub>4</sub> x b <sub>1</sub>	a <sub>4</sub> = Cumbaza	b <sub>1</sub> = 0
T5 = a <sub>5</sub> x b <sub>1</sub>	a <sub>5</sub> = Oxabamba	b <sub>1</sub> = 0
T6 = a <sub>6</sub> x b <sub>1</sub>	a <sub>6</sub> = Ashaninka	b <sub>1</sub> = 0
		Con inoculación
T7 = a <sub>1</sub> x b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> = San Juan de Pucallpa	b <sub>2</sub> = 10,000
T8 = a <sub>2</sub> x b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> = Aguaytía	b <sub>2</sub> = 10,000
T9 = a <sub>3</sub> x b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> = Pinto Recodo	b <sub>2</sub> = 10,000
T10 = a <sub>4</sub> x b <sub>2</sub>	a <sub>4</sub> = Cumbaza	b <sub>2</sub> = 10,000
T11 = a <sub>5</sub> x b <sub>2</sub>	a <sub>5</sub> = Oxabamba	b <sub>2</sub> = 10,000
T12 = a <sub>6</sub> x b <sub>2</sub>	a <sub>6</sub> = Ashaninka	b <sub>2</sub> = 10,000

### **3.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO**

Ecotipos (Factor A)	: 6
Formas (Factor B)	: 2
Nº de repeticiones	: 3
Nº de Macetas	: 36
Volumen de maceta	: 2000 cc
Altura de maceta	: 25 cm
Peso de Suelo	: 2 kg

### **3.4 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

Las actividades se distribuyeron en 2 etapas:

#### **3.4.1 ETAPA PRELIMINAR**

##### **A) OBTENCIÓN DEL INÓCULO**

La fuente de inóculo se obtuvo de plantas de tomates que fueron sembradas en macetas con suelo infestado de nemátodo *Meloidogyne incognita*.

#### **3.4.2 ETAPA EXPERIMENTAL**

##### **A) PREPARACIÓN DE LAS MACETAS**

Se preparó macetas de una capacidad de 2000 centímetros cúbicos de color negro, con la finalidad de brindar mayor oscuridad a la raíz.

##### **B) PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**

Se mezcló dos partes de tierra negra y una parte de arena fina lavada de río, las que fueron colocadas en una poza, seguidamente se procedió a esterilizarlo con bromuro de metilo ( $454 \text{ g/m}^3$ ) y luego de 20 días se realizó la prueba de toxicidad. Para determinar el grado de toxicidad se realizó la prueba de germinación de la semillas de sachu inchi. Si se quemaban los cotiledones al emerger del sustrato es que todavía era tóxico y se tenía que dejar orear uno o dos días más.

### **C) SIEMBRA DE LAS SEMILLAS DE SACHA INCHI**

En el invernadero, se colocaron las macetas en las cuales se sembraron 2 semillas por maceta.

### **D) EXTRACCIÓN DE HUEVOS DE *Meloidogyne incognita* DE RAÍCES INFECTADAS EN PLANTAS DE TOMATE.**

A los 3 meses después de haber inoculado los huevos a las plantas de tomate se procedió a lavar las raíces suavemente evitando que caigan las masas de huevos. Para obtener la suspensión de huevo de *Meloidogyne incognita* Según el método de Hussey y Baker. Este consiste en picar finamente las raíces lavadas, introduciendo aproximadamente 100 g de raíz picada a un frasco con tapa rosca a la que se añade hipoclorito de sodio al 0,5 % hasta cubrir totalmente las raíces. El frasco fue cerrado herméticamente y sacudido manualmente durante tres minutos. Luego se vertió la sustancia en un tamiz de malla N° 200, recibiendo la suspensión de huevos en un tamiz de malla N° 500, vertiendo luego la suspensión de huevos en un vaso de precipitación y repitió el proceso hasta obtener lo requerido. Seguidamente los huevos retenidos en el tamiz se juntan a un lado con el agua de la pizeta y se vacía a un beaker; se completa a 100 ml y se homogeniza la solución con la bomba de pecera.

Se ha determinado que el hipoclorito de sodio diluye la masa que cubre a los huevos, por lo cual se debe tener cuidado con el tiempo de exposición que no debe ser mayor de 4 minutos para evitar su desintegración completa.

### **E) INOCULACIÓN**

Al obtener aproximadamente 100 ml de suspensión de huevos, se vació al vaso de precipitación de 1 litro y se completó con agua. Luego de homogenizar, se tomaron tres muestras de alícuotas de 10 ml cada una, y se vertieron en placas cuadrículadas para realizar el conteo con ayuda de un estereoscopio y un contómetro. Si el

promedio de las tres muestras alícuotas fue 100 huevos/ml se procedió a inocular. Cuando la variación fue amplia se hizo un ajuste al volumen de agua. La inoculación se realizó una sola vez, a los 20 días después de haber realizado la siembra del sachá inchi en macetas y fue con 10000 huevos de *Meloidogyne incognita* por maceta. La aplicación se realizó alrededor del cuello de la planta. Luego se regó suavemente para incorporar los huevos al suelo. El método de inoculación es el usado por el Departamento de Nematología del CIP-San Ramón.

### **3.5 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES**

#### **3.5.1 SINTOMATOLOGÍA FOLIAR DE LA PLANTA**

Se evaluaron los síntomas visuales, estado de planta, de la parte aérea (hojas y tallo) a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos; no se observó sintomatología alguna.

#### **3.5.2 ALTURA DE PLANTA**

Se midió desde la base del tallo hasta la yema terminal de la planta, para el cual se empleó una regla graduada expresada en centímetros. Esta característica se evaluó a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

#### **3.5.3 NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA**

Se contó el número de hojas existentes en cada planta, a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

#### **3.5.4 NÚMERO DE ZARCILLOS POR PLANTA**

Se contó el número de zarcillos existentes en cada planta, a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

#### **3.5.5 NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA**

Se contó el número de nódulos existentes en cada planta, a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos. Para realizar la evaluación se sacudió el sustrato de la maceta dejando la raíz desnuda, las que fueron lavadas con agua cuidadosamente para mantener el sistema radicular y los nódulos completos.

### **3.5.6 PESADO DE LA RAÍZ**

Para tal evaluación se procedió a pesar la raíz, para el cual se empleó una balanza de analítica electrónica, cuyos pesos serán expresados en gramos. Dicha evaluación se realizó a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

### **3.5.7 LONGITUD DE LA RAÍZ**

Se midió desde la cofia hasta el cuello de la raíz, para el cual se empleó una regla graduada expresada en centímetros. Esta característica se evaluó a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

### **3.5.8 NECROSIDAD DE RAÍZ**

Se efectuó a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos. Se expresó en porcentaje de severidad.

### **3.5.9 NÚMERO DE HUEVOS POR PLANTA**

Para realizar el conteo de número de huevos por planta se realizó la extracción de huevos y es como sigue: A los 50 días después de haber inoculado los huevos a las plantas de sachá inchi se procedió a lavar las raíces suavemente evitando que caigan las masas de huevos. Para obtener la suspensión de huevo de *Meloidogyne incognita* Según el método de Hussey y Baker. Se picó finamente las raíces lavadas, introduciendo aproximadamente 15 g de raíz picada a un frasco con tapa rosca a la que se añade hipoclorito de sodio al 1 % hasta cubrir totalmente las raíces. El frasco fue cerrado herméticamente y sacudido manualmente durante tres minutos. Luego se vertió la sustancia en un tamiz de malla N° 200, recibiendo la suspensión de huevos en un tamiz de malla N° 500, vertiendo luego la suspensión de huevos en un vaso de precipitación. Seguidamente los huevos retenidos en el tamiz se juntan a un lado con el agua de la pizeta y se vacía a un beaker; se completa a 100 ml y se homogeniza la solución con la bomba de pecera. Por último, se saca a placas petri cuadradas tres alícuotas

de 10 ml cada una. Finalmente se procede al conteo con la ayuda del contómetro y se determina el número de huevos por planta. Esta característica se evaluó a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

#### **3.5.10 TASA DE MULTIPLICACIÓN DEL NEMÁTODO *Meloidogyne incognita*.**

La tasa de multiplicación del nemátodo *Meloidogyne incognita* (TMN) está representada por el número resultante de la división entre población final (Pf) que se obtiene al final o madurez del cultivo y la población inicial (Pi) o densidad poblacional del nemátodo al momento de la siembra (10000 huevos/maceta). Esta característica se evaluó a los 50 días después de haber inoculado los huevos de nemátodos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 RESULTADOS DE RESISTENCIA AL NEMÁTODO *Meloidogyne incognita*

Cuadro 01. Análisis de variancia de la altura de planta, expresados en centímetros.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	4879,60	975,92	1,85	2,62	3,90	ns
Inóculo	1	2853,34	2853,34	5,40	4,26	7,82	*
Ecotipos x inóculo	5	814,97	162,99	0,31	2,62	3,90	ns
Error	24	12678,10	528,25				
Total	35	21226,00					

S = 22,98

Prom = 235,76

CV = 9,75%

En el cuadro 01, análisis de variancia para la altura de planta de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos no existe diferencia estadística, lo cual nos indica que todos los ecotipos presentan similar altura de planta.

Entre plantas sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística significativa, esto nos indica que la altura de plantas es influenciada por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipos con inóculo, no presenta diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variación de 9,75 % es considerado como muy bajo, e indica que la altura de plantas dentro de cada fuente de variación es muy homogénea.

Cuadro 02. Prueba de comparación de promedios de la altura de planta por inóculo.

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio	Sig.
1	Sin	244,667	a
2	Con	226,861	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 15,8121$$

La prueba de comparación de promedios para la altura de plantas con y sin inóculo, nos indica que las plantas que no fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 244,67 centímetros y muestra diferencia estadística con la altura de las plantas sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, que presentan una altura de 226,86 centímetros. Esto coincide con lo mencionado por AGRIOS (1995), las plantas infectadas muestran desarrollo deficiente.

Cuadro 03. Análisis de variancia del número de hojas, expresados en

$$\sqrt{x + 0,5}.$$

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	2,42953	0,48591	7,27	2,62	3,90	**
Inóculo	1	0,32111	0,32111	4,80	4,26	7,82	*
Ecotipos x inóculo	5	0,09779	0,01956	0,29	2,62	3,90	ns
Error	24	1,60407	0,06684				
Total	35	4,45250					

$$S = 0,26$$

$$\text{Prom} = 3,53$$

$$CV = 7,32\%$$

En el cuadro 03, análisis de variancia para el número de hojas de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que al menos un ecotipo presenta diferente número de hojas

Entre planta sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística significativa, esto nos indica que el número de hojas es influenciado por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipo con inóculo, no presenta diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variación de 7,32 % es considerado como muy bajo, e indica que el número de hojas dentro de cada fuente de variación es muy homogéneo.



Cuadro 04. Prueba de comparación de promedios del número de hojas por ecotipo.

Orden de Mérito	Ecotipos	Promedio		Sig.
		Unidad	Transf.	
1	Oxabamba	14,67	3,8967	a
2	Pinto Recodo	13,83	3,7867	a b
3	San Juan de Pucallpa	12,00	3,5317	b
4	Cumbaza	11,67	3,4850	b
5	Aguaytía	11,00	3,3867	b
6	Ashaninka	09,33	3,1033	b

ALS  $(T)_{0,05} = 0,461604$

La prueba de comparación de promedios para el número de hojas por ecotipo, nos indica que el ecotipo Oxabamba ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 14,67 hojas en promedio y muestra diferencia estadística con los ecotipos San Juan de Pucallpa, Cumbaza, Aguaytía y Ashaninka.

El ecotipo Pinto Recodo ocupa el segundo lugar con 13,83 hojas en promedio y presenta similar número de hojas que el ecotipo Oxabamba. Esto coincide con AREVALO (1995), quien indica que el sachá inchi presenta una variabilidad muy amplia y difieren en área de follaje, tamaño y forma de sus hojas.

Cuadro 05. Prueba de comparación de promedios del número de hojas por inóculo.

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio		Sig.
		Unidades	Transf.	
1	Sin	12,72	3,62611	a
2	Con	11,44	3,43722	b

ALS  $(T)_{0,05} = 0,177858$

La prueba de comparación de promedios para el número de hojas de plantas con y sin inóculo, nos indica que las plantas sin inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 12,72 unidades en promedio y muestra diferencia estadística con el número de hojas de las plantas sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, que presentan 11,44 hojas en promedio. Esto coincide con AGRIOS (1995), las plantas infectadas muestran desarrollo deficiente.

Cuadro 06. Análisis de variancia del número de nódulos, expresados en  $\sqrt{x}$ .

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	74,0988	14,8110	16,42	2,62	3,90	**
Inóculo	1	580,168	580,168	642,83	4,26	7,82	**
Ecotipos x inóculo	5	74,0988	14,8198	16,42	2,62	3,90	**
Error	24	21,6603	0,9025				
Total	35	750,025					

S = 0,95

Prom = 4,01

CV = 23,67%

En el cuadro 06, análisis de variancia para el número de nódulos de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que al menos un ecotipo presenta diferentes números de nódulos.

Entre planta sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística altamente significativa, esto nos indica que el número de nódulos es influenciada por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipos con inóculo, presenta diferencia estadística altamente significativa y nos indica que al menos un ecotipo presenta diferente comportamiento con y sin inoculación.

El coeficiente de variación de 23,67 % es considerado como medio, e indica que el número de nódulos dentro de cada fuente de variación es tendiente a heterogéneo.

Cuadro 07. Prueba de comparación de promedios del número de nódulos por ecotipo

Orden de Mérito	Ecotipos	Promedio		Sig.
		Unidad	Transf.	
1	Oxabamba	64.67	5,685	a
2	Ashaninka	56.83	5,328	a b
3	Cumbaza	52.17	5,105	b
4	Pinto Recodo	21.67	3,230	b
5	San Juan de Pucallpa	19.33	2,923	b
6	Aguaytía	7.00	1,815	b

ALS<sub>(T) 0,05</sub> = 1,69625

La prueba de comparación de promedios para el número de nódulos por ecotipo, nos indica que el ecotipo Oxabamba ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 64,67 nódulos en promedio y muestra diferencia estadística con los ecotipos Cumbaza, Pinto Recodo, San Juan de Pucallpa y Aguaytía.

El ecotipo Ashaninka ocupa el segundo lugar con 56,83 nódulos en promedio y presenta similar número de nódulos que el ecotipo Oxabamba. Esto coincide con AREVALO (1995), quien indica que el ecotipo Pinto Recodo ha demostrado resistencia o tolerancia a *Meloidogyne spp.*

Cuadro08. Prueba de comparación de promedios del número de nódulos por inóculo.

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio		Sig.
		Unidades	Transf.	
1	Con	73,89	8,03	a
2	Sin	00,00	0,00	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 0,653574$$

La prueba de comparación de promedios para el número de nódulos de plantas con y sin inóculo, nos indica que las plantas con inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 73,89 unidades en promedio y muestra diferencia estadística con número de nódulos de las plantas sin inóculo de *Meloidogyne incognita*, que presentan 0,00 nódulos en promedio. Esto coincide con AGRIOS (1995), quien menciona que las plantas infectadas forman agallas o nódulos. EL INIA (2006), reporta que las evaluaciones realizadas en 36 accesiones muestran que este cultivo es muy susceptible a *Meloidogyne spp.*

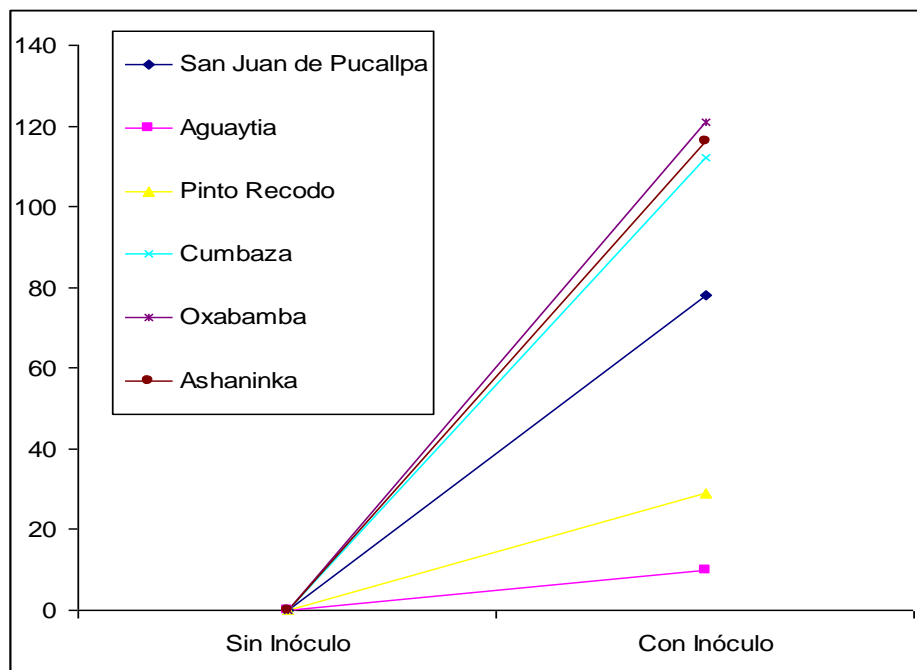


Gráfico 01. Interacción de ecotipos con inóculo del número de nódulos.

En el gráfico 01, se observa el comportamiento del número de nódulos en cada ecotipo. Sin inóculo no se presenta nódulos, mientras que al aplicar inóculo de *Meloidogyne incognita* los ecotipos presentan diferente número de nódulos. Los ecotipos Oxabamba, Ashaninka y Cumbaza, presentan el mayor número de nódulos. Mientras que Pinto Recodo y Aguaytía, presentan el menor número de nódulos.

Cuadro 09. Análisis de variancia del peso de raíz, expresados en gramos.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	181,342	36,2684	5,04	2,62	3,90	**
Inóculo	1	116,46	116,46	16,18	4,26	7,82	**
Ecotipos x inóculo	5	57,7587	11,5517	1,60	2,62	3,90	ns
Error	24	172,792	7,19965				
Total	35	528,352					

S = 2,68

Prom = 16,80

CV = 15,97%

En el cuadro 09, análisis de variancia para el peso de raíz de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que al menos un ecotipo presenta diferente peso de raíz.

Entre planta sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística altamente significativa, esto nos indica que el peso de raíz es influenciada por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipos con inóculo, no presenta diferencia estadística significativa y nos indica los ecotipos presenta similar comportamiento con y sin inoculación.

El coeficiente de variación de 15,97 % es considerado como bajo, e indica que el peso de raíz dentro de cada fuente de variación es homogéneo.

Cuadro 10. Prueba de comparación de promedios para el peso de raíz por ecotipo.

Orden de Mérito	Ecotipos	Promedio	Sig.
1	Pinto Recodo	21,1667	a
2	San Juan de Pucallpa	17,5000	a b
3	Oxabamba	16,5417	b
4	Cumbaza	16,0833	b
5	Ashaninka	15,6667	b
6	Aguaytía	13,8333	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 4,79093$$

La prueba de comparación de promedios para el peso de raíz por ecotipo, nos indica que el ecotipo Pinto Recodo ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 21.17 gramos en peso de raíz y muestra diferencia estadística con los ecotipos Oxabamba, Cumbaza, Ashaninka y Aguaytía.

El ecotipo San Juan de Pucallpa ocupa el segundo lugar con 17,50 gramos en peso de raíz y presenta similar peso que el ecotipo Pinto Recodo. Esto coincide con AREVALO (1995), quien indica que el ecotipo Pinto Recodo ha demostrado resistencia o tolerancia a *Meloidogyne spp.*

Cuadro 11. Prueba de comparación de promedios del peso de raíz por inóculo.

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio	Sig.
1	Sin	18,597	a
2	Con	15,000	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 1,84597$$

La prueba de comparación de promedios para el peso de raíz de plantas con y sin inóculo, nos indica que las plantas que no fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 18,60 gramos en promedio y muestra diferencia estadística con el peso de raíz de las

plantas sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, que presentan un peso de 15,00 gramos en promedio. Esto coincide con AGRIOS (1995), quien menciona que las plantas infectadas frecuentemente presentan raíces pequeñas y por consiguiente de menor peso.

Cuadro 12. Análisis de variancia de la longitud de raíz, expresados en centímetros.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	93,7083	18,74170	2,32	2,62	3,90	ns
Inóculo	1	56,2500	56,2500	6,96	4,26	7,82	*
Ecotipos x inóculo	5	24,1458	4,82917	0,60	2,62	3,90	ns
Error	24	193,8330	8,07639				
Total	35	367,9371					

S = 2,84

Prom = 34,71

CV = 8,19%

En el cuadro 12, análisis de variancia para la longitud de raíz de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos no existe diferencia estadística, lo cual nos indica que todos los ecotipos presentan similar longitud de raíz.

Entre planta sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística significativa, esto nos indica que la longitud de raíz es influenciada por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipos con inóculo, no presenta diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variación de 8,19 % es considerado como muy bajo, e indica que la longitud de raíz dentro de cada fuente de variación es muy homogénea.

Cuadro 13. Prueba de comparación de promedios de la longitud de raíz por ecotipo

Orden de Mérito	Ecotipos	Promedio	Sig.
1	Oxabamba	37,250	a
2	Cumbaza	35,125	a b
3	Aguaytía	35,125	b
4	San Juan de Pucallpa	34,917	b
5	Pinto Recodo	34,000	b
6	Ashaninka	31,833	b

ALS<sub>(T)</sub> 0,05 = 5,07426

La prueba de comparación de promedios para la longitud de raíz por ecotipo, nos indica que el ecotipo Oxabamba ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 37,25 centímetros de raíz y muestra diferencia estadística con los ecotipos, Aguaytía, San Juan de Pucallpa. Pinto Recodo y Ashaninka.

El ecotipo Cumbaza ocupa el segundo lugar con 35,13 centímetros de raíz y presenta similar peso que el ecotipo Oxabamba.

Cuadro 14. Prueba de comparación de promedios de la longitud de raíz por inóculo.

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio	Sig.
1	Sin	35,9583	a
2	Con	33,4583	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 1,95513$$

La prueba de comparación de promedios para la longitud de raíz de plantas con y sin inóculo, nos indica que las plantas que no fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 35,96 centímetros y muestra diferencia estadística con longitud de raíz de las plantas sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, que presentan una longitud de raíz de 33,46 centímetros. Esto coincide con AGRIOS (1995), quien menciona que las plantas infectadas frecuentemente presentan raíces pequeñas.

Cuadro 15. Análisis de variancia de la necrosis de la raíz, expresados en porcentaje de infestación.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	3838,33	767,667	17,56	2,62	3,90	**
Inóculo	1	23409,0	23409,0	535,40	4,26	7,82	**
Ecotipos x inóculo	5	3838,33	767,667	17,56	2,62	3,90	**
Error	24	1049,33	43,7222				
Total	35	32135,0					

$$S = 6,61$$

$$\text{Prom} = 25,50$$

$$\text{CV} = 25,93\%$$

En el cuadro 15, análisis de variancia para la necrosis de la raíz de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que al menos un ecotipo presenta diferente necrosis de la raíz.

Entre planta sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística altamente significativa, esto nos indica que la necrosis de la raíz es influenciada por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipos con inóculo, presenta diferencia estadística altamente significativa y nos indica que al menos un ecotipo presenta diferente comportamiento con y sin inoculación.

El coeficiente de variación de 25,93 % es considerado como medio, e indica que la necrosis de la raíz dentro de cada fuente de variación es tendiente a heterogéneo.

Cuadro 16. Prueba de comparación de promedios de la necrosis por ecotipo

Orden de Mérito	Ecotipos	Promedio	Sig.
1	Oxabamba	40,833	a
2	Ashaninka	33,333	a b
3	Cumbaza	30,833	b
4	Aguaytía	21,333	b
5	San Juan de Pucallpa	14,167	b
6	Pinto Recodo	12,500	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 11,8063$$

La prueba de comparación de promedios para la necrosis de raíz por ecotipo, nos indica que el ecotipo Oxabamba ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 40,83 % de necrosis de raíz y muestra diferencia estadística con los ecotipos, Cumbaza, Aguaytía, San Juan de Pucallpa y Pinto Recodo.

El ecotipo Ashaninka ocupa el segundo lugar con 33,33 % de necrosis de raíz y presenta similar necrosis de raíz que el ecotipo Oxabamba. Los ecotipos Ashaninka y Oxabamba, son los más susceptibles, aun cuando presentan los mayores rendimientos dentro de los seis ecotipos estudiados, tal como lo reporta EL CIED (2008).

Cuadro 17. Prueba de comparación de promedios de la necrosis por inóculo

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio	Sig.
1	Con	51,0	a
2	Sin	0,0	b

$$ALS_{(T) 0,05} = 4,54903$$



La prueba de comparación de promedios para la necrosis de raíces de plantas con y sin inóculo, nos indica que las plantas que fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con 51,0 % y muestra diferencia estadística con la necrosis de raíces de las plantas sin inóculo de *Meloidogyne incognita*, que no presentan necrosis. Esto coincide con AGRIOS (1995), quien menciona que las plantas infectadas frecuentemente presentan raíces pequeñas y muestran varios grados de necrosis.

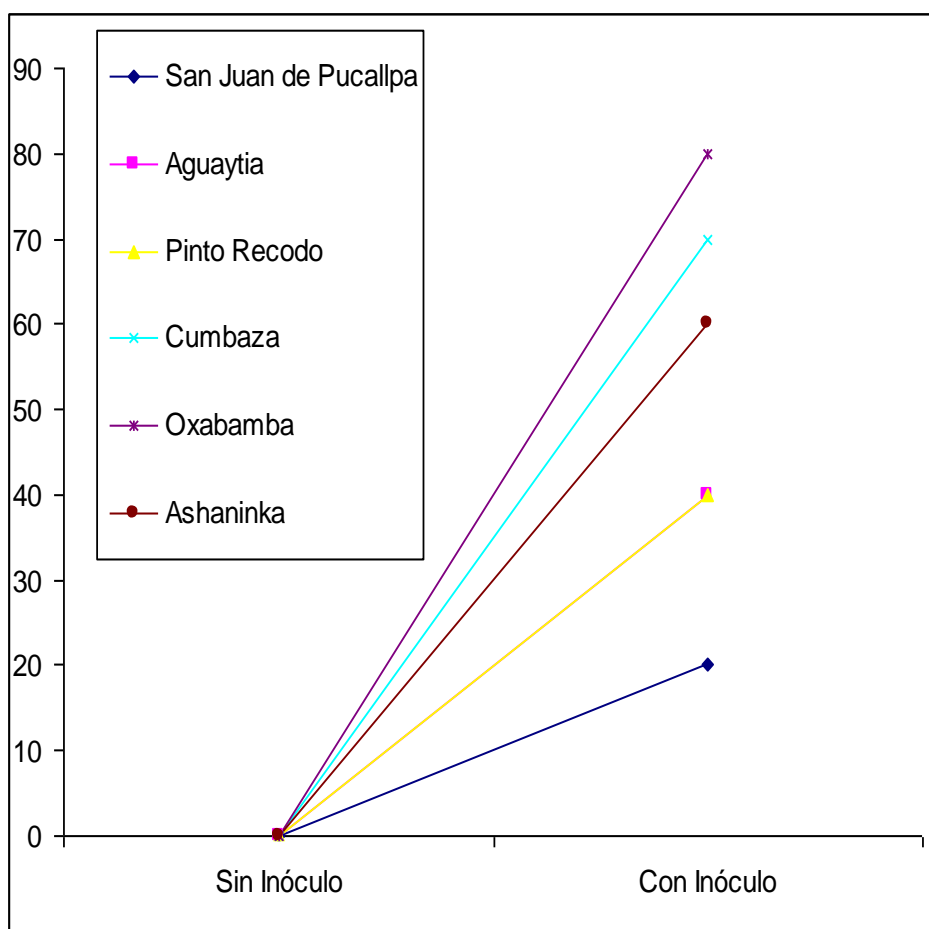


Gráfico 02. Interacción de ecotipos con inóculo de necrosis de raíz.

En el gráfico 02, se observa el comportamiento de la necrosis de raíz en cada ecotipo. Sin inóculo no se presenta necrosis de raíz, mientras que al aplicar inóculo de *Meloidogyne incognita* los ecotipos presentan diferente necrosis de raíz. Los ecotipos Oxabamba, Cumbaza y Ashaninka presentan la mayor necrosis de raíz. Mientras que Pinto Recodo, Aguaytía y San Juan de Pucallpa, presentan la menor necrosis de raíz.

Cuadro 18. Análisis de variancia del número de huevos, expresados en grados de infección.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	2,917	0,583333	2,10	2,62	3,90	ns
Inóculo	1	90,250	90,250	324,90	4,26	7,82	**
Ecotipos x inóculo	5	2,917	0,583333	2,10	2,62	3,90	ns
Error	24	6,667	0,277778				
Total	35	102,751					

S = 0,53

Prom = 2,08

CV = 25,30%

En el cuadro 18, análisis de variancia para el número de huevos presentes en la raíz de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos no existe diferencia estadística, lo cual nos indica que todos los ecotipos presentan similar número de huevos.

Entre planta sin inocular y plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* existe diferencia estadística altamente significativa, esto nos indica que el número de huevos es influenciada por la presencia de *Meloidogyne incognita*. La interacción de ecotipos con inóculo, no presenta diferencia estadística significativa.

El coeficiente de variación de 25,30 % es considerado como medio, e indica que el número de huevos dentro de cada fuente de variación es tendiente a heterogéneo.

Cuadro 19. Prueba de comparación de promedios del número de huevos por inóculo, expresados en grados de infección.

Orden de Mérito	Inóculo	Promedio	Sig.
1	Con	3,17	a
2	Sin	0,00	b

ALS<sub>(T)</sub> 0,05 = 0,362591

La prueba de comparación de promedios para el número de huevos con y sin inóculo, nos indica que las plantas que fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con grado 3 de infección de huevos y muestra diferencia estadística con grado de infección de huevos en las plantas sin inóculo de *Meloidogyne incognita*, que no presentan infección. Esto coincide con KRUSBERG y NIELSEN (1958), quienes indican

que las hembras de *Meloidogyne spp.* lanzan un líquido espeso en el cual sobrenadan de 300 a 600 huevos.

Cuadro 20. Análisis de variancia de la tasa de multiplicación del nemátodo *Meloidogyne incognita*, por ecotipo.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Sig.
					0,05	0,01	
Ecotipos	5	6,34331	1,26866	3,15	2,62	3,90	**
Error	12	4,82713	0,40226				
Total	17	11,1704					

S = 0,63

Prom = 0,86

CV = 73,98 %

En el cuadro 20, análisis de variancia para la tasa de multiplicación del nemátodo *Meloidogyne incognita* en la raíz de *Plukenetia volubilis*, se observa que entre ecotipos existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual nos indica que en al menos en un ecotipo la tasa de multiplicación del nemátodo es diferente.

El coeficiente de variación de 73,98 % es considerado como muy alto, e indica que la tasa de multiplicación del nemátodo dentro de cada ecotipo es muy heterogéneo.

Cuadro 21. Prueba de comparación de promedios de la tasa de multiplicación del nemátodo *Meloidogyne incognita* por ecotipo.

Orden de Mérito	Ecotipos	Promedio	Sig.
1	Oxabamba	2,61333	a
2	Ashaninka	2,17333	a b
3	Cumbaza	2,01667	a b c
4	Pinto Recodo	1,35000	b c
5	San Juan de Pucallpa	1,21333	b c
6	Aguaytía	0,92667	c

ALS<sub>(T) 0,05</sub> = 1,12831

La prueba de comparación de promedios para la tasa de multiplicación del nemátodo *Meloidogyne incognita* por ecotipo, nos indica que el ecotipo Oxabamba ocupa el primer lugar en el orden de mérito, con un índice de 2,61 y muestra diferencia estadística con los ecotipos, Pinto Recodo, San Juan de Pucallpa y Aguaytía.

El ecotipo Ashaninka ocupa el segundo lugar con un índice de 2,17 y muestra diferencia estadística con el ecotipo Aguaytía. Los ecotipos Ashaninka y Oxabamba, son los más parcialmente resistentes, aun cuando presentan los mayores rendimientos dentro de los seis ecotipos estudiados, tal como lo reporta EL CIED (2008). Así mismo se observa que solo el ecotipo Aguaytía se comporta como resistente, con un índice de 0,93 según la escala de evaluación de la tasa de multiplicación del nemátodo, tal como lo reporta González y Franco (2001). Las plantas resistentes, son aquellas que pueden ser invadidas por el nemátodo, aunque esta tiene dificultad o manifiesta incapacidad para completar su desarrollo y su reproducción (Cook y Evans, 1987).

## V. CONCLUSIONES

1. Las plantas que fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, presentan la siguiente sintomatología; en promedio presentan número de nódulos 73,89 unidades, necrosis de raíces 51,0% y grado 3 de infección de huevos. También presentan menor altura (226,86 cm); menor número de hojas (11,44 unidades), menor peso de raíz (15,00 g) y menor longitud de raíz (33,46 cm). Los resultados indican que las plantas que no fueron sometidas a inóculo de *Meloidogyne incognita*, presentan mayor altura de plantas (244,67 cm), mayor número de hojas (12,72 unidades), mayor peso de raíz de plantas (18,60 g), mayor longitud de raíz de plantas (35,96 cm) y no presentan agallas ni necrosis en su sistema radicular.
2. Luego de evaluar la resistencia de seis ecotipos se tiene que el ecotipo Aguaytía es resistente al ataque de *Meloidogyne incognita*, con un índice de 0,93 según la escala de evaluación de la tasa de multiplicación del nemátodo tal como lo reporta González y Franco (2001). Los ecotipos San Juan de Pucallpa, Pinto Recodo, Cumbaza, Ashaninka y Oxabamba son parcialmente resistentes al ataque de *Meloidogyne incognita* según la escala de evaluación de la tasa de multiplicación del nemátodo.
3. Por lo que se rechaza la hipótesis que el ecotipo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) Pinto Recodo es resistente al nemátodo *Meloidogyne incognita*.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la prueba en campo del ecotipo Aguaytía para confirmar resistencia y estimar el valor agronómico y de adaptación.
2. Realizar ensayos con los seis o más ecotipos de sachá inchi, en diferentes condiciones y pruebas para determinar la estabilidad de resistencia al nemátodo *Meloidogyne incognita*.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ABALLAY, E. Y P. FLORES. Nuevas alternativas para el control de nemátodos fitoparásitos. Aconex 67: 5-8; 2000.
2. AGRIOS G. Fitopatología. México Distrito Federal. Editorial Limusa; 1995.
3. AMIQUERO Y SANCHEZ. Manual del cultivo de sacha inchi. Pichanaki; 2002.
4. AREVALO, G. Colección, caracterización y mantenimiento de germoplasma de oleaginosas nativas. Tarapoto, Perú. INIA, Estación Experimental El Porvenir. Informe Anual 1990-1995. Tarapoto; 1995.
5. ARÉVALO, G. Informes de resultados de investigación de los ecotipos en el cultivo de sacha inchi. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología E.E. "El Porvenir."; 1995.
6. CANTO, M. Y PALOMO, A. Curso de nemátodos parásito de plantas. Escuela de Post grado Especialidad de Fitopatología. UNALM. Lima-Perú; 1996.
7. CEPEDA S. M. Nematología Agrícola. México Distrito Federal. Editorial Trillas; 1996.
8. CHRISTIE, J. Nemátodos de los vegetales: su ecología y control. México Centro Regional de Ayuda Técnica; 1970.
9. CENTRO DE INVESTIGACION EDUCACION Y DESARROLLO. Protocolo técnico del cultivo de sacha inchi. La Merced; 2008.
10. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. San Ramón.

11. COOK, R Y EVANS K. Resistance and tolerance. In Bronw , and B. R. Kerry (Eds) Principles and Practice of nematode control. Academic Press. Australia; 1987.
12. FERNÁNDEZ, C., J. PINOCHET Y A. FELIPE. Influence of temperature on the expression of resistanse in six Prunus rootstocks infected with *Meloidogyne incognita* Chitwood. Nematropica; 1993.
13. FIGUEROA, R. La Caficultura en el Perú. Lima-Perú; 1990.
14. GONZÁLEZ, H. Resistencia de portainjertos al nemátodo de la raíz. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina 54:14-17; 1989.
15. GONZÁLEZ, H. Evaluación de diferentes patrones de frutales y vides frente al nemátodo de la raíz (*Meloidogyne incognita* Chitwood). Aconex 21:5-9; 1988.
16. GONZÁLEZ, H. Principales problemas causados por nemátodos fitosanitarios en Chile. Aconex 7; 1984.
17. GONZALES Y FRANCO. Protocolo para evaluar resistencia al nemátodo quiste de la papa; 2001.
18. GUIÑEZ, A. Y H. GONZÁLEZ. Curso de Nematología Básica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental La Platina. Santiago, Chile; 1993.
19. GILLESPIE, L. J. A synopsis of neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae), Including two new species. Systematic Botany; 1993.
20. HAZEN Y STOEWESAND. Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de sachá inchi. Universidad de Cornell. USA; 1980.
21. INIA. Tarapoto. Colección y evaluación de 6 accesiones de sachá inchi en La Estación Experimental Agraria el Porvenir. Tarapoto; 2000.
22. INIA. Pucallpa. Programa Nacional de Investigación en Agroforestería y Cultivos Tropicales- Red de oleaginosas y Leguminosas tropicales. Pucallpa; 1997.
23. JATALA, P Y RUSSELL C. Nature of sweet potato resistance a *Meloidogyne incognita* Chitwood and the effects of temperatura on parasitism; 1972.



24. KRUSBERG, L. Y L.W NIELSEN. Pathogenesis of root –knot nematode to the Porto Rico variety of sweet potatoes. *Phytopathology* 48:30-39; 1958.
25. LAMBERTI, F. Plant nematode problems in the Mediterranean región. *Helminthological Abstracts*; 1981.
26. MAGUNACELAYA, Y DAGNINO. Nematología agrícola en Chile. Serie Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. Fac. de Ciencias Agronómicas n°2. Santiago; 1999.
27. MANCO, E. Cultivo de Sacha Inchi. Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología Estación Experimental Agraria El Porvenir Tarapoto. San Martín; 2006
28. MANCO, E. Informes de Resultados de Investigación Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. E.E. “El Porvenir”; 2003.
29. MORALES J. Avances en la caracterización del aceite y proteínas del cultivo de sachá inchi o maní del monte (*Plukenetia volubilis* L.) como alternativa para la alimentación humana y animal .Yurimaguas. Perú; 1994.
30. PINOCHET, J., J. MARULL, S. VERDEJO, A. SOLER y A. FELIPE. Evaluación de patrones de ciruelo, pollizo, peral y membrillero al nemátodo de las agallas *Meloidogyne incognita* Chitwood. *Bol. San. Veg. Plagas*, 16 (4): 717-722; 1990.
31. PINOCHET, J. Selección de patrones de frutales de hueso frente a nemátodos; 1994.
32. TAYLOR, L. Y J. N. SASSER. Biología, Identificación y control de los nemátodos de nódulo de la raíz. Proyecto Internacional de *Meloidogyne*. Entre el Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte y la agencia de EEUU para el desarrollo Internacional. Carolina del Norte; 1983.
33. VALLES, C. El Sacha Inchi o maní del monte y su importancia agroindustrial; 1987.
34. VASQUEZ A. Mejoramiento genético de la papa. Lima: CONCYTEC; 1989.

# **ANEXOS**

Cuadro A1. Evaluación de variables

T	E	R	N° de Hojas por planta	N° de Zarcillos por planta	Estado de planta	Altura de planta (cm)	Longitud de raíz/planta (cm)	Peso de raíz/planta (g)	N° de Huevos por planta	Grado de Necrosis de raíz	N° de nódulos
T 1	1	1	14	1	3	287.50	38.00	22.25	0	0	0
	1	2	12	1	3	256.75	39.00	16.25	0	0	0
	1	3	13	1	3	231.25	33.75	17.00	0	0	0
T 2	2	1	11	1	3	248.75	37.50	15.25	0	0	0
	2	2	12	1	3	247.25	34.25	12.00	0	0	0
	2	3	12	1	3	218.50	35.50	15.00	0	0	0
T 3	3	1	14	1	3	243.75	37.50	22.75	0	0	0
	3	2	14	1	3	237.00	31.75	25.00	0	0	0
	3	3	15	1	3	246.50	33.50	21.50	0	0	0
T 4	4	1	11	1	3	216.50	37.50	17.75	0	0	0
	4	2	14	1	3	264.50	36.75	21.75	0	0	0
	4	3	12	1	3	289.50	39.00	21.75	0	0	0
T 5	5	1	14	1	3	252.50	34.50	15.00	0	0	0
	5	2	15	1	3	238.00	43.00	20.00	0	0	0
	5	3	15	1	3	250.25	36.75	20.25	0	0	0
T 6	6	1	10	1	3	208.50	32.50	17.75	0	0	0
	6	2	14	1	3	242.25	31.00	17.50	0	0	0
	6	3	7	1	3	224.75	35.50	16.00	0	0	0
T 7	1	1	11	1	3	254.75	29.50	20.50	6300	0,25	20
	1	2	12	1	3	226.50	33.00	13.00	5500	0,40	18
	1	3	10	1	3	253.75	36.25	16.00	24550	0,20	78
T 8	2	1	12	1	3	219.50	30.50	11.00	7100	0,38	8
	2	2	11	1	3	243.75	36.50	13.50	11900	0,50	24
	2	3	8	1	3	249.00	36.50	16.25	8750	0,40	10
T 9	3	1	14	1	3	247.25	36.50	20.25	10200	0,15	33
	3	2	14	1	3	262.50	33.50	22.75	21250	0,20	68
	3	3	12	1	3	174.50	31.25	14.75	9000	0,40	29
T 10	4	1	11	1	3	256.75	30.25	14.50	19200	0,60	103
	4	2	11	1	3	211.75	33.25	9.50	18100	0,55	98
	4	3	11	1	3	214.00	34.00	11.25	23200	0,70	112
T 11	5	1	14	1	3	231.25	37.50	11.25	27200	0,80	129
	5	2	15	1	3	214.50	39.50	16.25	33500	0,85	138
	5	3	15	1	3	220.25	32.25	16.50	17700	0,80	121
T 12	6	1	6	1	3	211.00	31.75	14.75	20200	0,60	103
	6	2	12	1	3	198.50	28.50	15.00	23200	0,80	122
	6	3	7	1	3	194.00	31.75	13.00	21800	0,60	116

T = tratamiento

E = Ecotipos

R = Repetición

Cuadro A2. Calificación del Coeficiente de Variabilidad

	Calificación	Respuesta
0 a 10	Muy Bajo	Muy homogéneo
>10 y ≤ 20	Bajo	Homogéneo
>20 y ≤ 30	Medio	Tendencia a heterogéneo
>30 y ≤ 40	Alto	Heterogéneo
>40 a más	Muy alto	Muy heterogéneo

Cuadro A3. Escala de Grado de Número de Nódulos (Agallamiento)

	Grados	N° de nódulos(agallas)
	0	sin nódulos
R	1	1 a 10
MR	2	11 a 30
S	3	31 a 100
AS	4	100 a más

Fuente Centro Internacional de la Papa San Ramón.

Donde:

Reacción		Valor
AS	= Altamente susceptible	4
S	= Susceptible	3
MR	= Medianamente resistente	2
R	= Resistente	1

Cuadro A4. Escala de Grado de Necrosidad de la raíz

Grados	Necrosidad de la raíz
0	Sano o sin síntomas visibles
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
2	Las marcas empiezan a unirse llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana.
3	Las raíces comienzan a necrosarse de manera muy sobria afectando del 21 al 50% del área sana.
4	Mayor al 50% del área se encuentra afectado.

Cuadro A5 Escala de Grado de Número de Huevos

	Grados	Número de huevos
R	1	5000
MR	2	10000
S	3	20000
AS	4	MAYOR A 20000

Fuente Centro Internacional de la Papa San Ramón.

Cuadro A6 Escala de evaluación empleada para determinar el comportamiento o reacción de los ecotipos de sachá inchi a la infección de *Meloidogyne incognita*, a través de la Tasa de Multiplicación del nemátodo (TMN) en la prueba en macetas utilizando semillas de sachá inchi.

Parámetro	Escala	Reacción
Tasa de multiplicación de huevos (Población final/Población inicial)	1.0	Resistente (R)
	1.0-3.7	Parcialmente resistente (PR)
	3.8-7.0	Moderadamente resistente (MR)
	>7.1	Susceptible (S)

Fuente. Franco y Gonzales, 1990.

Método de Hussey y Baker Para obtener la suspensión de huevo de *Meloidogyne incognita*.

Extracción de Huevos de *Meloidogyne incognita* de Raíces Infectadas

Este nemátodo no forma quistes sino nódulos y deposita sus huevos en una masa gelatinosa ubicada en la parte posterior de su cuerpo.

Materiales:

- Hipoclorito de sodio al 1%
- Beaker con tapa de sellado hermético.
- Raíces del sachá inchi.
- Tamices de malla N° 200 y N° 500
- Pizeta
- Contómetro

Cuando se quiera obtener nematodos vivos para inoculación se debe emplear Hipoclorito de sodio al 0.5%. En caso contrario, para propósitos de contaje solamente, se emplea la solución al 1%.

Para la obtención de los huevos se procede de la siguiente manera:

Colocar un Beaker con tapa de sellado hermético. las raíces más la solución de hipoclorito de sodio al 0.5% en cantidades suficiente que cubra todo el tejido vegetal luego proceder a taparlo y agitarlo por tres minutos.

Luego se disponen dos tamices de 500 y 200 de arriba hacia abajo respectivamente. Se vierte las raíces tratadas con lejía y se procede a lavarlas con abundante agua.

Seguidamente los huevos retenidos en el tamiz de 200 se juntan a un lado con el agua de la pizeta y se vacía a un beaker; se completa a 100 ml y se homogeniza la solución con la bomba pecera. Por último, se saca a placas petri tres alícuotas de 10 ml cada una.

Finalmente se procede al conteo con la ayuda del contómetro y se determina el número de huevos por planta.

Se ha determinado que el hipoclorito de sodio diluye la masa que cubre a los huevos, por lo cual se debe tener cuidado con el tiempo de exposición que no debe ser mayor de 4 minutos para evitar su desintegración completa.

# **ANEXOS**

## GALERÍA DE FOTOGRAFÍAS



Fotografía N° 01: Plantas de tomate que se sembraron en macetas para la obtención del inóculo *Meloidogyne incognita*.



Fotografía N°02: Preparación de sustrato.





Fotografía N°03: Semillas de los 6 ecotipos de sachá inchi.



Fotografía 04: Se realizó la prueba de germinación de las semillas de sachá inchi.



Fotografía N° 05: Instalación de las macetas en el Invernadero del INIA Pichanaki.



Fotografía N° 06: Se esta realizando el guiado de los plantones de sachá inchi.



Fotografía N° 07: Plantones de sachá inchi.





Fotografía N° 08: Plantones de sachá inchi con sus respectivas etiquetas.



Fotografía N° 09: Plantones de sachá inchi en invernadero.



Fotografía N° 10: Raíz de sachá inchi infestada de agallas de *Meloidogyne incognita*.