

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Respuesta de clones de papa (*Solanum sp.*) a *Globodera pallida*,
P4A y P5A en condiciones de laboratorio e invernadero.**

Ayacucho – 2750 m.s.n.m.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Julio Marino Cuadros Zamora

Ayacucho – Perú

2019



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

“Respuesta de clones de papa (*Solanum sp.*) a *Globodera pallida*, P4A y P5A en condiciones de laboratorio e invernadero. Ayacucho – 2750 m.s.n.m.”

Autor : Julio Marino Cuadros Zamora
Asesor : German Fernando De La Cruz Lapa

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 19 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Ayacucho, 07 de setiembre de 2021

Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Presidente de comisión

Respuesta de clones de papa
(Solanum sp.) a Globodera
pallida, P4A y P5A en
condiciones de laboratorio e
invernadero. Ayacucho – 2750
m.s.n.m.

por Julio Marino Cuadros Zamora

Fecha de entrega: 05-sep-2021 01:19p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1641813010

Nombre del archivo: TESIS_JULIO_MARINO_CUADROS_ZAMORA.docx (6.5M)

Total de palabras: 16858

Total de caracteres: 89869

Respuesta de clones de papa (*Solanum* sp.) a *Globodera pallida*, P4A y P5A en condiciones de laboratorio e invernadero. Ayacucho – 2750 m.s.n.m.

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	7%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	1%

9	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1 %
10	papaslatinas.org Fuente de Internet	<1 %
11	revistas.uach.cl Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repository.udca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
16	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
17	aprenderly.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.documentation.ird.fr Fuente de Internet	<1 %
19	www.inaav.ba.cnr.it Fuente de Internet	<1 %
20	inba.info Fuente de Internet	<1 %

21	www.docstoc.com Fuente de Internet	<1 %
22	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
23	www.cambridge.org Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac Trabajo del estudiante	<1 %
25	www.biomed.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Apagado

Respuesta de clones de papa
(Solanum sp.) a Globodera
pallida, P4A y P5A en
condiciones de laboratorio e
invernadero. Ayacucho – 2750
m.s.n.m.

por Julio Marino Cuadros Zamora

Fecha de entrega: 05-sep-2021 01:19p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1641813010

Nombre del archivo: TESIS_JULIO_MARINO_CUADROS_ZAMORA.docx (6.5M)

Total de palabras: 16858

Total de caracteres: 89869

A mis padres:

Juan Marino Cuadros Espinoza y Valentina Zamora Anaya por haberme dado la vida y por su interminable amor y cariño.

A mi esposa:

Lidia Betty Vega Bendezú por su inmenso amor, sacrificio, comprensión, tolerancia y apoyo en todo momento.

A mis hijos:

Julio Luis, Joseph Marino, Paola Andrea Saimiri y Franco Marino Cuadros Vega, grandiosos motivos para alcanzar mis objetivos y metas en la vida.

A mis hermanas:

Ana Melva y Maritza Mirian Cuadros Zamora por su infinito apoyo y aliento en la realización del presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, formadora de innumerables profesionales que hoy están al servicio de la región, el país y el mundo entero; por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios superiores.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, por haberme acogido en sus aulas durante mi formación, donde recibí las enseñanzas que me impartieron sus docentes.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente a los de la Escuela Profesional de Agronomía, por transmitirme sus conocimientos, experiencias y consejos en mi formación profesional; digno de recordarlos por siempre.

Al Ing. M.Sc. Germán De La Cruz Lapa, asesor del presente trabajo de investigación, por su confianza, paciencia, dedicación, consejos, enseñanzas y apoyo incondicional; que sin ellos hubiese sido difícil su culminación.

Al Ing. Máximo Morote Quispe, Coordinador del Programa de Mejoramiento Genético de papa del Instituto de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) Ayacucho, por su colaboración y apoyo absoluto en la provisión de material genético y soporte bibliográfico.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	1
Introducción	3
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	5
1.1. Generalidades	5
1.2. Taxonomía del nemátodo de la papa	6
1.3. Historia del nemátodo quiste de la papa.....	6
1.4. Descripción del nemátodo del quiste de la papa	7
1.5. Relación hospedero-parásito	10
1.6. Relación entre la planta de papa y el nemátodo del quiste.....	11
1.7. La papa	14
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	19
2.1. Ubicación.....	19
2.2. Materiales	19
2.3. Método de evaluación de resistencia en tubérculos	21
2.4. Diseño estadístico.....	25
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Condiciones de temperatura ambiental	27
3.2. Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a clon susceptible en condiciones de laboratorio e invernadero.....	28
3.3. Tasa de multiplicación de <i>globodera pallida</i> en condiciones de laboratorio e invernadero.....	41
3.4. Número de quistes (población final) de <i>globodera pallida</i> en condiciones de laboratorio e invernadero.....	53

Conclusiones.....	57
Recomendaciones	59
Referencia bibliográfica.....	60
Anexo.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1.	Pruebas, criterios y parámetros considerados por el CIP, en las evaluaciones de resistencia.....	25
Tabla 3.1.	Registro de temperatura ambiental promedio semanal y mensual (°C) en laboratorio. Ayacucho, 2007.....	27
Tabla 3.2.	Registro de temperatura ambiental promedio semanal y mensual (°C) en invernadero. Ayacucho, 2007.....	27
Tabla 3.3.	Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a clon susceptible en condiciones de laboratorio. Ayacucho, 2007.....	30
Tabla 3.4.	Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a clon susceptible en condiciones de Invernadero. Ayacucho, 2007.....	33
Tabla 3.5.	Análisis de variancia para el índice de susceptibilidad frente a clon susceptible. Ayacucho, 2007.....	34
Tabla 3.6.	Prueba de Tukey del índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para el efecto principal de ambiente y raza de Globodera. Ayacucho, 2007.....	35
Tabla 3.7.	Prueba de Tukey del índice de susceptibilidad frente a clon tolerante, para los efectos de interacción de ambiente x raza de Globodera. Ayacucho, 2007.....	39
Tabla 3.8.	Tasa de multiplicación de <i>Globodera pallida</i> razas P4A y P5A en 12 clones de papa en condiciones de laboratorio. Ayacucho, 2007..	43
Tabla 3.9.	Tasa de multiplicación de <i>Globodera pallida</i> razas P4A y P5A en 12 clones de papa en condiciones de invernadero. Ayacucho, 2007	46
Tabla 3.10.	Análisis de variancia para la tasa de multiplicación de quistes de <i>Globodera pallida</i> . Ayacucho, 2007.....	47
Tabla 3.11.	Prueba de Tukey de la tasa de multiplicación de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para el efecto principal de ambiente y raza de Globodera. Ayacucho, 2007.....	50
Tabla 3.12.	Análisis de variancia para el número de quistes de <i>Globodera pallida</i> . Ayacucho, 2007.....	53
Tabla 3.13	Prueba de Tukey del número de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para el efecto principal de ambiente y raza de Globodera. Ayacucho, 2007.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Ciclo biológico del nemátodo quiste de la papa <i>Globodera pallida</i>	9
Figura 3.1.	Prueba de Tukey del índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para clones de papa en invernadero. Ayacucho, 2007..	36
Figura 3.2.	Prueba de Tukey del índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para clones de papa en laboratorio. Ayacucho, 2007...	37
Figura 3.3.	Índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para la interacción de clones de papa x ambiente. Ayacucho, 2007.....	38
Figura 3.4.	Índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para la interacción de raza de <i>Globodera</i> x ambiente. Ayacucho, 2007.....	40
Figura 3.5.	Tasa de multiplicación de <i>Globodera pallida</i> , para la interacción de clones de papa x ambiente. Ayacucho, 2007.....	50
Figura 3.6.	Prueba de Tukey de la tasa de multiplicación de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para clones de papa en invernadero. Ayacucho, 2007.....	51
Figura 3.7.	Prueba de Tukey de la tasa de multiplicación de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para clones de papa en laboratorio. Ayacucho, 2007.....	52
Figura 3.8.	Número de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para la interacción de clones de papa x ambiente. Ayacucho, 2007.....	55
Figura 3.9.	Prueba de Tukey del número de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para clones de papa en invernadero. Ayacucho, 2007.....	55
Figura 3.10.	Prueba de Tukey del número de quistes de <i>Globodera pallida</i> , para clones de papa en laboratorio. Ayacucho, 2007.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Descripción de genotipos de papa en estudio.....	64
Anexo 2. Glosario.....	69
Anexo 3. Panel fotográfico.....	72

RESUMEN

La producción y productividad de la “papa” (*Solanum sp*) está limitada por el ataque de *Globodera spp.* que afecta cuantitativa y cualitativamente, ocasionando pérdidas en los rendimientos y por la descalificación de semilla de alta calidad; entonces, es necesario aplicar estrategias de mejoramiento, con metodologías bien definidos y con acceso a material genético para desarrollar resistencia a estos nemátodos. Los objetivos de la investigación fueron: determinar el grado de susceptibilidad y/o resistencia de clones seleccionados de papa a *Globodera pallida* P4A y P5A y la tasa de multiplicación de las dos razas del nemátodo en clones seleccionados, con siete repeticiones por cada clon, a través de la prueba en maceta en condiciones de invernadero y recipiente cerrado en condiciones de laboratorio; para la evaluación de respuesta de los clones en estudio se utilizó la metodología recomendada por el CIP. Las conclusiones alcanzadas evidenciaron: a la prueba del índice de susceptibilidad en condiciones de laboratorio, el clon H-C-3 resultó tener menor grado de susceptibilidad a las razas P4A y P5A y los clones H-C-4 y 393280.82 a la raza P4A; en condiciones de invernadero, el clon 393280.82 mostró menor grado de susceptibilidad a la raza P4A y la variedad Serranita a la raza P5A respectivamente. A la tasa de multiplicación de quistes de las razas P4A y P5A en condiciones de laboratorio, la totalidad de clones de papa en estudio resultaron ser resistentes en diferentes grados, siendo los clones H-C-3 y H-C-4 con mayor grado de resistencia a la raza P4A; en condiciones de invernadero, el clon 393280.82 presentó mayor grado de resistencia a la raza P4A de *Globodera pallida*; quedando evidenciado que la raza P5A presenta mayor nivel de patogenicidad frente a los clones de papa en prueba.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta originaria de la región andina de Sudamérica, constituye el principal cultivo alimenticio en toda la zona andina del Perú y del mundo. Sin embargo, al igual que en otros cultivos, la producción y productividad de éste son limitadas por factores abióticos y bióticos. Entre los primeros están las heladas, sequías, granizo, etc. y dentro de los últimos están los insectos-plaga, hongos, bacterias, virus y el Nemátodo Quiste de la Papa *Globodera spp.*

Los daños ocasionados por el Nemátodo Quiste de la Papa *Globodera spp* frecuentemente se ignoraron o se atribuyeron a otras causas, como la fertilización inadecuada, el escaso contenido de humedad o el agotamiento del suelo.

Individualmente este fitoparásito afecta cuantitativa como cualitativamente por las pérdidas que alcanzan en los rendimientos, y por la descalificación de semilla de alta calidad de acuerdo a las Normas de Certificación Vigentes. Las pérdidas ocasionadas por este parásito son difíciles de estimar y varían con el grado de infestación del terreno, la población del nemátodo, la variedad de papa cultivada y las condiciones del medio ambiente. En todo caso, se considera que las pérdidas pueden ser del 13 al 58% de la producción en los países andinos (Franco, J., Gonzáles, A. y Matos, A. 1993).

El área de producción promedio de papa a nivel nacional, reportados entre los años 2008-2017 es de 303,264.2 hectáreas, y el rendimiento promedio 14.147.8 Tn/ha. (MINAGRI, 2017).

El Nemátodo Quiste de la Papa tiene una gama de hospedantes restringida dentro de las solanáceas y puede sobrevivir en los campos de cultivo por muchos años. Los quistes son las estructuras de supervivencia que le permiten permanecer viable por muchos años y que incrementan y disminuyen en densidad, de acuerdo con la frecuencia de los cultivos

susceptibles de papa o de las plantas voluntarias que permanecen después de la cosecha. Estas características hacen que la importancia económica del NQP sea cada vez mayor debido a que, aun integrando modalidades de control, no se logra eliminarlos completamente de los campos de cultivo de papa.

Estos antecedentes muestran que se requiere de una estrategia de mejoramiento bien establecida que cuente con metodología bien definidos y sobre todo con acceso a material genético para desarrollar la resistencia a estos nemátodos que atacan al cultivo de papa en las zonas alto andinas.

Con el descubrimiento de algunas especies de *Solanum sp.* resistentes al nemátodo del quiste, se fueron desarrollando diferentes métodos de evaluación, utilizando plantas provenientes de tubérculo-semilla o de semilla sexual; siendo la resistencia genética la forma más eficiente, económica y amigable con el medio ambiente, para disminuir el impacto que las enfermedades ocasionan a los cultivos.

La resistencia genética se puede definir como la presencia de genes específicos en las plantas, que controlan la reacción de ellas frente a una enfermedad o plaga. Dependiendo del número y características de los genes presentes en una planta, la resistencia genética puede significar la supresión total o parcial de una enfermedad.

En el presente trabajo de investigación se logró evaluar la resistencia genética de 12 clones de papa (*Solanum sp.*) a *Globodera pallida* P4A y P5A bajo condiciones de laboratorio e invernadero, evidenciándose comportamientos o reacciones diferentes de los clones al ataque de estos fitoparásitos.

Por las consideraciones expuestas se planteó los siguientes objetivos:

1. Determinar la resistencia y/o susceptibilidad de clones seleccionados de papa frente al inóculo de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en condiciones de laboratorio e invernadero.
2. Determinar la tasa de multiplicación de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en clones seleccionados.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. GENERALIDADES

Las pérdidas en la producción del cultivo de papa en nuestro país se deben principalmente a las enfermedades causadas por los nemátodos fitoparásitos.

El desarrollo de una generación del nemátodo está relacionada con cada ciclo del cultivo de la papa, esto confirma que el nemátodo quiste de la papa ha co-evolucionado con su hospedero selecto *Solanum tuberosum* sub sp. Tuberosa y *Solanum tuberosum* sub sp. Andígena.

El ciclo de vida se inicia con la presencia de los exudados radiculares de la papa, posibilitando la eclosión de los segundos estado juveniles (JII) que irrumpen las raíces y forman el sincitio; en seguida, las hembras se incorporan a las raíces posibilitando su observación a simple vista como perlitas blancas que van variando su color. Una vez que la hembra se extingue, se transforma en un quiste de color marrón, luego se desligan de la raíz, permaneciendo viables en el suelo por más de 20 años y acogiendo en su interior huevos y juveniles II, prestos para un nuevo ciclo.

Debido al diminuto tamaño de los quistes, su propagación se hace mucho más fácil debido a que éstos son fácilmente transportados de un sitio a otro con la tierra incorporada a los tubérculos, maquinaria y herramientas agrícolas, recipientes y otros medios que puedan trasladar suelo infestado.

Las particularidades mencionadas del NQP confirman que son complicados de suprimirlos completamente de los campos de cultivo de papa, siendo poco eficaces, incluso las medidas de control integrales, haciéndose necesario entonces impulsar el uso de variedades resistentes de papa u otras alternativas de resultados eficientes.

1.2. TAXONOMÍA DEL NEMÁTODO DE LA PAPA

Según Stone (1973).

Phylum	: Nemátodo
Clase	: Secernentea
Orden	: Tylenchida
Sub orden	: Tylenchina
Super familia	: Tylenchoidea
Familia	: Heteroderidae
Sub familia	: Eteroderinae
Género	: Globodera
Especie	: <i>Globodera rostochiensis</i> (Beherens, 1975) <i>Globodera pallida</i> (Stone, 1972)

1.3. HISTORIA DEL NEMÁTODO QUISTE DE LA PAPA

El ataque del nemátodo quiste se anunció por vez primera en Alemania en el año 1881, el mismo que fue ratificado por Zimmerman en 1913, considerado en aquel tiempo como una raza de nemátodo quiste de la remolacha azucarera (*Heterodera schachtii*). (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990).

Del mismo modo señala que Wollenweber en 1923, al desarrollar estudios sobre la morfología de quiste y segundo estadio juvenil del nemátodo, encontró diferencias entre el nemátodo quiste de la remolacha y el de la papa, planteando que se trataba de una nueva especie a la que designó como *Heterodera rostochiensis*, en honor a la ciudad de Rostock en Alemania, donde fue localizado el nemátodo.

Skarbilovich en 1959, estima dos sub géneros de Heterodera. Al sub género Globodera lo califica por la configuración esférica del quiste, distinguiéndolo del sub género Heterodera, cuyo quiste presentaba la apariencia de un limón.

Guille (1966) citado por (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990) encontró que poblaciones del nemátodo quiste se distinguan en la sucesión de la variación de color de la hembra en desarrollo. En la mayoría de las poblaciones europeas, las hembras transcurrían por una extensa fase de color amarillo dorado, de donde se origina el nombre

de “nemátodo dorado” concedido por Chitwood en 1948, no obstante, en otras poblaciones logró notar cambios de color blanco y crema.

Con las certezas expuestas, Stone (1973) detalla a *Heterodera pallida* como una nueva especie del nemátodo quiste, caracterizado por la presencia de hembras con fase crema y juveniles con dimensiones más prolongadas, y mantener como *Heterodera rostochiensis* las hembras con fase amarilla.

Mulvey y Stone (1976) citado por (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990) promueven el sub género Globodera a la categoría de género, quedando designadas las dos especies, *Heterodera rostochiensis* y *Heterodera pallida*, como *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL NEMÁTODO DEL QUISTE DE LA PAPA

1.4.1. Morfología

El estado juvenil es fundamental en la morfología de los nemátodos, es en esta etapa cuando se introduce en las raíces de la planta, análogo a un gusano redondo y alargado. (Ellisseche, 1992).

El macho tiene la forma redonda y alargada, en tanto que el cuerpo de la hembra al madurar se agranda y luego se convierte en un quiste duro cuando mueren. Los quistes tienen forma esférica y globular, cuya pared le confiere esencial significancia, debido a que le posibilita sobrevivir en condiciones adversas. (Franco, J. 1986).

El canal digestivo está constituido por la boca, el esófago, el intestino, el recto y el ano. El estilete en la cavidad bucal es típico y consiste en una estructura fuerte, tubular y móvil que se utiliza para perforar la pared celular y absorber los alimentos. Los alimentos pasan a través del estilete hasta al tubo esofágico que contiene el bulbo central. El bulbo central se apoya de músculos y una válvula para actuar como una estación de bombeo que le permite impulsar el alimento hacia el intestino. Posterior al bulbo central existen tres glándulas del esófago que forman el bulbo terminal. El intestino es un órgano de almacenamiento, generalmente lleno de partículas de grasa. El intestino se reduce para formar el recto y concluir en el ano. Los machos mantienen la forma de gusano alargado y redondo. Cuando maduran miden aproximadamente un milímetro de longitud. El

cuerpo de la hembra se expande, luego se convierte en un quiste duro después de la muerte. Los quistes tienen forma esférica o globular, miden entre 0.5 y 1.0 mm de diámetro, y muestran una pequeña protuberancia que pertenece a lo que era la cabeza, la misma que estaba ligada a las raíces (Franco, J. 1986).

1.4.2. Ciclo de vida y biología

El incentivo de un componente que segregan las raíces, originan el surgimiento del II estadio juvenil que brotan de los huevos presentes en el interior de los quistes, proliferando si cuentan con acceso a tejidos vegetales vivos como fuente alimenticia, las hembras se establecen sedentariamente, desarrollándose a manera de esferas en la inmediaciones de su cabeza, posteriormente los cuerpos de las hembras fracturan la superficie de la raíz y su cuerpo aflora, es en aquel instante cuando los cuerpos de las hembras muertas se convierten en quistes. (Franco, J. 1986).

Los quistes se mantienen viables por más de 30 años en el suelo luego de separarse de la raíz. El primer estadio juvenil se desarrolla en el interior del huevo y dentro del quiste bajo la custodia de la cáscara del huevo y de la pared del quiste. Éstos, seducidos por las secreciones de la raíz, perforan las raíces en la segunda etapa juvenil, ingresando en ellas, donde viven y se alimentan durante dos mudas.

El sexo se determina en la tercera etapa juvenil de desarrollo en función de la cantidad de alimento disponible. La presencia de escasos nemátodos y abundante alimento, la población estará hegemónicamente establecido por hembras; si la población es abundante y existe poco alimento utilizable, la supremacía es de los machos.

Las hembras se tornan sedentarias y se integra a la raíz dentro del tejido de la corteza, su cuerpo se expande, destruye las células de la raíz, llegando a ser evidente al exterior de ésta, no obstante la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido. Los machos mantienen su forma alargada como de gusano, desisten de la raíz, encuentran hembras rompiendo la superficie radicular y copulan con ellas. Posterior a la muerte de la hembra, la cutícula de su cuerpo esférico químicamente se modifica y el color blanco o amarillo en un primer momento se torna marrón o bronceo.

La hembra muerta se convierte en un quiste duro de color marrón y es resistente a las adversas condiciones ambientales.

Los quistes se separan de manera sencilla de las raíces. Cada uno contiene y protege desde unos pocos hasta 600 huevos. Además, cada huevo está protegido por su propia cáscara y alcanza a mantenerse viable por 20 años a más.

El primer estado juvenil se desarrolla en el interior del huevo, aún bajo la doble protección de la pared del quiste y la cáscara del huevo, en tanto que el segundo estado juvenil emerge cuando el exudado radicular parece como estimulante.

La producción de una generación de nemátodos en una temporada es análogo a un ciclo de vida, con una duración de 6 a 10 semanas. Durante el tiempo establecido, si no existe competencia por alimento, la población se puede multiplicar en proporciones hasta de 1 a 50. (Franco, J. 1986).

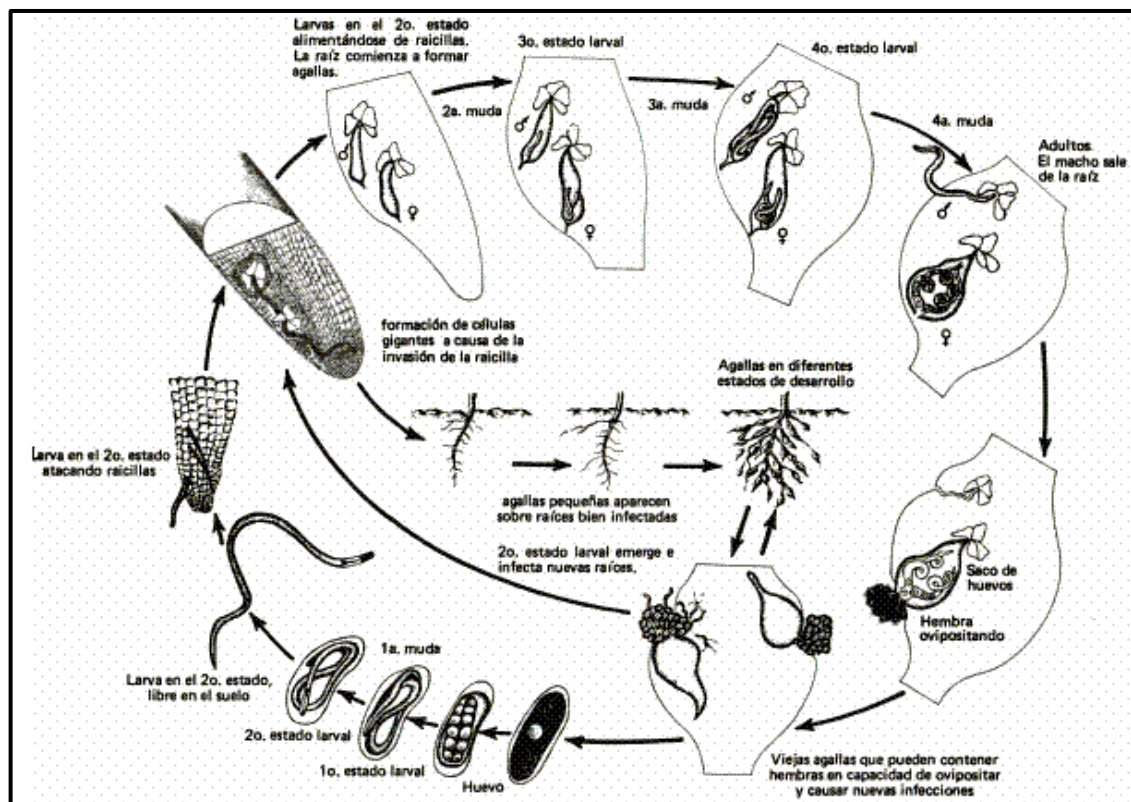


Figura 1.1. Ciclo biológico del nemátodo quiste de la papa *Globodera pallida*

1.5. RELACIÓN HOSPEDERO-PARÁSITO

El ataque del nemátodo genera una respuesta inmediata de la planta, induciendo a la formación de células gigantes en la corteza o superficie de la raíz, al parecer son células que trasladan y abastecen una fuente localizada de proteínas para el nemátodo, el que

potencia en cien veces durante el desarrollo. Se cree que las raíces conteniendo estos masivos desplazamientos de su metabolismo en la dirección de incremento de síntesis de proteínas, reduce el traslado de nutrientes al resto de la planta.

El estímulo de la exigencia de alimento del nematodo y la incorporación de reguladores de crecimiento de la planta dentro de las incipientes células gigantes conllevan a la diferenciación de células no especializadas de la raíz a células de transferencia que posee una específica función fisiológica en la planta. Este no es el caso de las variedades resistentes, debido a que no forman células gigantes cuando son atacadas por el nemátodo y muchos juveniles se convierten en machos, puesto que los machos no requieren de células gigantes para su desarrollo. (Hooker, J. 1982).

Estudios minuciosos de histopatología han permitido observar grupos de células gigantes que aparecen cerca de la cabeza de la larva, éstas se forman por el debilitamiento de las paredes de las células dando una sincytia multinucleada. La disolución de las paredes celulares, la unión de la masa citoplasmática y la agregación del núcleo de las células intactas constituyen las células gigantes; previamente se determinaron que las células gigantes pueden formarse en la corteza, endodermos, periciclo y células parenquimales de la zona central vascular. En este último lugar, las células gigantes inhiben la formación del cambium y en consecuencia el xilema secundario no es producido. La apariencia multinucleada y granular de las células gigantes se observa en cultivares susceptibles, mientras que en cultivares resistentes éstas son reemplazadas por células necróticas. (Franco, J. González, A. y Matos, A. 1993).

Invasión

Las larvas se alimentan introduciendo el estilete dentro de las células, penetrando al interior de las raíces del hospedero, posteriormente migran a otra parte de la planta para alimentarse. En este caso el término invasión se usa cuando el patógeno invade el área de terreno en que se halla el hospedero.

Síntoma

Los síntomas que presentan las plantas frente al ataque o invasión de los nematodos no son muy específicos, un análisis superficial del terreno posibilita un inequívoco diagnóstico, como el escaso crecimiento, achaparramiento y follaje descolorido en

definidas zonas del campo, este último no solo pueden deberse al ataque de nematodos, si no por deficiencias nutricionales o consecuencias físicas, en tanto que la disminución del crecimiento y achaparramiento son usuales al ataque de nematodos.

El crecimiento anormal y deformado puede resultar de la disminución del sistema radicular, el cual es una forma usual de ataque de los nematodos, así como la multiplicación de raíces.

Daños en los hospederos

La penetración y movimiento de los nemátodos al interior de las raíces dañan sus tejidos, alterando al mismo tiempo la fisiología de la raíz, haciéndola más susceptible frente al ataque de hongos y bacterias que provocan otras enfermedades. (Franco, J. Gonzáles, A. y Matos, A. 1993).

1.6. RELACIÓN ENTRE LA PLANTA DE PAPA Y EL NEMÁTODO DEL QUISTE

Los nemátodos del quiste de la papa son parásitos de las raíces que están muy bien adaptadas. Los nemátodos emergen solo bajo condiciones favorables, la presencia de raíces de papa y sobre todo el efecto estimulante de un exudado radicular de la planta hospedera. El estilete del segundo estado juvenil de los nemátodos perfora las paredes celulares e ingresan al interior de la raíz, dejando atrás una agrupación de células perforadas.

El agrandamiento y unión de las células radiculares ubicadas próximo de la cabeza de la hembra se origina por excreción de la saliva por las glándulas del esófago. Estas células agrandadas y unidas denominadas sincitios o células de transferencia abastecen constante alimento a la hembra, necesarios para el desarrollo de los nemátodos. Asimismo, el progreso y mantenimiento de los sincitios compiten con el crecimiento de la planta.

Además, el daño que producen los nemátodos ocasiona estrés debido a la carencia de agua y disturba el metabolismo de los nutrimentos.

La relación entre la planta de papa y los nemátodos del quiste, está gobernada por:

- La resistencia que tiene la variedad de papa.

- La tolerancia que tiene la variedad de papa.
- La patogenicidad del nemátodo.

Esta relación puede ser modificada por factores ambientales, tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento. (Franco, J. González, A. y Matos, A. 1993).

Resistencia

El incremento o reducción del número de nemátodos está determinada por el nivel de resistencia de la planta de papa.

La resistencia se orienta a una disminución de la población de nemátodos, la misma que está determinada por la relación existente entre la densidad poblacional inicial de nemátodos previo a la siembra y su densidad de población final, a la culminación de la época de cultivo.

El nivel de resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes.

Los mecanismos de resistencia se explican de dos maneras. La primera es que las plantas pueden no estimular la emergencia del segundo estado juvenil, es decir, pueden reducir la emergencia. La segunda es que se restringe el desarrollo de los sincitios (o células de transferencia) de los cuales toman las hembras su alimento.

Esta restricción no impide que emerjan los nemátodos en su segundo estado juvenil, menos aún que invadan las raíces y ocasionen daños. No obstante, la restricción de alimentos conduce a una disminución más rápida de la población de nemátodos y es más efectivo que la reducción de la emergencia debido a que fragmenta el ciclo de vida y los estados juveniles mueren o se desarrollan como machos.

Es muy posible que los patotipos no afectados por la resistencia se propaguen por selección natural o adaptación genética, debido a que el cultivo continuo de variedades resistentes en condiciones de alta densidad de población de nemátodos puede provocar la pérdida de resistencia. (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990).

Tolerancia

Capacidad de producción de la planta (papa), a pesar de encontrarse en un suelo contaminado con nemátodos. Es independiente de la resistencia, ya que puede ocurrir tanto en variedades resistentes como en variedades susceptibles, Las plantas que no son tolerantes producen menos, sin embargo las variedades tolerantes pueden recuperarse del daño que causan los nemátodos. La tolerancia es independiente del patotipo de nemátodo, y se presenta con más frecuencia en las variedades andígenas.

Esto podría deberse a la evolución paralela de la papa andígena y los nemátodos en los Andes. La papa ha desarrollado tolerancia para sobrevivir al ataque de los nemátodos. (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990).

Patogenicidad

Las dos especies de *Globodera* (*G. rostochiensis* y *G. pallida*) presentan varios patotipos, los mismos que son razas fisiológicas identificables por su habilidad de multiplicación en plantas de papa llamadas plantas diferenciales, las mismas que poseen diferentes genes que le confieren resistencia, pudiendo una planta diferencial llegar a estar infestada mayormente con ciertos patotipos de *Globodera*, pero no con otros; igual ocurre con variedades de papa reconocida como resistente que puede llegar a estar infestada por un número cada vez mayor de poblaciones de nemátodos, debido a la selección y multiplicación de otros patotipos de *Globodera*.

Finalmente, cabe indicar que los patotipos de cada especie de *Globodera* se aparean libremente, sin embargo entre especies está limitado. (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990).

1.7. LA PAPA

1.7.1. Origen y distribución

Durante la época del descubrimiento de América, el cultivo de la papa era practicado con todos los aspectos de ser muy antiguo en las regiones templadas de Chile hasta Nueva Granada (Egusquiza, 1993).

Se consideran dos centros de origen de la papa cultivada: el centro de origen de Chile y el centro de origen Ecuador, Perú y Bolivia donde está representada la papa cultivada andina *S. andigenum* (Vásquez, 1988).

La existencia de un gran número de especies, así como de variedades cultivadas indican que la región del lago Titicaca sería el centro de origen de la papa cultivada, además de ser el lugar donde habría nacido la agricultura más primitiva basada en el cultivo de la papa y otras plantas tuberosas (Egusquiza, 1984) mencionado por Huamaní, P. (2004).

1.7.2. Descripción botánica y morfológica de la papa

La papa es una planta dicotiledónea, herbácea, anual, no obstante puede considerarse perenne potencial, debido a su aptitud de propagación vegetativa a través de los tubérculos.

El tubérculo es un tallo subterráneo, acortado, engrosado y dotado de yemas u ojos en las axilas de sus hojas escamosas. En cada ojo existen usualmente 3 yemas, sin embargo, en ocasiones pueden ser más. Por consiguiente, una yema es una rama lateral del tallo subterráneo con entrenudos no desarrollados y todo el tubérculo un sistema morfológico ramificado y no una simple rama. (FRANCO, J. 1974), mencionado por (RAMOS, R. 2001).

1.7.3. Ubicación taxonómica

Weberling Focko (1981), menciona que la papa pertenece a la siguiente descripción taxonómica:

- Reyno** : Vegetal.
- División** : Fanerógamas.
- Subdivisión** : Angiospermas.
- Clase** : Dicotiledóneas.
- Orden** : Tubiflorales.
- Familia** : Solanaceae.
- Género** : Solanum.
- Especie** : *Solanum tuberosum*.
- N.V.** : “papa”, “patata”, “potato”

1.7.4. Resistencia

La resistencia al nemátodo quiste de la papa se define como la capacidad o cualidad de una planta de papa de impedir total o parcialmente la reproducción del nemátodo.

Resultado de este proceso, las poblaciones iniciales de nemátodos presentes en el suelo previo a un cultivo de papa se reducirán o evitarán el incremento en forma tan intensa como después de utilizarse una planta susceptible (Franco, J. González, A. Matos, A. 1990).

1.7.5. Mecanismo de resistencia

Es determinante precisar que tanto las plantas resistentes y las susceptibles son indistintamente invadidas por los nemátodos, por lo tanto, ambas experimentan pérdidas en el rendimiento resultante del daño causado por la penetración de los segundos estados juveniles. La resistencia del nemátodo del quiste en una planta de papa puede deberse a la manifestación de variados mecanismos que inhiben su desarrollo y multiplicación. Sin embargo, el mecanismo más notorio ocurre cuando las raíces de la plantas de papa son invadidas por los segundos estados juveniles del nemátodo, éstos no continúan su desarrollo debido a que no ocurre una respuesta compatible en el interior de las raíces (sincitios), que les permita alimentarse convenientemente en su estado sedentario (J3); por lo tanto mueren o, en su mayoría, pasan a su estado de adulto como machos. (Franco, J. González, A. Matos, A. 1990).

Las plantas son resistentes a ciertos patógenos debido a que pertenecen a grupos taxonómicos que son inmunes por presentar genes que le confieren resistencia directa ante los genes que determinan la virulencia del patógeno en particular, es por ello que los hospederos evaden o toleran la infección provocada por los patógenos.

La resistencia a las enfermedades, controladas genéticamente por la presencia de uno o más genes recibe la denominación de resistencia verdadera; en consecuencia, la resistencia está gobernada por factores genéticos que tienen influencia en los procesos fisiológicos del hospedero (Montt, R. 1993), mencionado por (Ramos, R. 2001).

1.7.6. Fuentes de resistencia

Posterior al descubrimiento del NQP (*Globodera rostochiensis*) en Alemania, muchos países europeos detectaron la presencia del parásito en sus campos de cultivo y poco se sabía sobre la probabilidad de controlarlo empleando cultivares resistentes. Esta situación motivó una verificación de las colecciones de las papas cultivadas y silvestres, con la finalidad de identificar genotipos de papa resistentes al NQP.

Las primeras fuentes de resistencia a *Globodera rostochiensis* fueron identificadas por Ellenby, un nematólogo inglés quien examinó 1300 líneas pertenecientes a 60 especies, a partir de material existente en la **Commonwealth Potato Collection (CPC)**, reportando en 1952; entre las que se menciona a 03 clones diploides de *Solanum vernei*: CPC 1051, CPC 2443 y CPC 2414; un clon triploide *S. chaucha*: CPC 1647 y 05 clones tetraploides de *S. tuberosum* spp andígena: CPC 1595, CPC 1673, CPC 1685, CPC 1690 y CPC 1692.

El reconocimiento de *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida* con poblaciones de distintos comportamientos dentro de cada especie ha dado un incremento en las investigaciones para identificar nuevas fuentes de resistencia.

Las principales fuentes de resistencia a *G. pallida* se encuentran en las especies silvestres *S. vernei* y *S. multidissectum*. Actualmente en la CPC se continúan evaluando la resistencia a las poblaciones europeas del nemátodo quiste de la papa, existiendo singular interés en identificar genotipo resistente a *G. pallida*. (Evans y Franco. 1979), mencionado por (Ramos, R. 2001).

El uso de cultivares resistentes para el control genético del Nemátodo Quiste de la Papa tiene como objetivo principal proporcionar material resistente a los agricultores de países en desarrollo; por tanto, identificar genotipos resistentes del banco de germoplasma y utilizarlos eficientemente, ha sido una de las prioridades del Centro Internacional de la Papa (CIP).

1.7.7. Herencia de resistencia

Con el hallazgo de líneas de *S. tuberosum* spp. andígena (Ellemby, 1952) citado por (Franco, J., Gonzáles, A. Matos, A. 1990) con resistencia al nemátodo del quiste se consideró que se lograría controlar todas las poblaciones de nemátodos. Quevedo, Simón y Toxopeus (1956) citado por (Franco, J. Gonzáles, A. Matos, A. 1990) evidencian que las poblaciones peruanas (Tarma) del nemátodo del quiste, se propagaban muy fácilmente en 82 líneas holandesas mejoradas a partir del clon CPC 1673 con el gen H1. Similares resultados se hallaron al evaluar el efecto de algunas poblaciones peruanas con líneas mejoradas de Europa.

Existen cuantiosas especies silvestres con resistencia a poblaciones europeas de *G. pallida* y escasas las especies cultivadas; algunas de éstas se han evaluado para determinar su reacción con poblaciones de Perú. En 1972 SCURRAH estudió el comportamiento de las poblaciones de nemátodos procedentes de Cusco, Huancayo y Otuzco en clones tetraploides de *S. andígena* y algunos diploides de *S. vernei*, *S. spegazzinii* y *S. oplocense*, determinando que la mayor fuente de resistencia a la población del Cusco se encuentra en *S. spegazzinii*, *S. oplocense* y algunos clones de *S. vernei*; solo un clon de *S. vernei* fue parcialmente resistente a la población de Otuzco, mientras que para la población de Huancayo no se determinó resistencia en ninguno de los clones.

En 1962 Ross, H., mencionado por (Ramos, R. 2001), al evaluar la reacción de líneas mejoradas en Alemania y Holanda, determina que las poblaciones de Cusco, Huancayo y Otuzco son las que tienen el mayor grado de agresividad y el único que mostró resistencia contra todas las poblaciones fue un híbrido de *S. oplocense* x *S. tuberosum*.

También menciona que en la especie *S. vernei* se ha encontrado genes de resistencia contra poblaciones de *G. pallida*, sin embargo su efecto pocas veces producía un segregante que reduzca a cero el número de quistes; concluyendo que las especies de *S. oplocense* y *S. vernei* deben tener poligenes propicios contra varias poblaciones.

La resistencia al NQP está gobernada en forma poligénica por un complejo de genes mayores y menores, que muy fácilmente se pierden en la primera generación y en consecuencia hay dificultad en la separación de los individuos resistentes y susceptibles. El descubrimiento de los tipos agresivos originó que se comenzara a buscar nuevas fuentes de resistencia contra ellos y fue Dunnet quien en 1961 encontró en *Solanum multidissectum*, especie silvestre diploide, resistencia a la población agresiva. La resistencia de esta especie al igual que de *S. andigenum* es monogénica y al gene que determinó la resistencia se le llamó H2.

Al cruzarse *S. multidissectum* con clones que poseen el H1 originó clones con resistencia contra las poblaciones agresivas y no agresivas. (Canto, M. 1975), mencionado por (Ramos, R. 2001).

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga entre los meses de enero, febrero, marzo y abril del año 2007.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Materiales biológicos

- Tubérculo semillas de clones seleccionados de papa por el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) Ayacucho.
 1. H-C-4 (*Solanum tuberosum*)
 2. H-C-3 (*Solanum tuberosum*)
 3. 393280.82 (*Solanum tuberosum*)
 4. 393077.159 (*Solanum tuberosum*)
 5. P-NEGRO (*Solanum tuberosum*)
 6. 386549.9 (*Solanum tuberosum*)
 7. C99-477 (*Solanum tuberosum*)
 8. UNA-6 (*Solanum tuberosum*)
 9. C99-752 (*Solanum tuberosum*)
 10. SERRANITA (*Solanum tuberosum*)
 11. 393280.83 (*Solanum tuberosum*)
 12. RENACIMIENTO (*Solanum tuberosum*)

- Inóculo: *Globodera pallida*, razas P4A y P5A provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP).

2.2.2. Materiales, equipos y reactivos de laboratorio

2.2.2.1. Materiales

- Tamices
- Piseta
- Pinzas
- Bisturí
- Algodón
- Mechero
- Fuentes de plástico
- Probeta
- Recipientes transparentes (tapers) de 10 cm de diámetro y 4.5 cm de altura
- Termómetro ambiental
- Fiola de 500 cc
- Placas de Petri
- Siracusa
- Placa de contaje
- Papel fitro
- Matraz Erlenmeyer de 150 cc

2.2.2.2. Equipos

- Estereoscopio
- Olla autoclave
- Embudo de Fenwick
- Refrigerador
- Estufa

2.2.2.3. Reactivos

- Acetona
- Alcohol 70 y 96%
- Agua oxigenada
- Bálsamo de Canadá

2.3. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RESISTENCIA EN TUBÉRCULOS

2.3.1. Prueba en maceta y recipiente cerrado (Franco et al, 1990)

2.3.1.1. Fuentes del inóculo

La fuente de inóculo para el presente trabajo de investigación fue el nemátodo quiste de la papa (NQP) *Globodera pallida*, razas P4A y P5A, proporcionado por el Centro Internacional de la Papa (CIP), Área de Nematología. La forma de obtener el inóculo por el CIP se explica a continuación:

Una vez que el suelo recolectado se dejó secar al aire (medio ambiente) y bajo sombra, se depositó en un recipiente (balde) con agua. Seguidamente el suelo se agitó durante 10 segundos y se dejó sedimentar; los quistes flotaron junto con el material orgánico del suelo y fueron recogidos de su superficie o separados por filtración sobre un pedazo de muselina. Una vez que el material flotante extraído secó completamente, se desmenuzó y se colocó encima de una hoja de papel, que al inclinarse permitió que los quistes, por su forma esférica rodaran sobre su superficie hacía la parte más baja para su colección. Posteriormente se determinó la viabilidad total de los quistes y se anotó en la etiqueta de un frasco con tapa rosca, que se empleó para guardar el inóculo.

2.3.1.2. Preparación de los tubérculos semillas de clones seleccionados de papa

Los clones seleccionados de papa previamente desinfectados con hipoclorito de sodio, fueron cortados con la ayuda de un bisturí debidamente desinfectado para evitar su contaminación con microorganismos, en porciones de tubérculos con brotes al tamaño requerido del recipiente, las cuales se colocaron con la superficie cortada en contacto con el substrato.

2.3.1.3. Preparación de substrato

El substrato empleado, consistió en tierra orgánica y arena fina de río, los mismos que fueron tamizados o zarandeados por separado en una malla fina, con la finalidad de eliminar impurezas existentes, para el caso de la arena, ésta, además del tamizado, se lavó las veces que fue necesario hasta que quedó totalmente limpia, posteriormente fueron secados al medio ambiente para después proceder a su pesado en una balanza analítica en la proporción requerida, es decir 3 : 1; (3 partes de tierra orgánica + 1 parte de arena de río), luego de ser mezclados, se trasvasaron a bolsas dobles de polietileno, (bolsas para producción de plantas) la cantidad de 1 Kg de substrato, los mismos que fueron envueltos

con papel de azúcar, quedando listo para ser esterilizados en autoclave, siguiendo la metodología estándar. Posterior a este procedimiento, se llenó parcialmente a un recipiente transparente de plástico de 4.5 cm de altura y 10 cm de diámetro 100 cc de substrato, el mismo que se ajustó a 30% de humedad.

Para el caso de macetas, se empleó la misma cantidad, proporción de substrato y humedad.

2.3.1.4. Estandarización del inóculo

Para el caso de prueba en recipiente cerrado y maceta con tubérculo, el inóculo se estandarizó a la densidad de 20 huevos viables/g de suelo. Según la viabilidad total se determinó el número de huevos por quiste, permitiendo estimar el número de quistes por recipiente. Este procedimiento consistió en lo siguiente:

Se tomó 25 quistes al azar, los mismos que fueron colocados en un recipiente de vidrio, al que se agregó 5 ml. de agua destilada para su trituración, una vez triturados los quistes se transfirieron a un vaso, ajustando el volumen de agua hasta 30 ml., luego se homogenizó la suspensión con la ayuda de una pipeta introducida en el vaso, con la misma pipeta se tomó 1 ml. de la suspensión, el mismo que se vertió en una placa de contaje; esta operación se repitió tres veces; finalmente, empleando un estereoscopio se procedió a contar en número de huevos y larvas de cada repetición.

2.3.1.5. Inoculación

Se realizó con cierto número de quistes hasta obtener una densidad de 20 huevos/gr de suelo. Este inóculo se homogenizó con la capa superior de la mezcla del substrato antes de sembrar una porción de tubérculo con un brote vigoroso, seguidamente se cubrió el material sembrado con la mezcla de suelo, regando cuidadosamente cada recipiente. Inmediatamente se ajustaron las tapas de los recipientes: Método de recipiente Cerrado (Franco et al 1990), los mismos que fueron perforados con una aguja para permitir el intercambio de gases; finalmente se almacenaron en oscuridad a temperatura ambiente del laboratorio.

La inoculación en macetas se realizó de la misma forma que para el caso de recipiente cerrado y se almacenó a temperatura del invernadero.

2.3.1.6. Extracción de nemátodos formadores de quistes del suelo

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el Método modificado de Fenwick (Fenwick, 1940; Oostembrink, 1950), propuesto por (González, A. Franco, J. 1993).

Procedimiento

1. Se mezcló vigorosamente el suelo seco a temperatura ambiente.
2. Se llenó con agua el aparato de Fenwick modificado.
3. Se colocó 100 cc de la muestra de suelo en la parte superior del tamiz de 1 mm.
4. Se lavó la muestra de suelo dentro del aparato hasta que todo el suelo pasó a través del embudo. El material grueso fue retenido en la parte superior del tamiz y las partículas pesadas del suelo así como la arena sedimentaron en la parte inferior del aparato.
5. Quistes, restos orgánicos y otras partículas que flotaban fueron llevados con el agua hacia el collar del aparato y colectados en un tamiz de 175 μ . Partículas de menor diámetro pasaron a través de este tamiz.
6. Cuando el agua que descendía por el collar se presentó limpia, se retiró el tapón de goma de la parte inferior de la jarra para desaguarla y dejar limpio el equipo.
7. Los quistes y material orgánico retenidos en el tamiz de 175 μ fueron concentrados en un solo lado del tamiz y transferidos en un Erlenmeyer de 500 cc con ayuda de un embudo.
8. Se dejó reposar el Erlenmeyer hasta que los quistes y materia orgánica empezaron a flotar. Algunas partículas de suelo y restos de materia sedimentaron.
9. Se colocó un pedazo de muselina (10 x 10 cm) sobre una malla metálica soldado a un círculo de metal sujeta en su parte superior a un soporte de metal.
10. Se decantó la suspensión del Erlenmeyer sobre la muselina. Quistes y restos orgánicos quedaron retenidos sobre ella, doblando enseguida los bordes de la muselina, asegurando con un clip; dejando secar a temperatura ambiente.
11. Después de 2 a 3 días la muestra quedó lista para ser contada al estereoscopio, sin embargo la muselina retenía un alto contenido de materia orgánica, por lo que se tuvo la necesidad de realizar una limpieza adicional.

2.3.1.7. Separación de quistes en Acetona (Kort, 1960)

Procedimiento

1. Con la ayuda de un embudo, quistes y restos orgánicos secos fueron transferidos a una fiola de 250 cc.
2. Se llenó hasta la mitad con Acetona, agitando el frasco se completó hasta 0.5 cm. del borde superior de la fiola. Se dejó en reposo 15 – 20 segundos, tiempo en que los quistes empezaron a flotar y la materia orgánica a precipitar.
3. Se colocó un embudo conteniendo papel filtro sobre el Erlenmeyer de 500 cc.
4. Haciendo girar muy rápidamente la fiola se vertió sobre el papel filtro, quistes y algunos restos de materia orgánica presentes en la superficie de la Acetona, sin transferir todo su volumen.
5. Los quistes quedaron retenidos en el papel filtro y la Acetona restante se recuperó del Erlenmeyer, quedando la muestra lista para ser analizada con un contador de quistes.
6. Se colocó un embudo de mayor diámetro conteniendo papel facial sobre un frasco de 2 o 5 dm³.
7. Se agitó la fiola y decantó los restos orgánicos sobre el embudo descrito anteriormente. La Acetona se recuperó en el frasco y se utilizó en el procesamiento de nuevas muestras.
8. Cuando la Acetona se evaporó del papel filtro se separó los quistes de algunos restos orgánicos haciéndolas rodar a través de una hoja de papel. Los quistes rodaron y los restos orgánicos quedaron en el papel.

Los quistes fueron trasladados a una placa petri, posteriormente contados, depositados y etiquetados en frascos viales.

2.3.1.8. Evaluación

Según recomendaciones de (Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990) se realizó a las siete semanas posterior a la inoculación para el caso de recipiente cerrado, y a las ocho semanas en maceta, contando para ello el número de hembras visibles a través de las paredes del recipiente o recuperando el total de quistes nuevos formados por clon de papa a partir del substrato.

Los parámetros cuantitativos de evaluación de resistencia de los 12 clones de papa en estudio se realizaron de acuerdo a la tabla 2.1.

1. Población final del nemátodo

Se llevó a cabo con la ayuda de un estereoscopio mediante el conteo del número total de quistes en una cámara diseñado para tal fin, este procedimiento se llevó a cabo para cada clon al final del experimento.

2. Tasa de multiplicación del nemátodo (TMN)

Esta variable fue medida en quistes mediante la siguiente relación: cPf / cPi (población final de quistes / población inicial de quistes)

3. Medida de resistencia relativa

Se realizó comparando la tasa de multiplicación ocurrida en los clones en prueba con la de una variedad susceptible (**Renacimiento**)

Tabla 2.1. Pruebas, criterios y parámetros considerados por el CIP, en las evaluaciones de resistencia

Prueba	Criterio	Parámetro	Escala	Reacción
Macetas/ recipiente cerrado	Estimar la reproducción por población final (pf) de quistes	Tasa de multiplicación de quistes cpf / cpi	< 1.0	R
			1.1 – 2.5	PR
			2.6 – 5.0	MS
			> 5.0	S
Macetas/ recipiente cerrado	Reproducción en relación a hospedero susceptible	Índice de susceptibilidad $\% = \frac{\text{Pf de clon probado}}{\text{Pf del control susceptible}} \times 100$	0.0	R
			0.1 – 12.5	PR
			12.6 – 25.0	MS
			> 25.0	S

Fuente: Franco, J., Gonzáles, A. y Matos, A. 1990)

cpf = población final de quistes.

cpi = población inicial de quistes.

R = Resistente, **PR**= Parcialmente resistente, **MS**= Moderadamente susceptible, **S**= Susceptible

2.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico empleado en el presente trabajo de investigación fue el Diseño Completamente Randomizado (**DCR**), con 24 tratamientos (factorial de 2 razas x 12

clones) y 7 repeticiones. El estudio se condujo en 2 ambientes: en laboratorio e invernadero.

El análisis de variancia correspondiente se ajusta al caso de experimentos repetidos en DCR, por lo que el modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_l + R_{k(l)} + C_i + G_j + (EC)_{il} + (EG)_{jl} + (CG)_{ij} + (ECG)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

- Y_{ijkl} : Es una observación de una unidad experimental.
- μ : Es el promedio general.
- A_l : Es el efecto del l-ésimo ambiente.
- $R_{k(l)}$: Es el efecto de las repeticiones en ambientes.
- C_i : Es el efecto del i-ésimo clon.
- G_j : Es el efecto de la j-ésima raza de Globodera.
- $(AC)_{il}$: Es el efecto de la interacción ambiente x clones.
- $(AG)_{jl}$: Es el efecto de la interacción ambiente x raza de Globodera.
- $(CG)_{ij}$: Es el efecto de la interacción clon x raza de Globodera.
- $(ACG)_{ijl}$: Es el efecto de la interacción ambiente x clon x raza de Globodera.
- ε_{ijkl} : Es el error experimental.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CONDICIONES DE TEMPERATURA AMBIENTAL

Las **tablas 3.1 y 3.2** muestran la variación de temperatura ambiental en el interior de los ambientes de laboratorio e invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 3.1. Registro de temperatura ambiental promedio semanal y mensual (°C) en laboratorio. Ayacucho, 2007.

AÑO	2007															
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL			
SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T° (°C)	17,5	16,2	17,5	15,8	16,1	17,5	16,8	17,8	16,5	18,3	17,2	16,4	15,5	16,25	16,8	15,10
PROM. MENS.	16,75				17,05				17,1				15,9			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2. Registro de temperatura ambiental promedio semanal y mensual (°C) en invernadero. Ayacucho, 2007

AÑO	2007															
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL			
SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T° (°C)	17,7	20	19,5	18,4	18	21	19,5	20	19,7	20,5	19,3	18,5	19	20,5	18,5	17,3
PROM. MENS.	18,9				19,6				19,5				18,8			

Fuente: Elaboración propia.

3.2. ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD DE CLONES DE PAPA EN PRUEBA FRENTE A CLON SUSCEPTIBLE EN CONDICIONES DE LABORATORIO E INVERNADERO

3.2.1. Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a un clon control susceptible en condiciones de laboratorio

La **tabla 3.3** nos muestra el índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a un clon control susceptible (Renacimiento) al ataque de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en condiciones de laboratorio, con los siguientes resultados:

11 clones de papa en prueba (H-C-4, H-C-3, 393280.82, 393077.159, P-NEGRO, 386549.9, C99-477, UNA-6, C99-752, Serranita y 393280.83) resultaron ser susceptibles a las razas P4A y P5A de *Globodera pallida*.

Como se puede apreciar, los clones de papa tienen diferentes grados de respuesta frente a *Globodera pallida*, razón por la que algunos clones tienden a ser más susceptibles y otros menos susceptibles a las razas P4A y P5A del parásito en relación a la variedad testigo susceptible (Renacimiento).

Los clones H-C-3, H-C-4 y 393280.82 presentaron menor grado de susceptibilidad en relación a los demás clones de papa en prueba frente a la raza P4A de *Globodera pallida*; con 54.72%, 60.38% y 67.92%; en tanto que el clon H-C-3 mostró menor nivel de susceptibilidad a la raza P5A con 68.52%; presentando en ambos casos valores menores en comparación a la variedad control (Renacimiento) frente al ataque de las dos razas del nemátodo; entonces, podemos inferir que la raza P5A tiene un mayor grado de patogenicidad frente a los clones de papa en estudio.

(Franco et al., 1990) revelan que el mecanismo de resistencia más conocido es aquel en que una vez que las raíces de la plantas de papa son invadidas por los segundos estados juveniles del nemátodo, éstos no continúan su desarrollo debido a que no ocurre una respuesta compatible en el interior de las raíces (sincitios), que les permita alimentarse apropiadamente una vez que alcancen su estado sedentario (J3); y por lo tanto mueren o, en su mayoría, pasan a su estado de adulto como machos.

(Montt, R. 1993), mencionado por **(Ramos, R. 2001)** manifiesta que las plantas son resistentes a ciertos patógenos debido a que pertenecen a grupos taxonómicos que son inmunes por tener genes que proporcionan resistencia directa ante los genes que determinan la virulencia del patógeno en particular, por lo que los hospederos evaden o toleran la infección causada por los patógenos.

(Franco et al., 1990) expresan que el grado de resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes.

Tabla 3.3. Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a clon susceptible en condiciones de laboratorio. Ayacucho, 2007

Bloque	Razas	Clones/Varietades	Número de hembras de Globodera por repeticiones							N° total de hembras de Globodera	Promedio	Tasa de Multiplicación de Nemátodos TMN (cPf/cPi)	ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD	
			I	II	III	IV	V	VI	VII				clones en prueba frente a clon susceptible (Renacimiento)	Reacción
I	P4A	H-C-4	4	8	3	3	4	7	3	32	4.57142857	0.380952381	60.37735849	S
		H-C-3	2	5	3	5	4	5	5	29	4.14285714	0.345238095	54.71698113	S
		393280.82	5	3	10	7	3	2	6	36	5.14285714	0.428571429	67.9245283	S
		393077.159	6	8	5	5	6	3	9	42	6	0.5	79.24528302	S
		P-NEGRO	10	4	2	7	8	7	3	41	5.85714286	0.488095238	77.35849057	S
		386549.9	7	9	7	5	5	7	6	46	6.57142857	0.547619048	86.79245283	S
		C99-477	6	7	7	8	7	10	6	51	7.28571429	0.607142857	96.22641509	S
		UNA-6	7	7	6	4	8	5	5	42	6	0.5	79.24528302	S
		C99-752	4	7	8	9	7	9	5	49	7	0.583333333	92.45283019	S
		SERRANITA	9	7	3	6	8	8	10	51	7.28571429	0.607142857	96.22641509	S
		393280.83	7	6	9	6	8	9	4	49	7	0.583333333	92.45283019	S
	RENACIMIENTO	10	7	10	5	6	8	7	53	7.57142857	0.630952381	100	S	
	P5A	H-C-4	4	7	5	11	8	2	8	45	6.42857143	0.494505495	83.33333333	S
		H-C-3	2	10	7	4	5	5	4	37	5.28571429	0.406593407	68.51851852	S
		393280.82	6	12	9	13	3	6	9	58	8.28571429	0.637362637	107.4074074	S
		393077.159	11	5	11	14	11	7	6	65	9.28571429	0.714285714	120.3703704	S
		P-NEGRO	10	6	8	11	3	10	6	54	7.71428571	0.593406593	100	S
		386549.9	9	11	9	10	6	12	8	65	9.28571429	0.714285714	120.3703704	S
		C99-477	12	4	6	7	7	13	8	57	8.14285714	0.626373626	105.5555556	S
		UNA-6	10	10	11	11	9	10	11	72	10.2857143	0.791208791	133.3333333	S
		C99-752	12	7	11	6	9	13	13	71	10.1428571	0.78021978	131.4814815	S
		SERRANITA	14	5	7	7	13	12	5	63	9	0.692307692	116.6666667	S
393280.83		9	11	10	10	10	8	12	70	10	0.769230769	129.6296296	S	
RENACIMIENTO	5	10	11	8	6	8	6	54	7.71428571	0.593406593	100	S		

Fuente: elaboración propia.

S = Susceptible. cPf = Población final de quistes. cPi = Población inicial de quistes

3.2.2. Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a un clon control susceptible en condiciones de invernadero.

La **tabla 3.4** nos revela el índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a un clon control susceptible (Renacimiento) al ataque de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en condiciones de invernadero, con los siguientes resultados:

11 clones de papa en prueba (H-C-4, H-C-3, 393280.82, 393077.159, P-NEGRO, 386549.9, C99-477, UNA-6, C99-752, Serranita y 393280.83) resultaron ser susceptibles a las razas P4A y P5A de *Globodera pallida*.

Similar que en condiciones de laboratorio, se puede apreciar que los clones de papa tienen diferentes grados de respuesta frente a *Globodera pallida*, razón por la que algunos tienden a ser más susceptibles que otros a las razas P4A y P5A del Nemátodo Quiste de la Papa.

Sin embargo, se puede apreciar que el clon de papa 393280.82 presentó menor grado de susceptibilidad (66.67%) frente al ataque de la raza P4A; y la variedad Serranita a la raza P5A de *Globodera pallida*, con 67.21% en relación a los demás clones de papa y a la variedad control (Renacimiento).

(Franco et al., 1990) refiere que las dos cualidades fundamentales que debe poseer una planta resistente son: capacidad de impedir la reproducción del nemátodo y heredabilidad de esta característica.

Es importante tener en consideración a la población del nemátodo que se desea probar: debe ser típica de la zona donde será utilizada esa resistencia. Además, se debe tener cuidado con la identificación de especies y razas. En la zona andina existen dos especies de nemátodo del quiste y entre éstas, ocho razas identificadas con diferenciales europeos.

Una variedad de papa reconocida como resistente puede llegar a estar infestada por un número cada vez mayor de poblaciones de nemátodos, debido a la selección y multiplicación de otros patotipos de *Globodera*.

Tanto las plantas resistentes como las susceptibles son igualmente invadidas por los nemátodos y en consecuencia ambas sufren pérdidas en el rendimiento debido al daño causado por la penetración de los segundos estados juveniles. La resistencia del nemátodo del quiste en una planta de papa puede deberse a la expresión de diversos mecanismos que impidan su desarrollo y multiplicación.

Las plantas (papa) tolerantes, presentan capacidad para producir, no obstante de encontrarse en un suelo infestado de nemátodo. Puede ocurrir tanto en variedades resistentes como en variedades susceptibles, es entonces, independiente de la resistencia. Las plantas intolerantes producen menos, en tanto que las variedades tolerantes tienen la capacidad de recuperarse del daño que causan los nemátodos. La tolerancia es independiente del patotipo de nemátodo, y se presenta con más frecuencia en las variedades andígenas.

Ello se debe posiblemente a que en los Andes evolucionaron paralelamente la papa andígena y los nemátodos. La papa desarrolló tolerancia para sobrevivir frente al ataque de los nemátodos.

Cabe mencionar que, en la determinación del índice de susceptibilidad no se ha tomado en consideración al clon testigo susceptible (Renacimiento).

Tabla 3.4. Índice de susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a clon susceptible en condiciones de Invernadero. Ayacucho, 2007

Bloque	Razas	Clones/Varietades	Número de hembras de Globodera por repeticiones							N° total de hembras de Globodera	Promedio	Tasa de Multiplicación de Nemátodos TMN (cPf/cPi)	ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD	
			I	II	III	IV	V	VI	VII				clones en prueba frente a clon susceptible (Renacimiento)	Reacción
II	P4A	H-C-4	6	5	7	5	9	7	3	42	6	0.5	107.6923077	S
		H-C-3	8	5	4	7	8	6	6	44	6.28571429	0.523809524	112.8205128	S
		393280.82	5	2	2	8	2	4	3	26	3.71428571	0.30952381	66.66666667	S
		393077.159	5	5	12	5	6	7	7	47	6.71428571	0.55952381	120.5128205	S
		P-NEGRO	3	8	6	7	3	6	7	40	5.71428571	0.476190476	102.5641026	S
		386549.9	6	6	4	7	8	4	4	39	5.57142857	0.464285714	100	S
		C99-477	5	5	5	7	8	8	8	46	6.57142857	0.547619048	117.9487179	S
		UNA-6	6	4	8	5	5	8	3	39	5.57142857	0.464285714	100	S
		C99-752	5	5	4	5	6	5	6	36	5.14285714	0.428571429	92.30769231	S
		SERRANITA	5	5	6	4	4	10	1	35	5	0.416666667	89.74358974	S
		393280.83	6	5	6	6	4	5	5	37	5.28571429	0.44047619	94.87179487	S
	RENACIMIENTO	5	6	5	6	6	5	6	39	5.57142857	0.464285714	100	S	
	P5A	H-C-4	7	11	7	6	9	9	8	57	8.14285714	0.626373626	93.44262295	S
		H-C-3	7	9	6	8	8	10	6	54	7.71428571	0.593406593	88.52459016	S
		393280.82	7	9	10	9	8	10	7	60	8.57142857	0.659340659	98.36065574	S
		393077.159	5	8	5	10	5	8	7	48	6.85714286	0.527472527	78.68852459	S
		P-NEGRO	11	10	12	8	7	9	10	67	9.57142857	0.736263736	109.8360656	S
		386549.9	7	8	7	8	10	10	6	56	8	0.615384615	91.80327869	S
		C99-477	10	7	6	7	8	1	5	44	6.28571429	0.483516484	72.13114754	S
		UNA-6	7	11	7	7	7	9	12	60	8.57142857	0.659340659	98.36065574	S
		C99-752	7	10	9	10	9	12	4	61	8.71428571	0.67032967	100	S
		SERRANITA	8	4	5	2	4	8	10	41	5.85714286	0.450549451	67.21311475	S
393280.83		4	8	12	9	10	9	10	62	8.85714286	0.681318681	101.6393443	S	
RENACIMIENTO	6	11	10	9	8	8	9	61	8.71428571	0.67032967	100	S		

Fuente: elaboración propia.

S = Susceptible. cPf = Población final de quistes. cPi = Población inicial de quistes

Tabla 3.5. Análisis de variancia para el índice de susceptibilidad frente a clon susceptible. Ayacucho, 2007

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado	
Ambiente (A)	1	97206.03	97206.03	73.35	**
Repetición (Ambiente)	12	10441.76	870.15	0.66	
Clon de Papa (C)	11	32554.82	2959.53	2.23	*
Raza de Globodera (G)	1	15675.67	15675.67	11.83	**
A x C	11	46310.58	4210.05	3.18	**
A x G	1	44966.57	44966.57	33.93	**
C x G	11	23576.94	2143.36	1.62	
A x C x G	11	12137.60	1103.42	0.83	
Error	276	365762.51	1325.23		
Total	335				

Fuente: Elaboración propia.

CV (%) = 32.23

Promedio = 112.96

La **tabla 3.5** del análisis de variancia para el índice de susceptibilidad frente a clon control susceptible nos muestra significación estadística para los efectos principales de ambientes, clon de papa y raza de la Globodera, entre las interacciones significativas tenemos a la interacción ambiente x clones de papa y ambiente x raza de Globodera.

El coeficiente de variación de 32.23 % nos explica la fuerte variación que existe debido a que los clones en prueba no responden de una misma manera en todas las repeticiones en relación al clon control susceptible, debido a que algunos tubérculos no tienen la misma respuesta frente al ataque de Globodera; asimismo las razas de Globodera no responden de la misma forma en todas las repeticiones debido a la diversidad de clones con diferentes grados de mecanismos de resistencia, que impiden el desarrollo homogéneo del parásito en las plantas.

Tabla 3.6. Prueba de tukey del índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para el efecto principal de ambiente y raza de *Globodera*. Ayacucho, 2007

Factor	Nivel	Promedio (%)	Tukey (0.05)
Ambiente	Laboratorio	129.97	a
	Invernadero	95.95	b
Raza de <i>Globodera</i>	P5A	119.79	a
	P4A	106.13	b

Fuente: Elaboración propia.

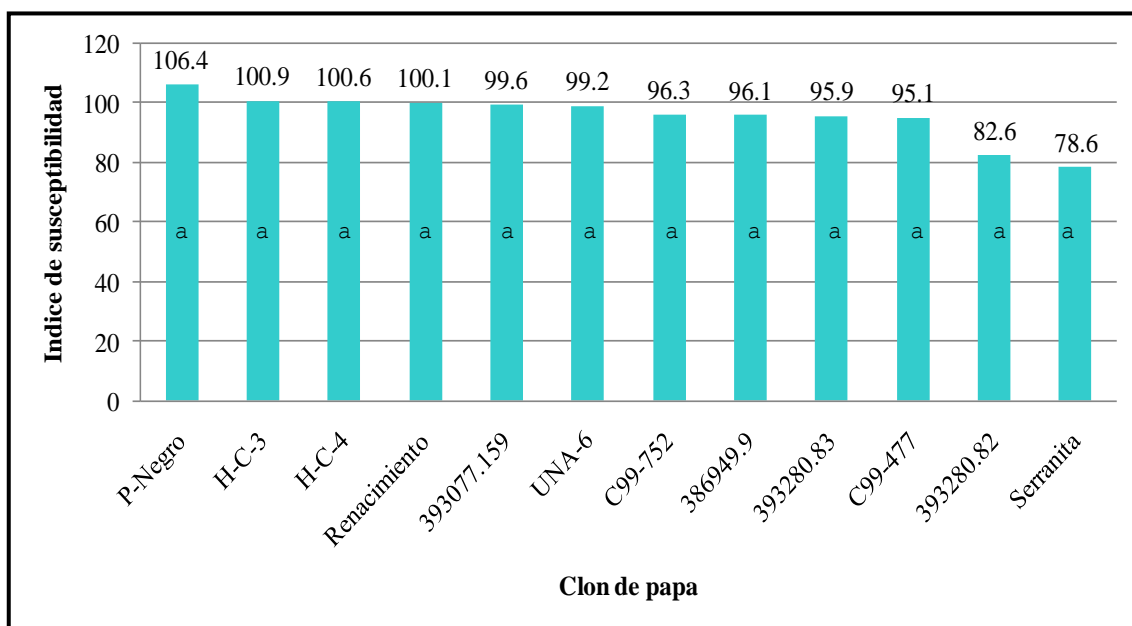
La **tabla 3.6** muestra que el índice de susceptibilidad de clones en prueba frente al clon control susceptible es significativamente mayor en condiciones de laboratorio (129.97%) que en invernadero (95.95). De la misma manera las razas P5A y P4A de *Globodera pallida* generan susceptibilidad en los clones de papa con valores de 119.79 y 106.13 respectivamente.

Las diferencias expresadas en el cuadro se debe a que el crecimiento y desarrollo de las variedades y clones de papa en condiciones de laboratorio e invernadero no se presentan de manera homogénea en las diferentes repeticiones, además, el grado de resistencia, susceptibilidad y tolerancia en los diferentes clones es variable; a ello se debe agregar el grado de patogenicidad de *Globodera pallida* razas P4A y P5A sobre los clones.

Según **(Franco et al., 1993)**, la relación entre la planta de papa y los nemátodos del quiste está gobernada por la resistencia, tolerancia y susceptibilidad que posee la variedad de papa, y el grado de patogenicidad del nemátodo. Esta relación puede ser alterada por factores ambientales y otras condiciones de crecimiento.

(Franco et al., 1990) explica que la resistencia al nemátodo del quiste en una planta de papa puede deberse a la expresión de diversos mecanismos que impidan su desarrollo y multiplicación. Sin embargo el mecanismo más conocido es aquel en que una vez que las raíces de las plantas de papa son invadidas por los segundos estados juveniles del nemátodo, éstos no continúan su desarrollo debido a que no ocurre una respuesta compatible en el interior de las raíces (sincitios), que les permita alimentarse apropiadamente una vez que alcancen su estado sedentario (J3); y por lo tanto mueren o, en su mayoría, pasan a su estado de adulto como machos. Es importante indicar que tanto

las plantas resistentes como las susceptibles son igualmente invadidas por los nemátodos y en consecuencia ambas sufren pérdidas en el rendimiento debido al daño causado por la penetración de los segundos estados juveniles. Así mismo, estas pérdidas estarán en relación directa con densidad de nemátodos presentes en el suelo y la capacidad de la planta de papa para tolerar este daño de invasión.



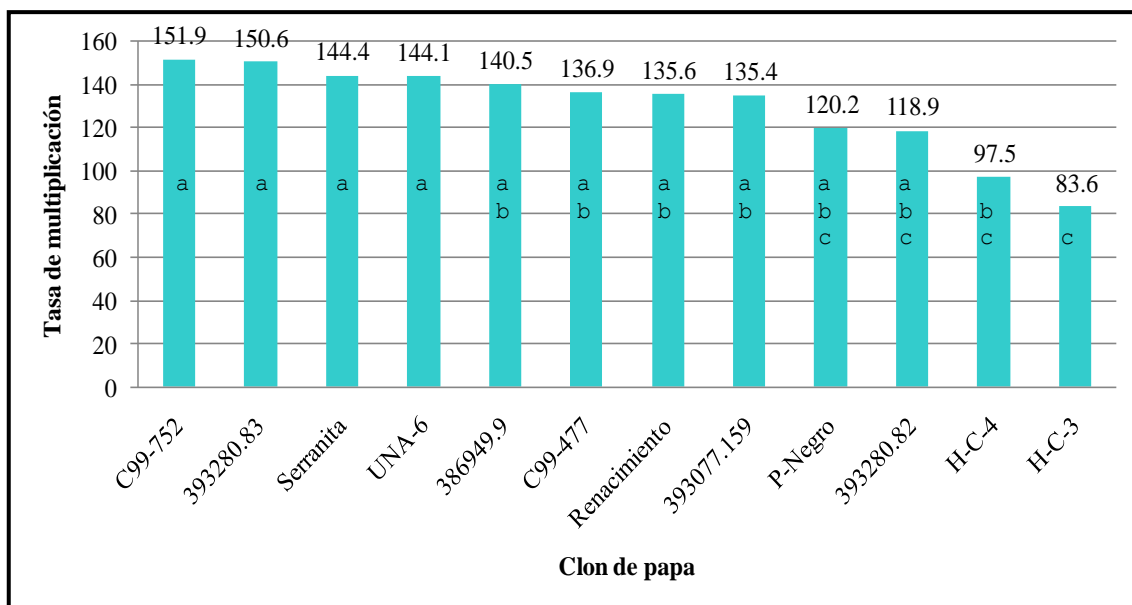
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.1. Prueba de tukey del índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para clones de papa en invernadero. Ayacucho, 2007

El índice de susceptibilidad de clones en prueba frente al clon susceptible en condiciones de invernadero no se diferencia significativamente (**figura 3.1**).

Al respecto, **(Franco et al., 1993)** manifiesta que la relación entre la planta de papa y los nemátodos del quiste, está gobernada por la resistencia y tolerancia que posee la variedad de papa; y la patogenicidad del nemátodo.

Esta relación puede ser alterada por factores ambientales, tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2. Prueba de tukey del índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para clones de papa en laboratorio. Ayacucho, 2007

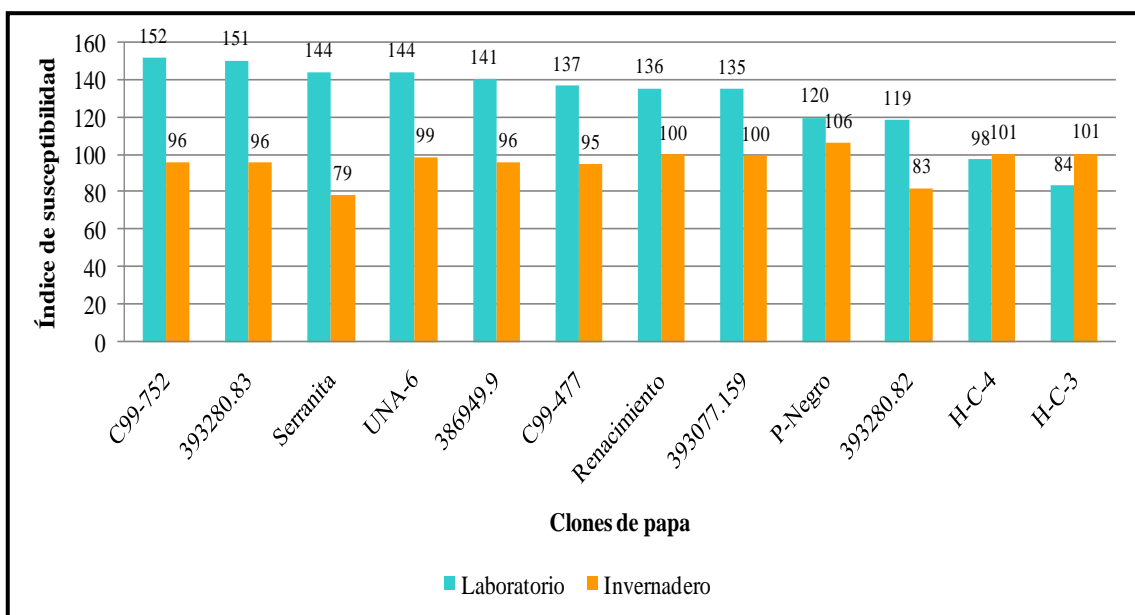
En condiciones de laboratorio si existe diferencia significativa en cuanto se refiere al índice de susceptibilidad de clones en prueba frente al clon control susceptible (**figura 3.2**); así, los clones con mayor susceptibilidad fueron C99-752, 393280.83, Serranita, UNA-6, 386949.9, C99-477, 393077.159, P-Negro y 393280.82; mientras que los clones H-C-4 y H-C-3 resultaron ser menos susceptibles, con 97.5% y 83.6% respectivamente.

(Huamaní, P. 2004) al reportar los resultados de la evaluación de resistencia y rendimiento de quince clones y variedades de *Globodera spp* en invernadero no tomó en consideración a la variedad susceptible como testigo del experimento; sin embargo se aprecia que la variedad Revolución (variedad susceptible tomado como testigo en los diferentes trabajos de investigación) es menos susceptible en comparación a 04 variedades en estudio; esto nos indica que las distintas variedades y clones de papa tienen diferentes grados de resistencia, susceptibilidad y tolerancia a *Globodera spp*.

La evaluación se realizó con clones y variedades diferentes a las utilizadas en el presente trabajo de investigación, además de utilizar como inóculo a *Globodera pallida* como especie, sin considerar razas, razones por la que no se pueden realizar comparaciones.

(Ramos, R. 2001) al realizar la evaluación de resistencia y tolerancia de variedades y clones de papa al ataque del nemátodo quiste de la papa *Globodera spp* en Chontaca con un total de 16 accesiones, utilizó dos variedades (Tomasita y Revolución) susceptibles como testigos del experimento, resultando la variedad Tomasita menos susceptible que 04 variedades y 02 clones, en tanto que la variedad Revolución se comportó como la más susceptible frente a todas las variedades y clones de papa.

El experimento se realizó con clones y variedades diferentes a las empleadas en el presente trabajo de investigación, por lo tanto con diferentes grados de respuesta frente al ataque de *Globodera spp.*; además se utilizó como inóculo a *Globodera* como especie, independientemente de las razas, del mismo modo los factores medio ambientales y las condiciones donde se llevaron a cabo los experimentos son diferentes, razones por la que no se pueden realizar comparaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3. Índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para la interacción de clones de papa x ambiente. Ayacucho, 2007

El índice de susceptibilidad frente al clon susceptible, para la interacción de clones de papa x ambiente, la **figura 3.3** muestra a 09 clones de papa (C99-752, 393280.83, Serranita, UNA-6, 386949.9, C99-477, 393077.159, P-Negro y 393280.82) con marcada susceptibilidad; y a los clones H-C-4 y H-C-3 con menor grado de susceptibilidad frente al ataque de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en condiciones de laboratorio.

Mientras que en condiciones de invernadero, 07 clones de papa (C99-752, 393280.83, Serranita, UNA-6, 386949.9, C99-477, y 393280.82) resultaron ser menos susceptibles y 04 clones (393077.159, P-Negro, H-C-4 y H-C-3) con mayor grado de susceptibilidad al inóculo de las 02 razas de *Globodera pallida*; el hecho de que algunos clones expresen mayor susceptibilidad en laboratorio y otros en invernadero representa dicha interacción.

Tabla 3.7. Prueba de tukey del índice de susceptibilidad frente a clon tolerante, para los efectos de interacción de ambiente x raza de *Globodera*. Ayacucho, 2007

Efecto	Nivel	Promedio (%)	Tukey (0.05)
Ambiente en Raza	Laboratorio en P5A	148.37	a
	Invernadero en P5A	91.21	b
Ambiente en Raza	Laboratorio en P4A	111.57	a
	Invernadero en P4A	100.69	a
Raza en Ambiente	P5A en Laboratorio	148.37	a
	P4A en Laboratorio	111.57	b
Raza en Ambiente	P4A en Invernadero	100.69	a
	P5A en Invernadero	91.21	a

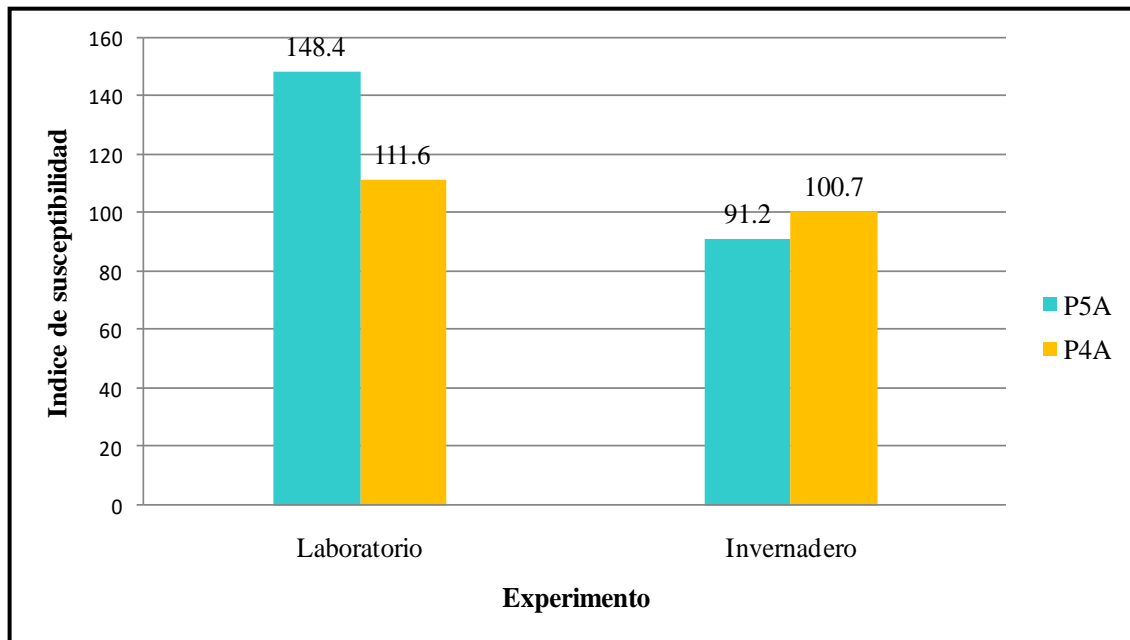
Fuente: Elaboración propia.

La **tabla 3.7** muestra el índice de susceptibilidad de clones en prueba frente al clon susceptible para los efectos de interacción de ambiente x raza de *Globodera*, siendo la raza P5A significativamente mayor en condiciones de laboratorio, (148.37%) en relación a la raza P4A (111.57%); generando por lo tanto susceptibilidad en los clones de papa en ambos casos; mientras que en condiciones de invernadero la raza P4A es significativamente mayor (100.69%), originando por lo tanto mayor grado de susceptibilidad en los clones de papa respecto a la raza P5A (91.21%), representando menor grado de susceptibilidad en los clones.

Las diferencias mostradas se debe a la influencia de temperatura en los dos ambientes donde se realizó el experimento, además del grado de patogenicidad del nemátodo sobre su hospedero y el grado de resistencia, tolerancia y susceptibilidad de los clones de papa frente al ataque de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A. Entonces, se puede inferir que los clones de papa en condiciones de laboratorio presentan mayor grado de susceptibilidad al ataque de *Globodera pallida* raza P5A, mientras que en condiciones de

invernadero son menos susceptibles al ataque de *Globodera pallida* raza P4A; finalmente (Franco et al., 1993), manifiesta que los clones de papa presentan resistencia específica para cada raza de *Globodera pallida*.

Se ha determinado que la resistencia contra la raza P4A no es efectiva contra la raza P5A debido a que la resistencia para cada raza se hereda independientemente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.4. Índice de susceptibilidad frente a clon susceptible, para la interacción de raza de *Globodera* x ambiente. Ayacucho, 2007

En la **figura 3.4** se puede apreciar que la interacción raza de *Globodera* x ambiente, bajo condiciones de laboratorio, las razas P5A y P4A de *Globodera pallida* ocasionan mayor grado de susceptibilidad en clones de papa con valores de 148.4% y 111.6% respectivamente; mientras que en condiciones de invernadero la raza P5A genera menor grado de susceptibilidad en clones de papa, con un valor de 91.2% frente a la raza P4A (100.7%) que provoca mayor susceptibilidad en los clones en estudio; el hecho de que las razas de *Globodera pallida* expresen mayor índice de susceptibilidad en laboratorio y la raza P4A en invernadero representa dicha interacción.

3.3. TASA DE MULTIPLICACIÓN DE *Globodera pallida* EN CONDICIONES DE LABORATORIO E INVERNADERO

3.3.1. Tasa de multiplicación de *Globodera pallida* en condiciones de laboratorio

La **tabla 3.8** nos muestra los resultados sobre la tasa de multiplicación de *Globodera pallida* razas P4A y P5A en 12 clones de papa en condiciones de laboratorio, resultando resistentes la totalidad de clones, incluyendo la variedad control.

De los 12 clones de papa evaluados, H-C-4 y H-C-3 se diferencian claramente con relación al resto, con una tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*, raza P4A de 0.380952381 y 0.345238095 respectivamente; seguido de los clones 393280.82 con una tasa de multiplicación de 0.428571429 y P-NEGRO con 0.488095238 quistes en promedio.

Para el caso de *Globodera pallida*, raza P5A, los clones que tuvieron mejores respuestas fueron H-C-4 y H-C-3 con una tasa de multiplicación de 0.494505459 y 0.406593407 quistes.

No obstante que todos los clones de papa resultaron ser resistentes a *Globodera pallida*, razas P4A y P5A, se puede evidenciar que los clones H-C-4 y H-C-3 presentan mayor resistencia a las dos razas del parásito en condiciones de laboratorio.

La resistencia está determinada por la relación entre la densidad de población de los nemátodos antes de la siembra y su densidad de población final, cuando termina la temporada de cultivo.

(Franco et al., 1990), describe que el grado de resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes.

Asimismo, se puede inferir que los mecanismos de resistencia de los clones de papa en estudio, pueden deberse a los siguientes factores:

- Falta de estimulación de los clones de papa para la emergencia del segundo estado juvenil de las razas P4A y P5A de *Globodera pallida*, reduciendo por lo tanto su emergencia.

- La restricción del desarrollo de los sincitios (o células de transferencia) de los cuales toman las hembras su alimento, rompiéndose por lo tanto el ciclo biológico del parásito.
- Los clones de papa en estudio presentan genes que proporcionan resistencia directa ante los genes que determinan la virulencia de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A, por lo que los hospederos evaden o toleran la infección causada por los patógenos.

Tabla 3.8. Tasa de multiplicación de *Globodera pallida* razas P4A y P5A en 12 clones de papa en condiciones de laboratorio. Ayacucho, 2007

Bloque	Razas	Clones/Varietades	Número de hembras de <i>Globodera</i> por repeticiones							N° total de hembras de <i>Globodera</i>	Promedio	Tasa de Multiplicación de Nemátodos TMN (cPf/cPi)	Reacción
			I	II	III	IV	V	VI	VII				
I	P4A	H-C-4	4	8	3	3	4	7	3	32	4.57142857	0.380952381	Resistente
		H-C-3	2	5	3	5	4	5	5	29	4.14285714	0.345238095	Resistente
		393280.82	5	3	10	7	3	2	6	36	5.14285714	0.428571429	Resistente
		393077.159	6	8	5	5	6	3	9	42	6	0.5	Resistente
		P-NEGRO	10	4	2	7	8	7	3	41	5.85714286	0.488095238	Resistente
		386549.9	7	9	7	5	5	7	6	46	6.57142857	0.547619048	Resistente
		C99-477	6	7	7	8	7	10	6	51	7.28571429	0.607142857	Resistente
		UNA-6	7	7	6	4	8	5	5	42	6	0.5	Resistente
		C99-752	4	7	8	9	7	9	5	49	7	0.583333333	Resistente
		SERRANITA	9	7	3	6	8	8	10	51	7.28571429	0.607142857	Resistente
		393280.83	7	6	9	6	8	9	4	49	7	0.583333333	Resistente
	RENACIMIENTO	10	7	10	5	6	8	7	53	7.57142857	0.630952381	Resistente	
	P5A	H-C-4	4	7	5	11	8	2	8	45	6.42857143	0.494505495	Resistente
		H-C-3	2	10	7	4	5	5	4	37	5.28571429	0.406593407	Resistente
		393280.82	6	12	9	13	3	6	9	58	8.28571429	0.637362637	Resistente
		393077.159	11	5	11	14	11	7	6	65	9.28571429	0.714285714	Resistente
		P-NEGRO	10	6	8	11	3	10	6	54	7.71428571	0.593406593	Resistente
		386549.9	9	11	9	10	6	12	8	65	9.28571429	0.714285714	Resistente
		C99-477	12	4	6	7	7	13	8	57	8.14285714	0.626373626	Resistente
		UNA-6	10	10	11	11	9	10	11	72	10.2857143	0.791208791	Resistente
		C99-752	12	7	11	6	9	13	13	71	10.1428571	0.78021978	Resistente
		SERRANITA	14	5	7	7	13	12	5	63	9	0.692307692	Resistente
393280.83		9	11	10	10	10	8	12	70	10	0.769230769	Resistente	
RENACIMIENTO	5	10	11	8	6	8	6	54	7.71428571	0.593406593	Resistente		

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Tasa de multiplicación de *Globodera pallida* en condiciones de invernadero

La **tabla 3.9** nos ilustra los resultados de la tasa de multiplicación de *Globodera pallida* razas P4A y P5A en 12 clones de papa en condiciones de invernadero, resultando resistentes la totalidad de clones, incluyendo la variedad susceptible (Renacimiento); cuya condición se explicó en el anterior cuadro, las posibles causas de la resistencia adquirida en el presente trabajo de investigación.

De los 12 clones de papa evaluados, el clon 393280.82 se diferencia marcadamente con relación a los demás clones en estudio, con una tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*, raza P4A de 0.30952381; seguido de los clones Serranita (0.416666667), C99-752 (0.428671429), 393280.83 (0.44047619), UNA-6 (0.464285714), 386549.9 (0.464285714) y P-NEGRO (0.476190476).

Los clones que tuvieron mejores respuestas a *Globodera pallida*, raza PA5 fueron Serranita y C99-477 con 0.450549451 y 0.483516484 respectivamente.

Todos los clones de papa resultaron ser resistentes a *Globodera pallida*, razas P4A y P5A, con diferentes grados de respuestas, siendo los ya mencionados ligeramente más resistentes a las dos razas en condiciones de invernadero.

(Franco et al., 1990), describe que la resistencia del nemátodo del quiste en una planta de papa puede deberse a la expresión de diversos mecanismos que impidan su desarrollo y multiplicación. Sin embargo, el mecanismo más conocido es aquel en que una vez que las raíces de la plantas de papa son invadidas por los segundos estados juveniles del nemátodo, éstos no continúan su desarrollo debido a que no ocurre una respuesta compatible en el interior de las raíces (sincitios), que les permita alimentarse apropiadamente una vez que alcancen su estado sedentario (J3); y por lo tanto mueren o, en su mayoría, pasan a su estado de adulto como machos.

(Montt, R. 1993), mencionado por **(Ramos, R. 2001)** define que las plantas son resistentes a ciertos patógenos debido a que pertenecen a grupos taxonómicos que son inmunes por tener genes que proporcionan resistencia directa ante los genes que determinan la virulencia del patógeno en particular, por lo que los hospederos evaden o toleran la infección causada por los patógenos.

La resistencia a las enfermedades que son controladas genéticamente por la presencia de uno o varios genes se conoce como resistencia verdadera; en este caso la resistencia está gobernada por factores genéticos que tienen influencia en los procesos fisiológicos del hospedero.

Tabla 3.9. Tasa de multiplicación de *Globodera pallida* razas P4A y P5A en 12 clones de papa en condiciones de invernadero. Ayacucho, 2007

Bloque	Razas	Clones/Varietades	Número de hembras de <i>Globodera</i> por repeticiones							N° total de hembras de <i>Globodera</i>	Promedio	Tasa de Multiplicación de Nemátodos TMN (cPf/cPi)	Reacción
			I	II	III	IV	V	VI	VII				
II	P4A	H-C-4	6	5	7	5	9	7	3	42	6	0.5	Resistente
		H-C-3	8	5	4	7	8	6	6	44	6.28571429	0.523809524	Resistente
		393280.82	5	2	2	8	2	4	3	26	3.71428571	0.30952381	Resistente
		393077.159	5	5	12	5	6	7	7	47	6.71428571	0.55952381	Resistente
		P-NEGRO	3	8	6	7	3	6	7	40	5.71428571	0.476190476	Resistente
		386549.9	6	6	4	7	8	4	4	39	5.57142857	0.464285714	Resistente
		C99-477	5	5	5	7	8	8	8	46	6.57142857	0.547619048	Resistente
		UNA-6	6	4	8	5	5	8	3	39	5.57142857	0.464285714	Resistente
		C99-752	5	5	4	5	6	5	6	36	5.14285714	0.428571429	Resistente
		SERRANITA	5	5	6	4	4	10	1	35	5	0.416666667	Resistente
		393280.83	6	5	6	6	4	5	5	37	5.28571429	0.44047619	Resistente
	RENACIMIENTO	5	6	5	6	6	5	6	39	5.57142857	0.464285714	Resistente	
	P5A	H-C-4	7	11	7	6	9	9	8	57	8.14285714	0.626373626	Resistente
		H-C-3	7	9	6	8	8	10	6	54	7.71428571	0.593406593	Resistente
		393280.82	7	9	10	9	8	10	7	60	8.57142857	0.659340659	Resistente
		393077.159	5	8	5	10	5	8	7	48	6.85714286	0.527472527	Resistente
		P-NEGRO	11	10	12	8	7	9	10	67	9.57142857	0.736263736	Resistente
		386549.9	7	8	7	8	10	10	6	56	8	0.615384615	Resistente
		C99-477	10	7	6	7	8	1	5	44	6.28571429	0.483516484	Resistente
		UNA-6	7	11	7	7	7	9	12	60	8.57142857	0.659340659	Resistente
		C99-752	7	10	9	10	9	12	4	61	8.71428571	0.67032967	Resistente
		SERRANITA	8	4	5	2	4	8	10	41	5.85714286	0.450549451	Resistente
393280.83		4	8	12	9	10	9	10	62	8.85714286	0.681318681	Resistente	
RENACIMIENTO	6	11	10	9	8	8	9	61	8.71428571	0.67032967	Resistente		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.10. Análisis de variancia para la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*. Ayacucho, 2007

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado
Ambiente (A)	1	0.1656	0.1656	5.41 *
Repetición (Ambiente)	12	0.2587	0.0216	0.70
Clon de Papa (C)	11	0.6899	0.0627	2.05 *
Raza de Globodera (G)	1	1.6492	1.6492	53.90 **
A x C	11	1.0103	0.0918	3.00 **
A x G	1	0.0024	0.0024	0.08
C x G	11	0.6005	0.0546	1.78
A x C x G	11	0.3222	0.0293	0.96
Error	276	8.4514	0.0306	
Total	335			

Fuente: Elaboración propia.

CV (%) = 31.14

Promedio = 0.56

La **tabla 3.10** del análisis de variancia de la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida* nos muestra significación estadística para los efectos principales de ambiente, clon de papa y raza de Globodera; observándose que entre las diferentes interacciones, solo es significativa la interacción ambiente x clones de papa.

El coeficiente de variación de 31.14 % representa una fuerte variación, debido a que los clones no responden de una misma manera en todas las repeticiones, algunos tubérculos no tienen el mismo crecimiento, desarrollo, grado de resistencia, susceptibilidad y tolerancia frente al ataque de las razas de *Globodera pallida*, además de la patogenicidad del parásito; razón por la cual, la multiplicación de quistes no prospera homogéneamente en todos los tubérculos.

Existen muchos factores que intervienen en tasa de multiplicación, entre los que destacan la diferencia genética entre los hospederos y la diferencia genética y edad fisiológica entre las poblaciones del NPQ.

Con respecto a la diferencia genética entre los hospederos **(Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1990)** citado por **(Ramos, R. 2001)** mencionan que las diferencias genéticas de los hospederos determinan desigual comportamiento entre los cultivares de papa que hacen posible el desarrollo de estos en forma independiente. La influencia de los hospederos resistentes en la tasa de multiplicación está relacionada a la falta de desarrollo del segundo estadio juvenil (J2) después de penetrar a la raíz lo que ocurre es que al momento de formarse el sincitio hay una reacción de hipersensibilidad que conlleva a una completa vacuolación y necrosis de las células involucradas en la formación del sincitio.

Con respecto a la diferencia genética del NPQ **(Franco, J. Gonzales, A. y Matos, A. 1993)** citado por **(Ramos, R. 2001)** mencionan que todos los individuos de un patotipo tienen un gen o un grupo de genes para la virulencia, los cuales son comunes para todo los individuos que integran este patotipo, pero diferentes a individuos de otro patotipo.

(Huamaní, P. 2004) realizó la evaluación de resistencia y rendimiento de quince clones y variedades de papa a *Globodera spp* en condiciones de invernadero; resultando resistentes los clones G9131.32 y G89075.2 con una tasa de multiplicación de 0.830 y 0.897 respectivamente; 04 clones parcialmente resistentes y 01 clon susceptible; respecto a las variedades, canchan resultó como resistente, con una tasa de multiplicación de 1.045; 03 variedades se comportaron como parcialmente resistentes y 04 variedades como susceptibles.

La evaluación se realizó con clones y variedades diferentes a las empleadas en el presente trabajo de investigación; además de utilizar como inóculo a *Globodera pallida* como especie, sin considerar razas, razones por la que no se pueden realizar comparaciones.

(Franco et al., 1990) manifiesta que la resistencia al nemátodo quiste de la papa se define como la capacidad o el atributo de una planta de papa de impedir en forma total o parcial la multiplicación del nemátodo. Como resultado de esta acción, las poblaciones iniciales de nemátodos, es decir, las que se encuentran en el suelo antes de un cultivo de papa disminuirán o no se incrementarán en forma tan intensa como luego de emplearse una planta susceptible.

(Ramos, R. 2001) realizó la evaluación de resistencia y tolerancia de variedades y clones de papa al ataque del nemátodo quiste de la papa *Globodera spp* en Chontaca; empleando

para ello un total de 16 accesiones entre clones y variedades, resultando solo el clon G91312.32 resistente a *Globodera spp* con una tasa de multiplicación de 0.60.

La evaluación se realizó con clones y variedades diferentes a las empleadas en el presente trabajo de investigación, además de utilizar como inóculo a *Globodera* como especie, sin considerar razas, asimismo los factores medio ambientales y las condiciones donde se llevaron a cabo los experimentos difieren considerablemente.

(Franco et al., 1993) expresa que la relación entre la planta de papa y los nemátodos del quiste, están gobernados por la resistencia y tolerancia de la variedad de papa; y la patogenicidad del nemátodo.

Esta relación puede ser alterada por factores ambientales, tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento.

(Franco et al., 1990) reportan la tasa de multiplicación de *Globodera pallida* frente a 05 clones de papa en macetas bajo condiciones de temperatura constante, controlada en invernadero, resultando el clon CIP-702535 resistente por tener la menor tasa de multiplicación (0.88), seguido por CIP-702698 (1.25) parcialmente resistente, en tanto que los clones Renacimiento, Revolución y Mariva resultaron ser susceptibles.

Cabe mencionar que los clones con resistencia y mediana resistencia fueron seleccionados de una primera prueba, en el que mostraron ciertas condiciones de resistencia, verificándose posteriormente tales condiciones en una segunda prueba.

En el presente trabajo de investigación se realizó solo una prueba en condiciones de invernadero con clones diferentes a los utilizados por Franco, J. y Colaboradores, excepto Renacimiento que resultó ser resistente; a ello se debe adicionar que la temperatura del ambiente (invernadero) no fue constante, existiendo variaciones de acuerdo a los cambios climáticos.

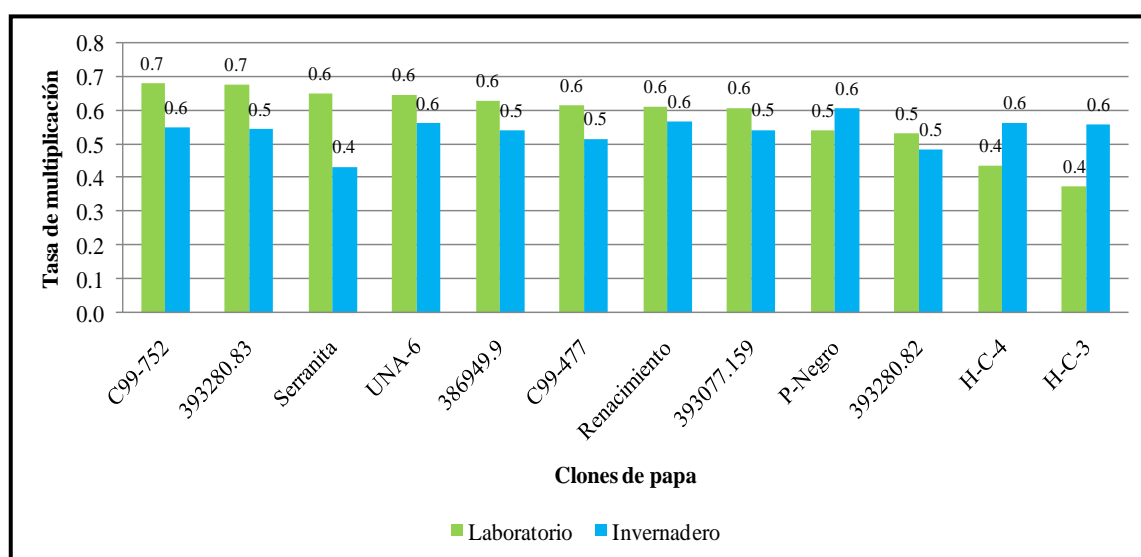
Tabla 3.11. Prueba de tukey de la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*, para el efecto principal de ambiente y raza de *Globodera*. Ayacucho, 2007

Factor	Nivel	Promedio	Tukey (0.05)
Ambiente	Laboratorio	0.58	a
	Invernadero	0.54	b
Raza de <i>Globodera</i>	P5A	0.63	a
	P4A	0.49	b

Fuente: Elaboración propia.

La **tabla 3.11** muestra que la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida* es estadísticamente mayor en condiciones de laboratorio (0.58) que en invernadero (0.54). De la misma manera la raza P5A tiene la mayor tasa de multiplicación de quistes (0.63) en relación a la raza P4A (0.49). Estas diferencias se deben a los factores que afectan al substrato; entre los que resaltan, la temperatura, humedad, aireación y química del suelo que son determinantes en el incremento o disminución de la tasa de multiplicación de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A.

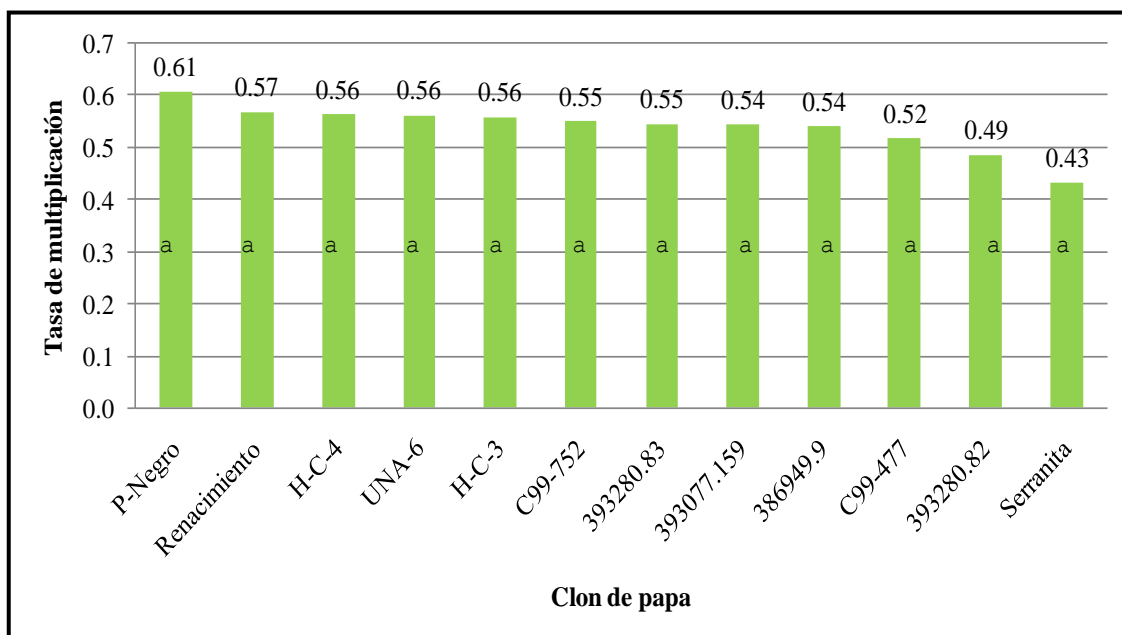
(Franco et al., 1990) refiere que la tasa de multiplicación de *Globodera pallida* está determinada por el grado de resistencia de la planta de papa, el cual puede contribuir a la multiplicación o disminución de los nemátodos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5. Tasa de multiplicación de *Globodera pallida*, para la interacción de clones de papa x ambiente. Ayacucho, 2007

La interacción de clones de papa x ambiente se aprecia en la **figura 3.5**, 10 clones (C99-752, 393280.83, Serranita, UNA-6, 386949.9, C99-477, Renacimiento, 39077.159, P-Negro y 393280.82) expresaron mayor número de quistes, en tanto que los clones H-C-4 y H-C-3 resultaron con menor número de quistes de *Globodera pallida* en condiciones de laboratorio; mientras que 11 clones (C99-752, 393280.83, UNA-6, 386949.9, C99-477, Renacimiento, 393077.159, P-Negro, 393280.82, H-C-4 y H-C-3) expresaron mayor número de quistes, entre tanto la variedad Serranita mostró reducido número de quistes de *Globodera pallida* en condiciones de invernadero; el hecho de que algunos clones expresen mayor infección (mayor número de quistes) en laboratorio y otros en invernadero representa dicha interacción.



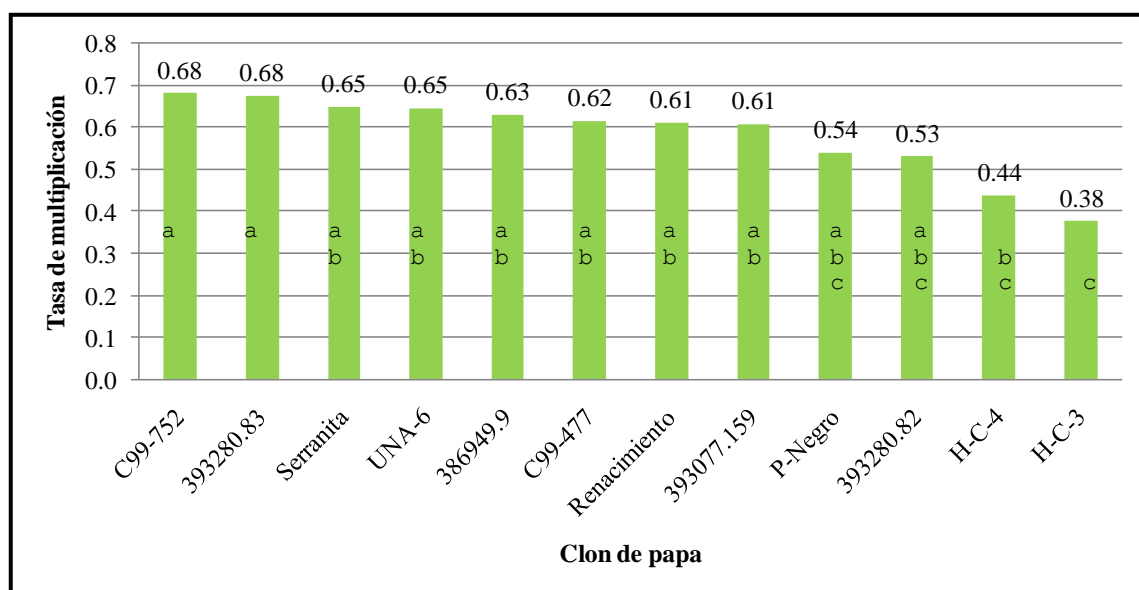
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6. Prueba de tukey de la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*, para clones de papa en invernadero. Ayacucho, 2007

La tasa de multiplicación de quistes de *Globodera* entre los clones de papa en invernadero no se diferencian significativamente (**figura 3.6**)

(Franco et al., 1993) revela que la relación entre la planta de papa y los nemátodos del quiste, están gobernados por la resistencia y tolerancia de la variedad de papa; y la patogenicidad del nemátodo.

Esta relación puede ser alterada por factores ambientales, tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.7. Prueba de tukey de la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*, para clones de papa en laboratorio. Ayacucho, 2007

En condiciones de laboratorio si existe diferencia significativa en la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida* entre clones de papa (**figura 3.7**), así, los clones con mayor número de quistes fueron C99-752 y 393280.83, con número de quistes intermedio 08 clones, sin diferencia significativa, entre los que se distinguen los clones Serranita (tolerante) y Renacimiento (susceptible), mientras que los clones con menor número de quistes fueron H-C-4 y H-C-3, con 0.44 y 0.38 quistes respectivamente.

3.4. NÚMERO DE QUISTES (POBLACIÓN FINAL) DE *Globodera pallida* EN CONDICIONES DE LABORATORIO E INVERNADERO

Tabla 3.12. Análisis de variancia para el número de quistes de *Globodera pallida*. Ayacucho, 2007

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado
Ambiente (A)	1	26.30	26.30	5.43 *
Repetición (Ambiente)	12	41.32	3.44	0.71
Clon de Papa (C)	11	109.89	9.99	2.06 *
Raza de <i>Globodera</i> (G)	1	448.05	448.05	92.57 **
A x C	11	159.99	14.54	3.01 **
A x G	1	0.19	0.19	0.04
C x G	11	96.38	8.76	1.81
A x C x G	11	52.24	4.75	0.98
Error	276	1336.68	4.84	
Total	335			

Fuente: Elaboración propia.

CV (%) = 31.20

Promedio = 7.05

La **tabla 3.12** del análisis de variancia del número de quistes de *Globodera pallida* nos muestra significación estadística para los efectos principales de ambiente, clon de papa y raza de *Globodera pallida*, resultando significativa solo la interacción ambiente x clones de papa; siendo el coeficiente de variación 31.20 %, el cual nos explica la fuerte variación debido a que los clones no responden de una misma manera en todas las repeticiones, algunos tubérculos no tienen el mismo crecimiento, desarrollo y grado de resistencia; de esta manera los quistes no prosperan homogéneamente en todos los tubérculos.

(Franco et al., 1990) explica que según su grado de resistencia, una planta de papa puede contribuir a la multiplicación o disminución de los nemátodos.

Tabla 3.13. Prueba de tukey del número de quistes de *Globodera pallida*, para el efecto principal de ambiente y raza de Globodera. Ayacucho, 2007

Factor	Nivel	Promedio	Tukey (0.05)
Ambiente	Laboratorio	7.33	a
	Invernadero	6.77	b
Raza de Globodera	P5A	8.21	a
	P4A	5.90	b

Fuente: Elaboración propia.

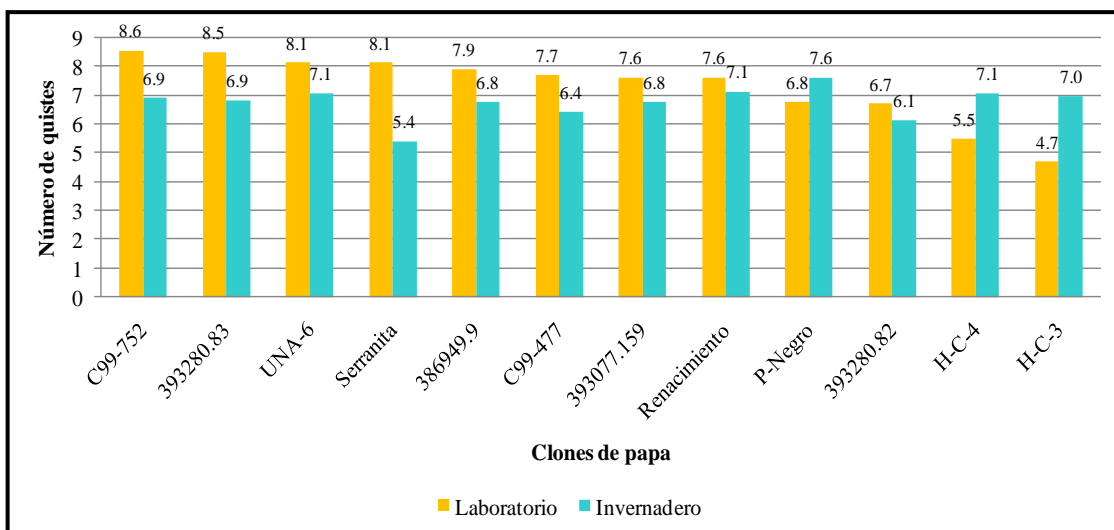
La **tabla 3.13** muestra que el número de quistes de *Globodera* es significativamente mayor en condiciones de laboratorio (7.33) que en invernadero (6.77). De la misma manera la raza P5A de *Globodera pallida* tiene el mayor número de quistes (8.21) que la raza P4A (5.90).

Estas diferencias se deben posiblemente a la influencia del factor temperatura en los dos ambientes donde se llevaron a cabo los experimentos, siendo entonces un factor que influye en la inhibición o rápida multiplicación de las razas de *Globodera pallida*.

(Franco et al., 1993) refiere que la temperatura óptima de desarrollo del NQP es de 10 a 30°C. Sin embargo se puede determinar algunas variaciones en su biología dentro de este rango. *Globodera pallida* es sensitiva a temperaturas altas y se multiplica rápidamente de 13 a 14°C.

Jatala (1986) y la National Academy (1989), citado por (Esprella, R., Hervé, D. y Franco, J. 1994), señalan que la temperatura de suelo óptima para la actividad del nemátodo está entre 15 y 30°C y se encuentra inactivo a temperaturas entre 5 a 15°C.

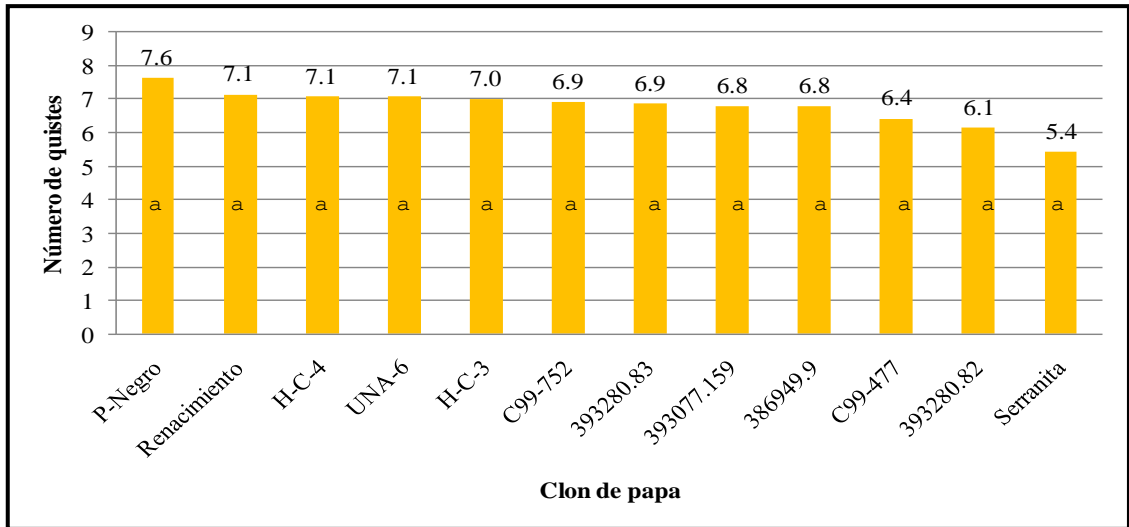
(Franco et al., 1993) manifiesta que las razas denominadas P5A y P4A de *Globodera pallida* son consideradas las más agresivas dentro de las poblaciones de nemátodos quiste de la papa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.8. Número de quistes de *Globodera pallida*, para la interacción de clones de papa x ambiente. Ayacucho, 2007

La interacción de clones de papa x ambiente en la **figura 3.8** se puede apreciar que 09 clones (C99-752, 393280.83, UNA-6, Serranita, 386949.9, C99-477, 39077.159, Renacimiento y 393280.82) expresan mayor número de quistes de *Globodera pallida* en condiciones de laboratorio, mientras que 05 clones (P-Negro, UNA-6, Renacimiento, H-C-4 y H-C-3) expresan mayor número de quistes de *Globodera pallida* en condiciones de invernadero; el hecho de que algunos clones expresen mayor infección (mayor número de quistes) en laboratorio y otros en invernadero representa dicha interacción.



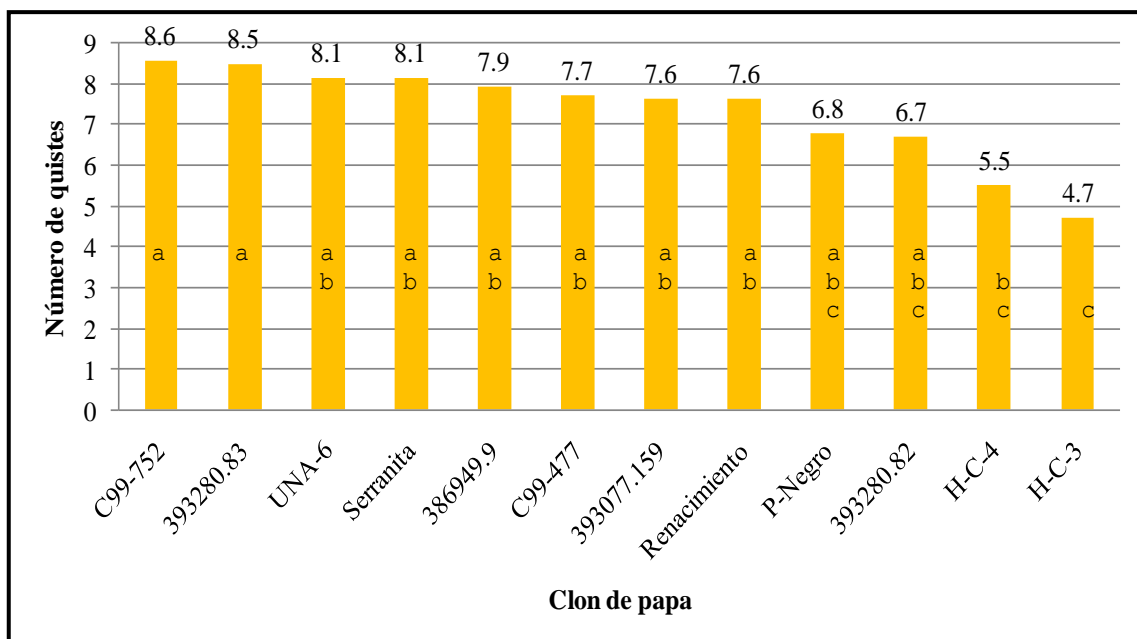
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9. Prueba de tukey del número de quistes de *Globodera pallida*, para clones de papa en invernadero. Ayacucho, 2007

En la **figura 3.9** se puede observar que el número de quistes de *Globodera pallida* entre los clones de papa en invernadero no se diferencian significativamente.

(Franco et al., 1990) refiere que la tasa de multiplicación de *Globodera pallida* está determinada por el grado de resistencia de la planta de papa, el cual puede contribuir a la multiplicación o disminución de los nemátodos.

(Franco et al., 1993) expresa que la temperatura óptima de desarrollo del NQP es de 10 a 30°C. Sin embargo se puede determinar algunas variaciones en su biología dentro de este rango. *Globodera pallida* es sensitiva a temperaturas altas y se multiplica rápidamente de 13 a 14°C.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.10. Prueba de tukey del número de quistes de *Globodera pallida*, para clones de papa en laboratorio. Ayacucho, 2007

En condiciones de laboratorio si existe diferencia significativa en el número de quistes de *Globodera pallida* entre clones de papa (**figura 3.10**), es así que los clones con mayor número de quistes fueron C99-752 y 393280.83; 08 clones con número de quistes intermedio sin diferencia significativa, entre los que se distinguen los clones Serranita (tolerante) y Renacimiento (susceptible); mientras que los clones con menor número de quistes fueron H-C-4 y H-C-3, con 5.5 y 4.7 respectivamente.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación nos permiten arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó la susceptibilidad de clones de papa en prueba frente a las razas P4A y P5A de *Globodera pallida*, en condiciones de laboratorio; el clon H-C-3 resultó tener menor grado de susceptibilidad a las dos razas del parásito, en tanto que los clones, H-C-4 y 393280.82 manifestaron menor grado de susceptibilidad a la raza P4A. En condiciones de invernadero, 01 clon de papa con el código 393280.82 respondió con menor grado de susceptibilidad a *Globodera pallida*, raza P4A; mientras que la variedad Serranita a la raza P5A respectivamente.
2. Se determinó la tasa de multiplicación de quistes de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A, siendo significativamente mayor en condiciones de laboratorio, con 0.58 quistes en promedio, frente a 0.54 quistes en condiciones de invernadero; asimismo, la raza P5A presentó la mayor tasa de multiplicación de quistes, con un promedio de 0.63 en comparación con la raza P4A con 0.49 quistes en promedio; resultando por lo tanto, todos los clones de papa en estudio resistentes en diferentes grados al parásito por tomar valores menores a la unidad de acuerdo a la tabla de la tasa de multiplicación del Centro Internacional de la Papa (CIP), el cual les confiere la condición antes mencionada. En condiciones de laboratorio los clones H-C-3 y H-C-4 resultaron con mayor grado de resistencia frente a la raza P4A; en condiciones de invernadero, el clon con el código 393280.82 resultó con mayor grado de resistencia frente a la raza P4A de *Globodera pallida*, quedando evidenciado que la raza P5A presenta mayor nivel de patogenicidad frente a los clones de papa en estudio.
3. Los clones de papa en estudio resultaron ser susceptibles respecto a la variedad testigo (Renacimiento) frente al ataque de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en diferentes grados, bajo condiciones de laboratorio e invernadero; y resistentes en diferentes niveles de acuerdo a la tasa de multiplicación de las razas de los nemátodos en los dos ambientes en estudio.

4. La variación de la densidad poblacional de *Globodera pallida*, razas P4A y P5A en condiciones de laboratorio e invernadero está en función al grado de resistencia de los clones de papa en estudio, determinándose por la relación entre la densidad población inicial de los nemátodos antes de la siembra y su densidad de población final al culminar el período de cultivo.

RECOMENDACIONES

1. Seleccionar clones de papa que resultaron con cualidades de resistencia o menor grado de susceptibilidad en el presente trabajo de investigación, con la finalidad de realizar pruebas de verificación en invernadero y campo, que permitan confirmar su grado de resistencia a las razas P4A y P5A de *Globodera pallida*,
2. Realizar trabajos similares bajo las mismas condiciones, con nuevos clones de papa, que posibiliten descubrir resistencia a las razas de *Globodera pallida*, con el propósito de incrementar el número de clones con tales atributos para trabajos de mejoramiento genético.
3. Determinar el grado de patogenicidad de las razas P4A y P5A de *Globodera pallida*, con la intención de diagnosticar el nivel de daño que puedan causar en la producción de variedades y clones de papa.
4. Desarrollar trabajos de investigación para la identificación y captura del gen (o QTL's) de resistencia a *Globodera pallida*, utilizando marcadores moleculares del ADN genómico de la papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Asociación Latinoamericana de la papa, 2004.** Revista Latinoamericana de la Papa, Vol. 13, 148 pp.
2. **Agrios, G. 1996.** Fitopatología. Segunda edic. Edit. Limusa S.A., México. 756 pp.
3. **Canto, M. 1986.** Técnicas de Muestreo, Fijación y Algunos Métodos de Extracción de Nemátodos de Papa. Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima, 22 pp.
4. **Christinsen, J. 1967.** El Cultivo de la Papa en el Perú. Ed. Jurídica. Lima Perú.
5. **Crozzoli, R. 2002.** Especies de nemátodos fitoparasíticos en Venezuela. Interciencia, vol. 27, núm. 7 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. 354-364 pp.
6. **Egusquiza, R. 1984.** Botánica y Mejoramiento Genético de la Papa. CIP. Lima-Perú.
7. **Egusquiza, R. 1993.** "Manual para la Evaluación y Selección de clones en el Mejoramiento Genético de la papa en el Perú", CIP. NIA. UNALM, Lima-Perú.
8. **Ellisseche, 1992.** Propuesta de clasificación oficial de variedades de papa para la resistencia a *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*. Proc. EAPR EUCARPIA Potato Breeding & Conference Landerneau, 211-212 pp.
9. **Esprella, R., Hervé, D. y Franco, J. 1994.** Control del Nemátodo Quiste de la Papa (*Globodera pallida*) por el Descanso Largo Controlado Comunalmente Altiplano Central Boliviano. Ediciones IBTA – ORSTOM. La Paz-Bolivia. 175-183 pp.
10. **Evans, K. 1978.** Nematode Pest of Potatoes. In The Potato Crop. Ed. Harris Chapman and Hall Ltd. London. pp. 44-469.
11. **Ezeta, F. 1985.** Aspectos Fisiológicos de la Producción de Papa. Programa de Investigación en Papa. UNALM. Lima Perú.
12. **Franco, J. 1986.** Nemátodos del Quiste de la Papa *Globodera spp.* 2da. Edición. Lima, Centro Internacional de la Papa. 19 pp.
13. **Franco, J., Gonzáles, A. y Matos, A. 1993.** Manejo Integrado del Nematode Quiste de la Papa. Centro Internacional de la Papa-CIP. Lima-Perú. Programa de Investigación de la Papa (PROINPA). Cochabamba-Bolivia, 172 pp.
14. **Franco, J., Gonzáles, A., Matos, A. 1990.** Evaluación de Resistencia de la Papa Al Nemátodo Del Quiste *Globodera pallida*. Centro Internacional de la Papa- CIP, 64 pp.
15. **Franco, J., Rincón, H. 1985.** Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de Papa. Centro Internacional de la Papa-CIP Volumen II, 44 pp.

16. **González, A., Franco, J. 1993.** Manual de Técnicas y Métodos Para Estudios del Nemátodo Quiste de la Papa *Globodera spp.* Centro Internacional de la Papa-CIP. Lima-Perú. Programa de Investigación de la Papa (PROINPA). Cochabamba-Bolivia, 100 pp.
17. **Greco, N. Y Crozzoli, R. 1995.** Nemátodos del quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*: aspectos generales. Fitopatol. Venez. 8: 26-33.
18. **Hawke's, J. G. 1978.** Ecology Potato cultivated. In Harris. PM. (ed) The Potato Crop; The Scientific Basis For Improvement Chapman Hall London.
19. **Hidalgo, O. 1997.** Centro internacional de la Papa (CIP) Producción de Tubérculos - Semilla de Papa. Manual de Capacitación Lima - Perú.
20. **Hooker, W. J. 1982.** Compendium of potato diseases. Centro Internacional de la Papa- Lima-Perú, 166 pp.
21. **Huamaní, P. 2004.** Evaluación de Resistencia y Rendimiento de Quince Clones y Variedades de Papa Al Ataque de *Globodera spp.* En Invernadero. Tesis Blgo.- Recursos Naturales y Ecología. UNSCH. 75 pp.
22. **Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA, 2001.** Resúmenes de experimentos en Papa y Camote. Informe Técnico IT-04. La Molina, Lima, 62 pp.
23. **Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA. 1995.** Papa: Compendios de Información Técnica. Dirección General de Investigación Agraria. Lima Perú, 239 pp.
24. **Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial-INIAA. 1990.** Sistema Nacional de Evaluación de recursos Genéticos de Papa. Lima-Perú, 127 pp.
25. **Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial-INIAA. 1990.** Curso: Producción, Manejo y Distribución de Semilla de Papa. Proyecto de Apoyo a la Producción de Semilla e Investigación Para Mejorar la Productividad de Papa en el Perú. Cajamarca-Perú,
26. **Landeo, J. Gonzales, A. 1999.** Nueva Generación de Clones Avanzados de Papa con Resistencia y/o Tolerancia al Nemátodo Quiste de la Papa y Resistencia a la Mancha en el Perú. UNHEVL Huánuco.
27. **Ministerio de Agricultura y Riego, 2018.** Serie de estadística de producción agrícola (SEPA).
28. **Pérez, C. y Chuchón, S. 1993.** Nemátodos Parásitos de la Papa *Solanum tuberosum* en el Departamento de Ayacucho, 49 pp.

29. **Ramos, R. 2001.** “Evaluación de Resistencia y Tolerancia de Variedades y Clones de Papa al Ataque del Nemátodo Quiste de la Papa (*Globodera spp.*) y Rancha (*Phytophthora infestans*), en Chontaca-Ayacucho 2000-2001”. Tesis Blgo.-Mcblogo. UNSCH. 76 pp.
30. **Stone, A.R. 1973.** *Heterodera pallida n. sp.* (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode. *Nematologica*, 18: 591-606 pp.
31. **Stone, A.R. 1975.** Taxonomy of Potato Cyst-Nematodes. *EPPO Bulletin* 5: 79-86.
32. **Uceda, E. 1996.** Principales Plagas y Enfermedades de la Papa en la Sierra del Perú. SENASA. Lima.
33. **Universidad Nacional de la Libertad-Trujillo, 1996.** IV Congreso Peruano de Nematología, Trujillo-Perú, 34 pp.
34. **Vásquez, V. 1988.** Ensayos de Rendimiento de Híbridos y Variedades de Papa en Cajamarca Perú. Informe Técnico N° 91.
35. **Weberling, F. y H.O. Schwantes. 1981.** Botánica Sistemática. Ed. Omega S.A. Barcelona-España. Sierra del Perú. SENASA. Lima. 370 pp.

ANEXOS

ANEXO 1.

DESCRIPCIÓN DE GENOTIPOS DE PAPA EN ESTUDIO

1. H-C-4 (380139.21) (378202.3 x 78/1-2)

Período vegetativo	:	140 días.
Rendimiento	:	40 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra 2500 - 4000 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a ranchar y tolerante a heladas.
Origen	:	NS.
Plantas	:	Tipo 1 intermedio.
Flores	:	Color lila débil, floración profusa y fructificación moderada.
Tubérculos	:	Color de piel blanca-lila, forma redondas, ojos semiprofundos, pulpa crema.

2. H-C-3

Período vegetativo	:	150 días
Rendimiento	:	50 tn.
Adaptación	:	Sierra 2500 a más de 4000 msnm
Reacción a factores adversos	:	Resistente a ranchar y tolerante a heladas.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color lila, floración profusa y fructificación escasa.
Tubérculos	:	Color de piel blanca, forma redonda, alargadas, ojos semiprofundos, pulpa crema, apto para la elaboración de chuño.

3. 393280.82 (387015.3 x XY.14)

Período vegetativo	:	140 - 150 días tuberización tardía.
Rendimiento	:	30 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra Central 2000 a 3700 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a ranchar, susceptible a Septoria.
Origen	:	NS

Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color lila, rosácea, floración profusa y escasa fructificación.
Tubérculos	:	Color de piel rojo, forma redonda, ojos semiprofundos, pulpa cremosa.

4. 393077.159 (387349.20 x 389746.2)

Período vegetativo	:	150 días, tuberización tardía.
Rendimiento	:	40 tn/ha..
Adaptación	:	Sierra Central 2500 a 4000 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color rosadas, escasa floración y escasa fructificación.
Tubérculos	:	Color de piel crema con jaspes rojas, forma ovalada, ojos semiprofundas, pulpa cremosa.

5. NEGRA

Período vegetativo	:	140 días.
Rendimiento	:	50 tn/ha..
Adaptación	:	Sierra 1500 - 3800 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color azul floración profusa y fructificación moderada.
Tubérculos	:	Color de piel negro, forma larga aplanada, ojos superficiales, pulpa blanca.

6. 386549.9 (HFF-18.3 x INDIA-1039)

Periodo vegetativo	:	140 días
Rendimiento	:	más de 40 tn/ha.

Adaptación	:	Sierra 1500 - 4000 msnm
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho tolerante a heladas.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color rosada débil floración profusa y fructificación moderada.
Tubérculos	:	Color de piel roja, forma redondas, ojos semiprofundos , pulpa crema.

7. C99-477

Periodo vegetativo	:	150 días tuberización temprana, lenta.
Rendimiento	:	35 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra 1500 - 3700 msnm
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color lila, floración profusa y escasa fructificación.
Tubérculos	:	Color de piel lila, forma oval, alargadas, ojos superficiales, pulpa de color crema.

8. UNA-6

Periodo vegetativo	:	140 días.
Rendimiento	:	40 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra 2500 a más de 3600 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio
Flores	:	Color blanca, floración profusa y fructificación moderada.
Tubérculos	:	Color de piel blanca, forma ovaladas, ojos semiprofundos, pulpa crema.

9. C99-752

Periodo vegetativo	:	130 días, tuberización temprana y lenta.
Rendimiento	:	Más de 40 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra 1500 a 3700 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio.
Flores	:	Color blanca, floración profusa y escasa fructificación.
Tubérculos	:	Color de piel blanca, forma redonda, ojos superficiales, pulpa crema, apto para hojuelas y fritas.

10. SERRANITA (378493.915 x BK) x (381381.9 x LB_CUZ)

Periodo vegetativo	:	120 a 150 días (semi tardía).
Rendimiento	:	30-40 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra sur y centro desde los 2400 a 3800 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho y buen nivel de tolerancia al nemátodo quiste.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio.
Flores	:	Color azul floración profusa y fructificación moderada.
Tubérculos	:	Color de piel negro, forma redonda, ojos superficiales, pulpa blanca.

11. 393280.83 (387015.3 x XY.14)

Periodo vegetativo	:	140 días tuberización temprana lenta
Rendimiento	:	30 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra 2000 a 4000 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Resistente a rancho y susceptible a alternaria.

Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio.
Flores	:	Color blanca con lila, escasa floración y muy poca fructificación.
Tubérculos	:	Color de piel rojo intenso, forma redonda, ojos semiprofundas, pulpa de color crema.

12. RENACIMIENTO

Periodo vegetativo	:	180 días.
Rendimiento	:	30 tn/ha.
Adaptación	:	Sierra sur y centro hasta los 3500 msnm.
Reacción a factores adversos	:	Susceptible a la ranca y al nemátodo quiste.
Origen	:	NS
Plantas	:	Tipo 1 intermedio.
Flores	:	Color azul débil, floración profusa y fructificación expresa.
Tubérculos	:	Color de piel crema con jaspes moradas, forma ovalada, ojos superficiales, pulpa blanca.

ANEXO 2. GLOSARIO

1. **ADAPTACIÓN GENÉTICA O SELECCIÓN NATURAL.-** Es el proceso a través del cual, los organismos mejor adaptados desplazan a los menos adaptados mediante la acumulación lenta de cambios genéticos favorables en la población a lo largo de las generaciones.
2. **ALONGADO.-** Prolongado, largo.
3. **APAREAMIENTO.-** Reunión de las hembras con los machos de los fitonemátodos, con el objetivo de procrear.
4. **CAMBIUM.-** Zona generatriz, constituida por células meristemáticas.
5. **CÉLULAS PARENQUIMALES.-** Son células vivas, por lo general grandes, contienen plastidios y vacuolas, su citoplasma es muy rico en agua.
6. **CLON.-** Grupo de individuos con idéntica constitución genética, que proceden de un único individuo mediante multiplicación asexual, por lo que son genéticamente iguales a él. Fenómeno natural muy común entre vegetales.
7. **CUTÍCULA.-** Película, tegumento, especialmente el de revestimiento externo no celular, membranoso o endurecido, segregado por las células de la epidermis o por la superficie externa del cuerpo, y que constituye una cubierta protectora.
8. **ENDODERMO.-** Capa interna de las células del blastodermo.
9. **ESTADO JUVENIL.-** Estado larvario o inmaduro de los fitonemátodos antes de llegar al estado adulto.
10. **ESTANDARIZACIÓN.-** Es ajustar un método analítico a determinadas normas y formas.
11. **ESTILETE.-** Estructura fuerte, tubular y móvil de los fitonemátodos que sirven para perforar la pared celular de las raíces y absorber sus alimentos.
12. **EXUDADO RADICULAR.-** Compuestos orgánicos y minerales excretados por las raíces de las plantas vivas. Estas generalmente contienen aminoácidos, azúcares reductores, otros ácidos orgánicos, etc.
13. **GENÉTICA.-** Es la teoría de la herencia de los caracteres anatómicos, citológicos y funcionales de la descendencia.
14. **GLOBODERA PALLIDA.-** Nemátodo formador de quistes, una de las plagas severas que atacan al cultivo de la papa a nivel mundial.

15. **HETERODERA.**- Es un nemátodo que parasita raíces de remolacha azucarera, otras quenopodiáceas y crucíferas. Forman quistes en forma de limón que permanecen adheridos a las raíces.
16. **HISTOPATOLOGÍA.**- Estudio de las células y el tejido enfermos.
17. **HOSPEDERO.**- Hospedero que alberga a un parásito.
18. **INOCULACIÓN.**- Introducción voluntaria o accidental de un germen en un organismo.
19. **INÓCULO.**- Patógeno o sus partes capaces de producir infección.
20. **INVASIÓN.**- Penetración de microorganismos causantes de enfermedades en un organismo.
21. **MASA CITOPLASMÁTICA (CITOPLASMA).**- Es la parte del protoplasma que, en una célula eucariota, se encuentra entre el núcleo celular y la membrana plasmática. Consiste en una emulsión coloidal muy fina de aspecto granuloso, el citosol o hialoplasma, y en una diversidad de orgánulos celulares que desempeñan diferentes funciones.
22. **METABOLISMO.**- Conjunto de reacciones bioquímicas que efectúan las células de los seres vivos para descomponer y asimilar los alimentos y sustancias que reciben del exterior.
23. **MORFOLOGÍA.**- ciencia de la forma y la estructura de los organismos (plantas, animales y otras formas de vida).
24. **MUDA.**- Cambio de la cubierta del cuerpo para que el organismo pueda crecer.
25. **MULTIPLICACIÓN.**- reproducción o aumento de los seres vivos.
26. **NEMÁTODOS FITOPARÁSITOS.**- Son gusanos microscópicos no segmentados en forma de hilo, parasitan plantas causando enfermedades.
27. **NPQ.**- Nemátodo Quiste de la Papa.
28. **PATOGENICIDAD.**- Capacidad de un microorganismo de causar daño a su hospedador.
29. **PATÓGENO.**- Elemento (microorganismo) o medio que origina y desarrolla las enfermedades.
30. **PATOTIPOS.**- Razas fisiológicas de *Globodera Pallida*.
31. **PERICICLO.**- Estrato celular externo al cilindro central, ubicado entre los haces vasculares y la endodermis en la raíz y tallo.

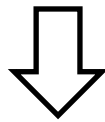
32. **PLANTAS DIFERENCIALES.**- Plantas con diferentes genes y fenotipos que se utilizan para la evaluación y determinación de razas y patotipos de *Globodera Pallida*.
33. **RESISTENCIA.**- Capacidad o atributo de una planta de impedir en forma total o parcial la multiplicación del agente patógeno.
34. **SEDENTARIO.**- Animales que viven fijos y permanecen siempre en el mismo lugar.
35. **SINCITIO.**- Célula simple o masa protoplasmática con muchos núcleos; plasmodio.
36. **SÍNTOMA.**- Fenómeno que revela la existencia de una enfermedad.
37. **SUCEPTIBILIDAD.**- Síntoma de anormalidad y debilidad. Aumento en el riesgo de desarrollar una enfermedad por causas hereditarias.
38. **TOLERANCIA.**- Condición que permite que un organismo conviva con parásitos sin sufrir daños graves.

ANEXO 3.
PANEL FOTOGRÁFICO

FUENTE DE INOCULACIÓN: *Globodera pallida*, razas P4A y P5A.



Inóculo de *Globodera pallida* P4A y P5A

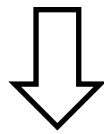


Preparación de inóculo de *Globodera pallida* P4A y P5A

**PREPARACIÓN DE LOS TUBÉRCULOS SEMILLAS DE CLONES
SELECCIONADOS**



Corte de tubérculos con brote de clones de papa



Corte de tubérculos con brote de clones de papa

PREPARACIÓN DE SUBSTRATO



Substrato: 3 partes de tierra orgánica + 1 parte de arena de río



Substrato protegido con papel azúcar, para ser esterilizado.



Proceso de esterilización de substrato en autoclave.



Medición de 100 cc. de substrato esterilizado.



Trasvasado de substrato esteril a recipiente.



Recipientes con substrato esterilizado.

ESTANDARIZACIÓN DEL INÓCULO



Quistes de *Globodera pallida*.



Trituración de quistes de *Globodera pallida*



Suspensión de *Globodera pallida* en placa de contaje.



Conteo de huevos viables de *Globodera pallida*

INOCULACIÓN



Inoculación de quistes de *Globodera pallida* y homogenizado con capa superior de mezcla del sustrato



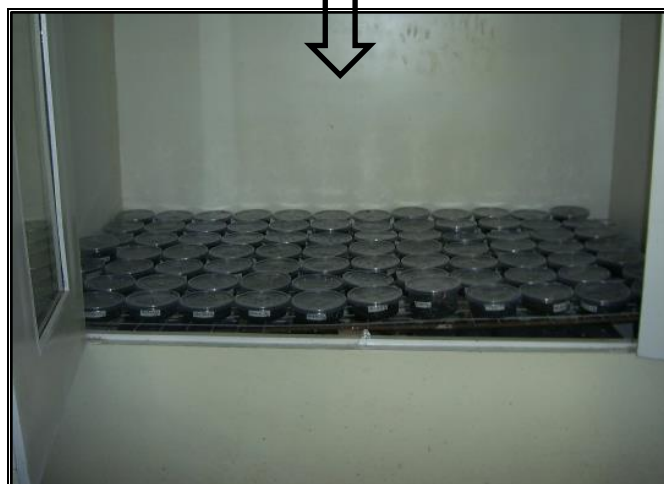
Siembra de porción de tubérculo con brote vigoroso.



Proceso de tapado de recipiente



Ajuste de tapa perforada de recipiente.



Almacenaje de recipientes en oscuridad a temperatura ambiente de laboratorio

EXTRACCIÓN DE QUISTES DE *Globodera pallida*, razas P4A y P5A (MÉTODO MODIFICADO DE FENWICK)



Colocación de muestra de suelo en tamiz de 1 mm.



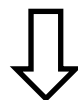
Lavado de muestra de suelo



Quistes y material orgánico retenidos en el tamíz



Transferencia de quistes y material orgánico a recipiente de vidrio





Quistes y materia orgánica en fiola de 500 ml. con agua



Decantación de la suspensión sobre papel filtro



Doblado de papel filtro conteniendo quistes y restos orgánicos



Proceso de secado de papel filtro conteniendo quistes y restos orgánicos

SEPARACIÓN DE QUISTES DE *Globodera pallida*, razas P4A y P5A



Transferencia de quistes y materia orgánica a fiola vacía de 500 ml.



Llenado de solvente a fiola de 500 ml. conteniendo quistes y materia orgánica



Fiola de 500 ml. conteniendo quistes y materia orgánica



Vaciado del contenido de fiola de 500 ml. sobre papel filtro.





Papel filtro conteniendo quistes y restos orgánicos.



Rodamiento de quistes de *Globodera pallida* a placa petri.



Quistes de *Globodera pallida* sobre placa petri.



Quistes de *Globodera pallida* contados y depositados en frascos viales.

EVALUACIÓN

A. EN CONDICIONES DE LABORATORIO



Conteo de quistes de *Globodera pallida* a través de las paredes del recipiente en condiciones de laboratorio.



Conteo de quistes de *Globodera pallida* a través de las paredes del recipiente en condiciones de laboratorio.



Quiste de *Globodera pallida* adherido sobre raicillas de clon de papa



Conteo de nuevos quistes de *Globodera pallida* por clon de papa

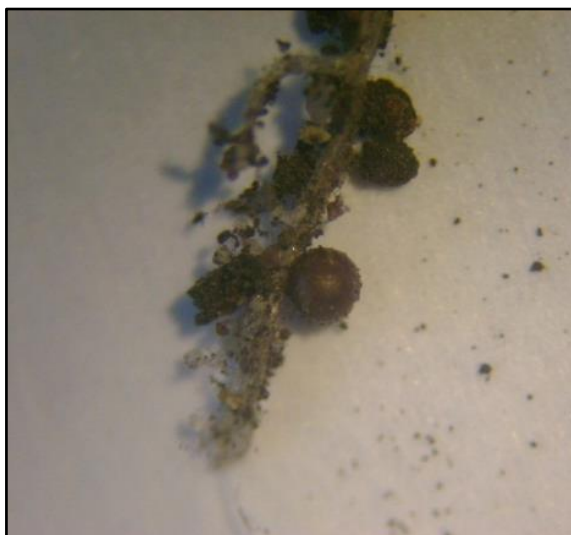
B. EN CONDICIONES DE INVERNADERO



Conteo de quistes de *Globodera pallida* a través de las paredes del recipiente en condiciones de invernadero.



Conteo de quistes de *Globodera pallida* a través de las paredes del recipiente en condiciones de invernadero.



Quiste de *Globodera pallida* adherido sobre raicillas de clon de papa.



Conteo de nuevos quistes de *Globodera pallida* por clon de papa.

TUBERCULILLOS DE CLONES DE PAPA COSECHADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

