

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**  
**CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN**  
**AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**EVALUACIÓN DE TOLERANCIA A LA INFESTACIÓN DE NEMATODOS  
DEL QUISTE (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens) EN DIEZ CLONES DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.) ALDEA EL EDÉN, MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS  
ALTOS, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**

**POR:**

**RODNEY ISAÍAS JACOBO BARTOLÓN**

**ASESOR PRINCIPAL:**

**ING. AGR. OSMAN CIFUENTES**

**ASESOR ADJUNTO**

**ING. AGR. NEHEMIAS RIVERA.**

**SAN MARCOS, ABRIL DE 2024**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**



**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO**

MsC. Juan Carlos López Navarro

**DIRECTOR**

Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos

**SECRETARIA CONSEJO  
DIRECTIVO**

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado

**REPRESENTANTE  
DOCENTE**

Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón

**REPRESENTANTE  
ESTUDIANTIL**

Br. Luis David Corzo Rodríguez

**REPRESENTANTE  
ESTUDIANTIL**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**

**MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA**

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez

**COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

**COORDINADOR CARRERAS EN  
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E  
INGENIERO AGRÓNOMO CON  
ORIENTACIÓN EN  
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

Lic. Antonio Etihel Ochoa López

**COORDINADOR CARRERA DE  
PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA  
EDUCACIÓN**

Licda. Aminta Esmeralda Guillén Ruíz

**COORDINADORA CARRERA DE  
TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y  
LICENCIATURA**

Ing. Víctor Manuel Fuentes López

**COORDINADOR CARRERA DE  
ADMINISTRACIÓN DE  
EMPRESAS, TÉCNICO Y  
LICENCIATURA**

Lic. Mauro Estuardo Rodríguez Hernández

**COORDINADORA CARRERA DE  
ABOGADO Y NOTARIO Y  
LICENCIATURA EN CIENCIAS  
JURÍDICAS Y SOCIALES**

Dr. Byron Geovany García Orozco

**COORDINADOR CARRERA DE  
MÉDICO Y CIRUJANO**

Lic. Nelson de Jesús Bautista López

**COORDINADOR PEDAGOGÍA,  
EXTENSIÓN DE SAN MARCOS**

Licda. Julia Maritza Gándara González

**COORDINADORA EXTENSIÓN DE  
MALACATÁN**

Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	<b>COORDINADORA EXTENSIÓN DE TEJUTLA</b>
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	<b>COORDINADOR EXTENSIÓN DE TACANÁ</b>
Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez	<b>COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN</b>
Lic. Mario René Requena	<b>COORDINADOR DE ÁREA DE EXTENSIÓN</b>
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	<b>COORDINADOR CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	<b>COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORIA</b>
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	<b>COORDINADOR CARRERA PROFESORADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA BILINGÜE INTERCULTURAL</b>
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	<b>COORDINADOR CARRERAS SOCIOLOGÍA, CIENCIA POLÍTICA Y RELACIONES INTERNACIONALES</b>

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**



**MIEMBROS DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN DE LA CARRERA  
DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA  
SOSTENIBLE**

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González

**PRESIDENTE**

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón

**SECRETARIO**

Licda. Lourdes Carrera Munguía

**VOCAL**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**



**TRIBUNAL EXAMINADOR**

MsC. Juan Carlos López Navarro

**DIRECTOR**

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez

**COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

**COORDINADOR CARRERAS EN  
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E  
INGENIERO AGRÓNOMO CON  
ORIENTACIÓN EN  
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

Ing. Agr. Osman Estuardo Cifuentes

**ASESOR PRINCIPAL**

Ing. Agr. Nehemías Juan Rivera

**ASESOR ADJUNTO**

San Marcos, febrero del 2024

Señores:

Comisión de Trabajo de Graduación  
Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS.  
Centro Universitario de San Marcos

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final del Trabajo de Graduación titulado **“EVALUACION DE TOLERANCIA A LA INFESTACIÓN DE NEMATODOS DEL QUISTE (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens) EN DIEZ CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) ALDEA EL EDÉN, MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS ALTOS, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”**, del estudiante: **Rodney Isaías Jacobo Bartolón**, con número de Carné: **201642496**.

El cual cumple con los requisitos metodológicos y académicos, por lo que emito **OPINIÓN FAVORABLE** para ser aprobado como Trabajo de Graduación previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Deferentemente



---

Ing. Agr. Osman Cifuentes  
Colegiado Activo: 1,505  
Asesor Principal

San Marcos, febrero del 2024

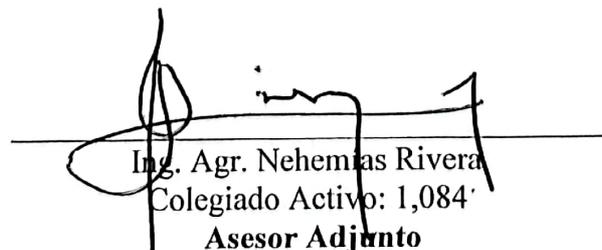
Señores:

Comisión de Trabajo de Graduación  
Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS.  
Centro Universitario de San Marcos

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final del Trabajo de Graduación titulado **“EVALUACION DE TOLERANCIA A LA INFESTACIÓN DE NEMATODOS DEL QUISTE (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens) EN DIEZ CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) ALDEA EL EDÉN, MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS ALTOS, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”**, del estudiante: **Rodney Isaías Jacobo Bartolón**, con número de Carné: **201642496**.

El cual cumple con los requisitos metodológicos y académicos, por lo que emito **OPINIÓN FAVORABLE** para ser aprobado como Trabajo de Graduación previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Deferentemente

  
Ing. Agr. Nehemias Rivera  
Colegiado Activo: 1,084  
Asesor Adjunto



EL INFRASCrito SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, TERCERO, DÉCIMO Y DÉCIMO PRIMERO DEL ACTA No. 001-2022, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

### ACTA No. 001-2022

En la ciudad de San Marcos, siendo las catorce treinta horas, del día lunes, dieciocho de abril del año dos mil veintidós, reunidos de forma virtual por la plataforma Google meet enlace <https://meet.google.com/boi-rvoy-dix>, los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Carlos Barrios Morales Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: a) Apertura, b) Presentación del Normativo de Trabajo de Graduación, b) solicitud de Temas de trabajo de graduación, c) Solicitudes de Seminario I., d) varios. **SEGUNDO:** APERTURA: El Coordinador del Comité procedió a dar la bienvenida a los presentes. **TERCERO:** El secretario dio a conocer de manera resumida los principales artículos que rigen el normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS del Centro Universitario de San Marcos... **DÉCIMO:** El Secretario del comité de trabajo de graduación indico a los presentes que el estudiante **RODNEY ISAÍAS JACOBO BARTOLÓN** solicita aprobación de seminario I presentando anteproyecto corregido. **DÉCIMO PRIMERO:** En base al artículo 39 del Normativo para la Elaboración de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, del Centro Universitario de San Marcos, Indicar al estudiante que fue **APROBADO EL SEMINARIO I** de RODNEY ISAÍAS JACOBO BARTOLÓN, titulado **“EVALUACIÓN DE TOLERANCIA A LA INFESTACIÓN DE NEMATODOS DEL QUISTE (*Globodera rostochiensis*) EN DIEZ CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) ALDEA EL EDÉN, MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS ALTOS, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”**. Concluyó la reunión en el mismo lugar y fecha a las dieciséis horas, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. DAMOS FE. (FS) ilegibles Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales, Lcda. Lourdes Carrera Munguía, Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

**Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS DOS DÍAS DEL MES DE MAYO DEL AÑO DOS MIL VEINTIDOS.**

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón  
Secretario Comité Trabajo de Graduación



EL INFRASCrito SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, TRIGÉSIMO TERCERO, TRIGÉSIMO CUARTO Y CUADRAGÉSIMO CUARTO DEL ACTA No. 002-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

### ACTA No. 002-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las catorce con treinta minutos, del día viernes cinco de abril del año dos mil veinticuatro, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Jorge Robelio Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: 1) Bienvenida, 2) Lectura del Acuerdo del Consejo Directivo Punto TERCERO: ASUNTOS ADMINISTRATIVOS, Inciso 3.13 del acta No. 05-2024 de sesión ordinaria celebrada por el Consejo Directivo el 06 de marzo del 2024 3.) El Secretario presenta un breve historial de proceso de trabajo de Graduación que se ha realizado en los años anteriores hasta el 2023 4) Conocimiento de solicitudes de estudiantes de temas de Trabajo de Graduación 5) Conocimiento solicitudes de estudiantes Seminario I, 6) Conocimiento de solicitudes de estudiantes Seminario II 7) Conocimiento de solicitud para la aprobación de informes finales 8) Solicitud de ampliación de tiempo para la entrega de informe Seminario II del estudiante Neftalí Miranda López... **TRIGÉSIMO TERCERO:** El Secretario del Comité de trabajo de graduación informo a los presentes que el estudiante Rodney Isaías Jacobo Bartolón con número de carné 201642496 solicita DICTAMEN FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACION titulado "EVALUACIÓN DE TOLERANCIA A LA INFESTACIÓN DE NEMATODOS DEL QUISTE (*Globodera rostochiensis*), EN DIEZ CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) ALDEA EL EDÉN, MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS ALTOS, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO". **TRIGÉSIMO CUARTO:** El Comité de Trabajo de Graduación con base a lo establecido en el capítulo X, del informe final de trabajo de graduación artículo 58 Aprobación El estudiante solicitará por escrito al Comité del Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación e Agricultura Sostenible, la aprobación del Informe Final del Trabajo de Graduación, adjuntando tres copias escritas, así como los requisitos correspondientes citados en el artículo 57, teniendo a la vista los formularios de evaluación de Seminario II, Ing. Agr. Juan Manuel Méndez asignando un punteo de 82.5 Ing. Agr. Leonel Orozco asignando un punteo de 92 e Ing. Agr. Henry Bravo un punteo 87 obteniendo el estudiante un promedio de 87 puntos y contando con los dictámenes favorables del asesor principal Ing. Agr. Osman Cifuentes y asesor adjunto Ing. Agr. Nehemías Rivera el Comité Trabajo de Graduación procede: **A LA APROBACIÓN DEL INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN** El cual llena los requisitos establecidos por el Normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible... **CUADRAGÉSIMO CUARTO** Dando por finalizada la reunión en el mismo lugar y fecha a cuatro horas después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. (FS) ilegibles Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Lcda. Lourdes Carrera Munguía, Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

**Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS DIEZ DIECIOCHO DÍAS DEL MES DE FEBRERO DEL AÑO DOS MIL VEINTICUATRO.**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
**Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón**  
**Secretario Comité Trabajo de Graduación**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a la tierra que me vio germinar como estudiante de Agronomía. A los campos que fueron mi laboratorio, enseñándome lecciones valiosas sobre la naturaleza y la paciencia.

A mis profesores, cuyo conocimiento cultivó mi mente y cuyas enseñanzas han dejado raíces profundas en mi formación profesional. A mis compañeros de estudio, con quienes compartí jornadas de trabajo en el campo y risas en las aulas, construyendo lazos que perdurarán más allá de esta etapa académica.

A mis padres, hermanos y familia, cuyo apoyo ha sido el fértil suelo que nutre mis logros en este viaje agronómico. A los agricultores, verdaderos maestros de la tierra, cuya labor diaria me inspiró a explorar y contribuir al vasto campo de la Agronomía

A mi querida Universidad de San Carlos de Guatemala, fuente de conocimiento, oportunidades y diversidad. Agradezco profundamente a esta institución que me ha brindado el entorno propicio para aprender y crecer como profesional.

A los que ya no están con nosotros, pero cuyo legado perdura en cada paso que doy día a día, cuya contribución a mi vida y a mi formación como agrónomo es imborrable. Aunque su presencia física ya no nos acompañe, su influencia sigue viva en cada logro alcanzado.

Este trabajo es el fruto de sus enseñanzas y de mi compromiso con el cultivo del conocimiento en esta noble disciplina. Con gratitud, dedico esta tesis a todos los que han sido parte de mi cosecha académica

## ÍNDICE

I. TÍTULO .....	1
II. ACRÓNIMOS.....	2
III. RESUMEN .....	3
IV. INTRODUCCIÓN .....	4
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
VI. JUSTIFICACIÓN .....	8
VII.MARCO TEÓRICO .....	10
7.1. Antecedentes .....	10
7.2. Marco conceptual.....	10
7.2.1. Descripción botánica de la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) .....	10
7.2.2. Clasificación Taxonómica de la papa .....	11
7.2.3. Valor nutritivo.....	12
7.3. Principales zonas de producción en Guatemala.....	12
7.3.1. Zona Occidental.....	12
7.3.2. Zona Central .....	13
7.3.3. Zona Oriental .....	13
7.4. Nematodos del quiste.....	14
7.4.1. Síntomas.....	15
7.4.2. Taxonomía .....	15
7.4.3. Morfología .....	16
7.4.4. Ciclo de vida .....	17
7.5. Nematodo dorado ( <i>Globodera rostochiensis</i> Woll Behrens).....	19
7.5.1. Clasificación taxonómica de nematodo dorado .....	20
7.6. Relación entre la planta y los nematodos.....	21
7.6.1. Resistencia: .....	22
7.6.2. Fuentes de resistencia .....	22
7.6.3. Evaluación de resistencia en tubérculos.....	22
7.6.3.1. Prueba en campo.....	23
7.6.3.2. Muestreo .....	23
7.6.4. Tolerancia.....	25
7.6.5. Patogenicidad.....	25
7.6.6. Impacto económico de la plaga.....	25
7.6.7. Diseño experimental .....	26
7.6.8. Descripción de los genotipos utilizados.....	27
7.6.8.1. DÍA 71 .....	27
VIII.MARCO REFERENCIAL.....	28
8.1.Localización y descripción de la unidad de investigación.....	28
8.1.1.Descripción del lugar .....	28
8.1.2.Colindancias.....	28
8.2.Aspectos geográficos .....	28
8.2.1.División política.....	28
8.2.2.Ubicación de la comunidad.....	28
8.2.3.Distance de la cabecera departamental .....	29
8.2.4.Distance de la ciudad capital .....	29

8.2.5.Límites .....	29
8.2.6.Densidad poblacional.....	29
8.2.7.Topografía.....	29
8.2.8.Clima.....	29
8.2.9.Régimen de lluvia y precipitación pluvial. ....	29
8.2.10.Hidrografía.....	29
<b>IX. OBJETIVOS .....</b>	<b>30</b>
9.1.General.....	30
9.2.Específico.....	30
<b>X. HIPÓTESIS.....</b>	<b>31</b>
<b>XI. MÉTODOS Y MATERIALES .....</b>	<b>32</b>
11.1.MÉTODOS .....	32
11.1.1.Método experimental:.....	32
11.1.2.Método estadístico:.....	32
11.1.3.Método hipotético-deductivo:.....	32
11.2.MATERIALES .....	32
11.2.1.Clones de papa.....	32
11.2.2.Insumos.....	32
11.2.3.Recursos físicos .....	33
11.2.4.Recurso de oficina .....	33
11.3.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y VARIABLES .....	33
11.3.1.Diseño experimental .....	33
11.3.2.Modelo estadístico .....	34
11.3.3.Tamaño de la unidad experimental.....	34
11.3.4.Número de tratamientos.....	34
11.3.5.Número de repeticiones .....	35
11.3.6.Distribución de los clones en el campo de la investigación .....	35
11.4.VARIABLES DE RESPUESTA:.....	36
11.4.1.Resistencia .....	36
11.4.2.Rendimiento.....	36
11.4.3.Tolerancia .....	36
11.5.MANEJO DEL CULTIVO .....	37
11.5.1.Extracción muestras de suelo.....	37
11.5.2.Preparación del suelo .....	37
11.5.3.Preparación de la semilla .....	37
11.5.4.Siembra, distancias. ....	37
11.5.5.Fertilización .....	38
11.5.6.Control de plantas indeseables.....	38
11.5.7.Control de plagas y enfermedades .....	38
11.5.8.Defoliación.....	38
11.5.9.Cosecha.....	38
11.6.Análisis de la información .....	39
11.6.1.ANDEVA.....	39
11.6.2.Prueba de Medias por DGC (Di Rienzo et al 2008) .....	39
<b>XII.RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
12.1.Resistencia de papa ante la infestación del nematodo dorado .....	40

12.2.Rendimiento de papa clasificadas por calidades.....	43
12.2.1.. Rendimiento total de papa en t/ha.....	45
12.3.Tolerancia de papa .....	47
XIII.CONCLUSIONES .....	50
XIV.RECOMENDACIONES.....	52
XV.BIBLIOGRAFÍA.....	53
XVI.ANEXOS .....	56
16.1.Bitácoras de Campo .....	57
16.1.1.Hoja Informativa de la Parcela .....	57
16.1.2.Resistencia a la Infección de Nematodos .....	58
16.1.3.Rendimiento de Papa a la Infección de Nematodos .....	59
16.2.Presupuesto y Fuente de Financiamiento.....	60
16.3.Mapa de Ubicación del Ensayo Experimental .....	63
16.4.VARIABLES de Respuesta .....	64
a)Rendimiento.....	64
b)Resistencia.....	68
16.5.Evidencia Fotográfica del Desarrollo de la Investigación .....	70

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Pruebas, criterios y parámetros considerados por el CIP, en las evaluaciones de resistencia. (En campo).....	36
Tabla 2. Cantidad de quistes adheridos a la raíz.....	40
Tabla 3. Asignación de escalas para la determinación de la resistencia a la infección de nematodo dorado .....	41
Tabla 4. Asignación de reacción para la determinación de la resistencia a la infección de nematodo dorado .....	41
Tabla 5. Moda.....	42
Tabla 6. Rendimiento de la calidad súper.....	43
Tabla 7. Rendimiento de primera calidad .....	43
Tabla 8. Rendimiento de segunda calidad .....	44
Tabla 9. Rendimiento de tercera calidad.....	44
Tabla 10. Análisis de la varianza .....	45
Tabla 11. Análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC .....	46
Tabla 12. Análisis de la varianza del peso promedio de los tubérculos de diez clones y el testigo evaluados.....	48
Tabla 13. Análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC al peso promedio del tubérculo de los diez clones y el testigo evaluados.....	48
Tabla 14. Tolerancia a la infestación de nematodo dorado .....	49
Tabla 15 Cronograma de actividades realizadas en la investigación.....	56

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Porcentajes de producción según departamentos productores .....	13
Figura 2. Nematodo en su segundo estado juvenil .....	16
Figura 3. Estilete del nematodo .....	17
Figura 4. Ciclo de vida del nematodo .....	19
Figura 5. Células agrandadas, llamadas “síncitos” o “células de transferencia” .....	21
Figura 6. Patrones de muestreo para nematodos.....	24
Figura 7. Unidad experimental .....	35
Figura 8. Rendimiento de papa en t/ha .....	47
Figura 9. Resultados del análisis de suelos.....	62
Figura 10. Rendimiento de papa para la calidad súper en porcentaje (%).....	66
Figura 11. Rendimiento de papa para primera calidad en porcentaje (%).....	66
Figura 12. Rendimiento de papa para Segunda calidad en porcentaje (%) .....	67
Figura 13. Rendimiento de papa para tercera calidad en porcentaje (%) .....	67
Figura 14. Selección de los genotipos.....	70
Figura 15. Siembra en la unidad experimental .....	70
Figura 16. Emergencia de las plantas .....	70
Figura 17. Aplicaciones foliares a cada ocho días.....	70
Figura 18. Limpia, fertilización y aporque de plantas .....	71
Figura 19. Identificación de genotipos en la unidad experimental .....	71
Figura 20. Extracción de plantas para el conteo de quistes en la raíz.....	71
Figura 21. Conteo de quistes de una planta por tratamiento.....	71
Figura 22. Observación de quistes en la variedad DÍA 71 .....	72
Figura 23. Quiste nematodo dorado ( <i>Globodera rostochiensis</i> ) .....	72
Figura 24. Conteo y clasificación de tubérculos.....	72
Figura 25. Presentación de resultados al dueño del terreno.....	72
Figura 26. Pesaje de tubérculos por cada clasificación.....	73
Figura 27. Extracción de submuestras de muestras de suelo.....	73
Figura 28. Procesamiento de las muestras de suelo en el laboratorio suelo .....	73
Figura 29. Observación de nematodos en microscopio .....	73

## I. TÍTULO

EVALUACIÓN DE TOLERANCIA A LA INFESTACIÓN DE NEMATODOS DEL QUISTE (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), DE DIEZ CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) ALDEA EL EDÉN, MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS ALTOS, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO

## II. ACRÓNIMOS

ANDEVA	Análisis de Varianza
CIP	Centro Internacional de la papa
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos
DBCA	Diseño Bloques Completos al Azar
DGC	Di Rienzo, Guzmán y Casanoves
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
INE	Instituto Nacional de Estadística
OIRSA	Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria

### III. RESUMEN

El rendimiento del cultivo de papa ha estado disminuyendo fuertemente en zonas productoras del occidente de Guatemala, una de las causas de este problema es la infección de nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens) que afecta directamente a la raíz formando quistes y haciendo que los tubérculos no se desarrollen con normalidad, también se observan síntomas en el follaje como enanismos, en ocasiones este síntoma se confunde con falta de nutrientes en el suelo. Es por ello que se planteó el presente trabajo de investigación titulado “Evaluación de Tolerancia a la Infestación de Nematodos del Quiste (*Globodera rostochiensis*), de diez clones de papa (*Solanum tuberosum* L.)”. La cual se realizó en aldea El Edén, Palestina de los Altos, departamento de Quetzaltenango, contando con el apoyo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA- fueron sometidos a investigación diez clones de papa; TG-7, TC-10, TC-7, TC-4, TC-3, TC-2, LOMAN ROJA, TG-15, TG-13, TG-11 y DÍA 71 como testigo por las características físicas que esta posee, la cual no ha mostrado resistencia a este nematodo. El objetivo principal del estudio es determinar que clones de papa muestran una mayor resistencia, rendimiento y tolerancia ante suelos infestados de nematodo dorado, lo que podría tener implicaciones importantes para la selección de variedades resistentes en cultivos futuros. Se realizaron dos muestreos de suelos, los cuales fueron procesados en el laboratorio del Centro Universitario de San Marcos, dando como resultado la presencia de nematodo dorado en el área de investigación. Para el desarrollo de la evaluación se implementó el Diseño de Bloques Completos al Azar –DBCA-, con la prueba de medias DGC al nivel de significancia del 0.05, con cuatro repeticiones, las variables evaluadas fueron; resistencia (escalas del CIP) obteniendo como resultado a los tratamientos TC-2, LOMAN ROJA y TG-11 resistentes ante la infestación de suelos con nematodo dorado, rendimiento (t/ha) teniendo como resultado los clones; TC-4 (32.84 t/ha), TC-3 (29.44 t/ha) y TG-11 (27.50 t/ha) presentando niveles superiores de rendimiento, para la variable tolerancia siendo el tratamiento LOMAN ROJA el que presenta un rendimiento superior presentando resistencia ante la infestación del nematodo dorado.

#### IV. INTRODUCCIÓN

La papa, clasificada como el tercer cultivo alimenticio más relevante a nivel mundial en términos de consumo humano, desempeña un papel esencial en la alimentación de aproximadamente 1.4 mil millones de personas, ubicándose tan solo después del arroz y el trigo. Con una producción que supera los 300 millones de toneladas métricas, este tubérculo se ha convertido en un pilar fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, especialmente en el contexto del crecimiento demográfico y el aumento de las tasas de hambre a nivel global (CIP, 2017).

En el ámbito guatemalteco, el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) ha arraigado como una actividad vital entre pequeños y medianos agricultores a lo largo de los años. Este tubérculo ha ganado importancia como hortaliza de consumo fresco para las industrias locales, siendo cultivado en diversos departamentos del país: Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Guatemala, Sololá y Jalapa destacan como los principales departamentos productores, contribuyendo con el 89% de la superficie total cosechada. Estos departamentos presentan dos épocas de siembra claramente definidas, siendo la época lluviosa predominante en el altiplano occidental, mientras que aquellos que siembran en época seca cuentan con sistemas de riego para la producción agrícola (INE, 2003).

No obstante, la producción de papa en Guatemala ha enfrentado desafíos en los últimos años debido a la presencia de nematodos formadores de quiste. Aunque aún no se ha determinado con exactitud las pérdidas del cultivo por la presencia de nematodos en Guatemala, estudios en México reportan que estas pueden oscilar entre el 40% y el 80%, dependiendo de la población de los mismos en el suelo y la susceptibilidad de la variedad (Tovar, 2005).

En este contexto, el presente estudio de investigación se realizó en la aldea El Edén, ubicada en el municipio de Palestina de los Altos, departamento de Quetzaltenango. Su objetivo consistió en evaluar la tolerancia a la infestación de nematodos en diez clones de papa (*Solanum tuberosum* L.). La investigación se llevó a cabo mediante una metodología que integró los enfoques estadístico, experimental e hipotético-deductivo. Se implementó un diseño de bloques completos al azar, compuesto por cuatro bloques, diez clones y un testigo. Para el análisis de la información recopilada, se empleó el programa InfoStat. Durante esta evaluación, se destacaron diferencias

significativas entre los tratamientos, utilizando la prueba de medias de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) con un nivel de significancia del 5%.

Los resultados obtenidos revelaron que los clones TC-2, LOMAN ROJA, TG-11 y TC-4 exhibieron resistencia, rendimiento y tolerancia frente a la infestación de nematodo dorado. Estos hallazgos sugieren un potencial prometedor en términos de fortaleza y adaptación de estos clones ante las condiciones adversas provocadas por la presencia de nematodos dorados.

## V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) constituye uno de los principales generadores de divisas, gracias a la exportación (El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Honduras), a la vez tiene bastante importancia en el mercado interno como fuente de alimento y trabajo; Guatemala, cosecha 11000 hectáreas con una producción promedio de 300000 t y un rendimiento de 27,3 t/ha. (FAO, 2008).

Dicho cultivo enfrenta una importante limitante en el uso de la semilla, la cual se obtiene en los propios campos de los agricultores, aproximadamente el 95% de la demanda de la semilla, es satisfecha de esta manera. Esta práctica presenta un factor coadyuvante, como es el precio de la semilla, ya que el agricultor la obtiene de sus propios campos de producción comercial, la compra con sus vecinos o en el mercado a un precio por debajo de Q. 1,100.00 /tm lo cual comparado con Q. 3,696.00/tm, precio de la semilla certificada le favorece económicamente, sin embargo, le crea problemas en cuanto al rendimiento, calidad y problemas de plagas, por lo tanto, le afecta la competitividad en el mercado y por consiguiente la rentabilidad (Mejía, 2002).

La producción de papa en Guatemala, se ha visto afectada en los últimos años por la presencia de nematodos formadores de quiste (*Globodera rostochiensis*) y (*Globodera pallida*), son considerados los más dañinos, presentando síntomas visibles cómo: debilitamiento de la planta, enanismo, marchitamiento, clorosis, pudiéndose confundir con deficiencia de nutrientes, y presentando quistes en las raíces, en los cuales se encuentran los nematodos, una disminución de producción total que puede ser desde el 20% al 80% según la cantidad de huevos que se encuentran por gramos de suelo. (Chapingo, 2005) Las infestaciones con nematodos puede ocasionar pérdidas directas al disminuir los rendimientos y pérdidas indirectas ocasionadas por lo difícil que resulta erradicar la plaga de un área infestada; la rotación de cultivos para reducir las poblaciones de nematodos son prolongadas, el control químico es costoso, peligroso y no es completamente efectivo, las cuarentenas nacionales para controlar la dispersión de la plaga se convierten a menudo en una restricción de la producción tanto de papa para consumo, como para semilla. Las variedades o clones de papa resistentes al nematodo del quiste de la papa son una buena alternativa para controlar esta plaga, dado que impiden que el nematodo se reproduzca en las raíces de la papa. El uso de variedades resistentes no significa costos adicionales para el agricultor y evitan o reducen

el contacto con nematocidas que influyen negativamente sobre el ambiente, el usuario o el consumidor del producto cosechado.

En Guatemala, no se conoce que existan clones resistentes ni tolerantes a los nematodos formadores del quiste en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L*) es por eso que el Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas (ICTA) introdujo diez clones de papa provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP), la falta de información de estos materiales representa un problema, es por ello que la evaluación en campo es de suma importancia.

Ante lo anterior planteado surge el siguiente cuestionamiento clave: ¿Qué clones de papa (*Solanum tuberosum L*) presentarán niveles significativos de tolerancia y resistencia frente a la infección provocada por el quiste de la papa (*Globodera rostochiensis*)?

Esta investigación surgió como respuesta a la imperante necesidad de obtener materiales con tolerancia y resistencia al nematodo del quiste de la papa, con el fin de evaluar su rendimiento y determinar el nivel de producción. En el transcurso de este estudio, ampliamos significativamente nuestro conocimiento sobre diversos genotipos de papa (*Solanum tuberosum L.*), identificando materiales con resultados prometedores que merecen un análisis más profundo. Estos hallazgos no solo ofrecen perspectivas valiosas para futuras investigaciones, sino que también señalan la posibilidad de desarrollar genotipos que cumplan con los exigentes requisitos de producción y comercialización, contribuyendo así a fortalecer la sostenibilidad y competitividad en el ámbito agrícola.

## VI. JUSTIFICACIÓN

García, citado por Rivas (2005), realizó un estudio exploratorio sobre la presencia de los nematodos de quiste en los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán. Más recientemente, Salguero, citado por Rivas (2005), realizó un estudio denominado “Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) en el municipio de Patzicia, Chimaltenango. Luego, Blanco, citado por Cifuentes (2014), realizó una investigación denominada “Determinación de la presencia del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll) y otros nematodos de quiste de la subfamilia Heteroderinae. En el año 2015, Morales, citado por Cifuentes (2014), reportó, la presencia de (*Globodera rostochiensis*) en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango.

La investigación se centró en la creciente amenaza del nematodo dorado, que ha experimentado un aumento notable en los últimos años y se ha extendido a diversas localidades. La capacidad de movilidad de este nematodo, mediante la adhesión de tierra a tubérculos infestados o herramientas agrícolas, destacó la urgencia de evaluar la resistencia de los clones de papa ante esta plaga.

La importancia de la investigación radica en determinar si los diez clones de papa evaluados en colaboración con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) mostraron alguna tolerancia al ataque del nematodo dorado. Este estudio se llevó a cabo en estrecha coordinación con la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, perteneciente al Centro Universitario de San Marcos.

La colaboración con entidades especializadas como el ICTA y la carrera universitaria mencionada aportó un enfoque integral a la investigación, combinando conocimientos prácticos y científicos para abordar de manera efectiva esta problemática creciente y su impacto potencial en la producción de papa en la región de Palestina de los Altos, Quetzaltenango. La realización de esta investigación se basa en la necesidad crítica de enfrentar la infestación de nematodos del quiste (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), un nematodo dorado que ha causado considerables pérdidas en los rendimientos y ha afectado la calidad de los tubérculos.

Además, la evaluación aportó al conocimiento científico al proporcionar datos específicos sobre la tolerancia de estos clones de papa a la infestación de nematodos del quiste. Los resultados obtenidos serán de utilidad para los agricultores, extensionistas agrícolas y tomadores de decisiones, proporcionándoles información clave para la selección de variedades más resistentes y la implementación de prácticas agronómicas más efectivas.

## VII. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Antecedentes

Maldonado, C. (2012) en su investigación titulada IDENTIFICACIÓN DE NEMATODOS DE QUISTE EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*). EN SEIS LOCALIDADES DE LA PARTE SUR DEL MUNICIPIO DE PALESTINA DE LOS ALTOS DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA realizó un estudio que demuestra que el género *Globodera* spp, de nematodos de quiste de la subfamilia Heteroderinae se encuentra presente con un 66.67% de incidencia en el área de cultivo de papa de los caseríos muestreados, lo cual representa un riesgo grave para el cultivo de papa y al no haberse implementado una cuarentena, existen altas probabilidades de que se siguiera propagando e incrementando la población de la plaga tanto dentro como fuera del municipio.

### 7.2. Marco conceptual

#### 7.2.1. Descripción botánica de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Es una planta anual herbácea, vivaz, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa, del cual se originan los tubérculos. (Rivera, 2002)

- a. **Raíces:** son fibrosas, muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y solo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido. (Rivera, 2002)
- b. **Tallos:** son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en la yema del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro. Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociámicos asociados a la clorofila, estando presentes en todo el tallo. (Rivera, 2002)
- c. **Rizomas:** son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias. Los rizomas producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo estos ovales o redondeados. (FAO, 2008)
- d. **Tubérculos:** son los órganos comestibles de la patata. Están formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas “ojos”, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo. (Rivera, 2002)

- e. **Hojas:** son compuestas, imparpinnadas y con foliolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo. Con flores bisexuales, actinomorfas, cáliz de 5 sépalos unidos, persistente; corola de 5 pétalos unidos rotados; androceo de 5 estambres insectos en el tubo de corola y alternos con sus lóbulos; gineceo constituido por un pistilo compuesto de 2 carpelos con 2 lóculos, óvulos numerosos, placentación axilar, ovario sípero, estilo terminal. (Rivera, 2002)
- f. **Inflorescencias:** son cimosas, están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Es una planta autógama, siendo su androsterilidad muy frecuente, a causa del aborto de los estambres o del polen según las condiciones climáticas. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, inflorescencia cimosa. (Rivera, 2002)
- g. **Frutos:** en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm. de diámetro, que se tornan amarillos al madurar. Es una baya, semillas con un embrión curvo o recto dentro de un espermo, de sabor desagradable y probablemente venenosa, con semillas fértiles, pero que no se emplean para la propagación, excepto cuando se desea obtener nuevas variedades. Debajo del suelo, a partir del extremo de un estolón, se forman los tubérculos cargados de almidón. (Rivera, 2002)

En cuanto al clima final, la papa se produce en climas templados y fríos, adaptándose bien a alturas comprendidas entre los 1,000 y 2,400 msnm, con temperaturas óptimas para un buen desarrollo de 16 a 24° C hasta un mínimo de 12°C. Su propagación es típicamente asexual, por medio de tubérculos o fragmentos que tengan ojos (yemas rudimentarias)

### 7.2.2. Clasificación Taxonómica de la papa

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L

### 7.2.3. Valor nutritivo

La papa es de gran valor nutritivo, posee un bajo valor de proteína con relación a la que posee la carne, pero logra superar a la que posee el trigo, la avena y las verduras. La composición química de la papa puede variar de acuerdo al clima, fertilidad del suelo y algunas otras condiciones que favorezcan a la formación de un buen tubérculo. (Rivera, 2002)

Composición química de la papa

Componente	g/100g. de peso fresco
Agua	77.4
Carbohidratos totales	17.4
Proteína	2.7
Grasas	0.1
Calcio (mg./100 g)	14.7
Fosforo (mg./100 g)	89.0
Hierro (mg./100 g)	0.8
Tiamina (mg./100 g)	52.6
Niacina (mg./100 g)	1.4
Fibra cruda	0.6
Riboflavina (mg./100 g)	33.7
Sólidos totales	22.6
Cenizas (g)	0.9

Fuente Siddiqui, 2000

### 7.3. Principales zonas de producción en Guatemala

De acuerdo a las condiciones bioclimáticas de las regiones, dentro de las áreas óptimas para el cultivo de la papa se encuentran las siguientes zonas:

#### 7.3.1. Zona Occidental

- **Quetzaltenango:** Concepción Chiquirichapa, Almolonga, Zunil, San Martín Sacatepéquez, Cajolá y otros.
- **Totonicapán:** San Francisco El Alto, San Cristóbal, San Andrés Xecul, etc.
- **Huehuetenango:** Todos Santos Cuchumatanes, San Juan Ixcoy, San Mateo Ixtatán.
- **Quiché:** Patzité, San Antonio Ilostenango y Chichicastenango.
- **San Marcos:** San Lorenzo, Comitancillo, Ixchiguán, Tacaná, Tejutla, San José Ojetenam, Concepción Tutuapa, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos y otros de la parte alta.
- **Sololá:** Santa Lucía Utatlán, Sololá, comunidades Argueta y Los Encuentros.

- **Chimaltenango:** Comalapa, Tecpán, Santa Cruz Balanyá, Zaragoza, Patzicía, Patzún y otros.

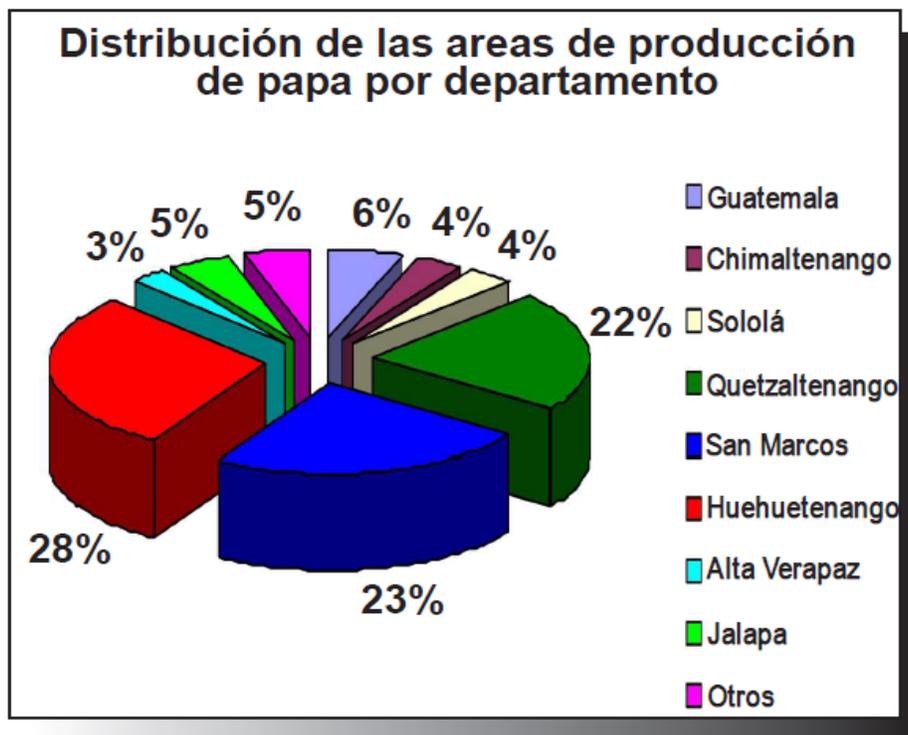
### 7.3.2. Zona Central

- **Sacatepéquez:** Antigua Guatemala, Sumpango, Santa Lucía Milpas Altas y otros.
- **Guatemala:** Palencia, San José Pínula, Villa Nueva, San José del Golfo y otros.

### 7.3.3. Zona Oriental

- **Santa Rosa:** Santa María Ixhuatán, San Rafael Las Flores.
- **Jalapa:** Mataquescuintla, San Carlos Alzatate, Monjas.
- **Jutiapa:** Algunas aldeas de las regiones altas de los municipios de El Progreso y Moyuta.

**Figura 1.** Porcentajes de producción según departamentos productores



Fuente INE 2003

#### 7.4. Nematodos del quiste

La papa y el tomate son los principales cultivos comerciales afectados por los nematodos de quiste de la papa, como hospedantes sirven otras pocas solanáceas y algunas familias que incluyen varias malezas. En consecuencia, la gama de hospedantes es relativamente reducida.

Los nematodos de quiste causan daños que a menudo pasan inadvertidos. En muchas ocasiones sus niveles de población están enmascarados. En el suelo, una población de nematodos puede incrementarse diez veces en un año, mientras que los daños solo se hacen visibles a cierto nivel de infestación, que depende de condiciones locales como fertilidad del suelo o suministro adecuado de agua. En el suelo de baja fertilidad, los daños pueden llegar a ser más visibles cuando la infestación está, entre 10 y 20 huevos por gramo de suelo. Pero un suelo fértil con contenido adecuado de humedad puede enmascarar una infestación de mayores proporciones. (Franco, J. 1981)

Existen dos tipos de pérdidas relacionadas con la infestación de nematodos:

- a) Directas, debidas a pérdidas de rendimiento
  - b) Indirectas, debidas a gastos de control o cuarentena.
- 
- a) **Pérdidas directas:** Pueden ser grandes aun sin que se vean signos de infestación con nematodos de quiste. Pueden ocurrir pérdidas de hasta 15% en cultivos que no muestran síntomas aéreos. El rendimiento puede reducirse en dos toneladas por hectárea cuando la infestación se aumenta en 20 huevos por gramo de suelo. Podría llegarse al caso de cosechar menos tubérculos que los sembrados. (Franco, J. 1981).
  - b) **Pérdidas indirectas:** Es muy difícil erradicar los nematodos del quiste que se establezcan en un área. La rotación de cultivos para reducir las poblaciones de nematodos es prolongada y equivalen a no cultivar papa durante varios años en el mismo terreno. El control químico es costoso, peligroso y no es completamente efectivo. Las cuarentenas nacionales para controlar la dispersión de la peste que se convierte a menudo en una restricción de la producción tanto de papa para consumo como para semilla. (Franco, J. 1981).

#### **7.4.1. Síntomas**

Los nematodos del quiste de la papa no causan inmediatamente síntomas aéreos y pueden permanecer por años en el suelo sin que se detecte su presencia. El primer síntoma es un crecimiento retardado de la planta en uno o más puntos del campo, los cuales se agrandan cada vez que se cultiva papa en ese campo. Se puede presentar una reducción en el crecimiento de las raíces. Las plantas atacadas pierden su color natural, se achaparran, enferman y se marchitan fácilmente durante las horas más calurosas y secas del día. Como estas plantas infestadas no pueden competir bien, las malezas se desarrollan con rapidez. Los tubérculos son más pequeños que los de plantas sanas y el rendimiento se reduce.

Un examen cuidadoso de las raíces revela la presencia de cuerpos pequeños y esféricos que miden entre 0.5 y 1 mm de diámetro y tiene color blanco, amarillo. El color depende de la especie de nematodo y del grado de madurez de las hembras que forman los quistes. Estos se desprenden fácilmente de las raíces.

Producen síntomas en las raíces como en los órganos aéreos de las plantas. Los síntomas de la raíz aparecen en forma de nudos, agallas o lesiones en ella, ramificaciones excesivas de la raíz, puntas dañadas de esta última y pudriciones de la raíz, cuando las infecciones por nematodos van acompañadas por bacterias y hongos saprófitos o fitopatógenos. Estos síntomas con frecuencia van acompañados por síntomas no característicos en los órganos aéreos de las plantas y que aparecen principalmente en forma de un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en nutrientes como amarillamiento del follaje, el marchitamiento excesivo en clima cálido o seco, una menor producción de las plantas y una baja calidad de sus productos. (SAGARPA, 2013).

#### **7.4.2. Taxonomía**

Los nematodos del quiste de la papa pertenecen al Phylum *Nematoda*.

La mayoría de los géneros parásitos importantes pertenecen al orden Tylenchida, (Franco, 1981) pero algunos pertenecen a:

Orden Dorylaimida.

Superfamilia: Heteroderoidea

Familia: Heteroderidae

Género: Globodera, nematodo formador de quistes de la papa.

La diferencia más obvia entre ambas especies es el color de las hembras inmaduras.

- ***G. rostochiensis***: Son amarillas o doradas y de ahí el nombre de nematodo dorado. Entre otras características taxonómicas está la presencia de un estilete que tiene protuberancias en su parte posterior, así: *G. rostochiensis*: estilete de 19 a 21 micras de longitud con protuberancias que apuntan hacia arriba. (Franco, 1981)
- ***G. pallida***: Las hembras inmaduras de *G. pallida* son de color blanco, no pasan por la fase dorada. la presencia de un estilete que tiene protuberancias en su parte posterior, así: estilete de 23 a 24 micras de longitud con protuberancias que apuntan hacia adelante. (Franco, 1981)

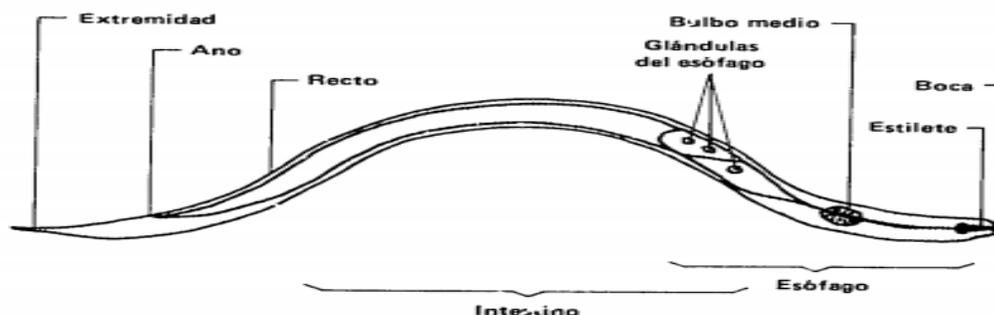
### 7.4.3. Morfología

El segundo estado juvenil es característico para la morfología de los nematodos. En ese estado del nematodo es semejante a un gusano redondo y elongado y solo puede ser estudiado con microscopio. El canal digestivo consta de boca, esófago, intestino, recto y ano.

Es característico un estilete dentro de la boca, el cual consiste en una estructura fuerte, tubular y móvil que sirve para perforar la pared celular y absorber el alimento. Por el estilete pasan al tubo esofágico que contiene bulbo medio.

Nematodo en su segundo estado juvenil. Este estado es característico de la morfología de los nematodos de quiste de la papa. (Franco, 1981)

**Figura 2.** Nematodo en su segundo estado juvenil



Fuente: Nematodos del quiste de la papa *Globodera* spp

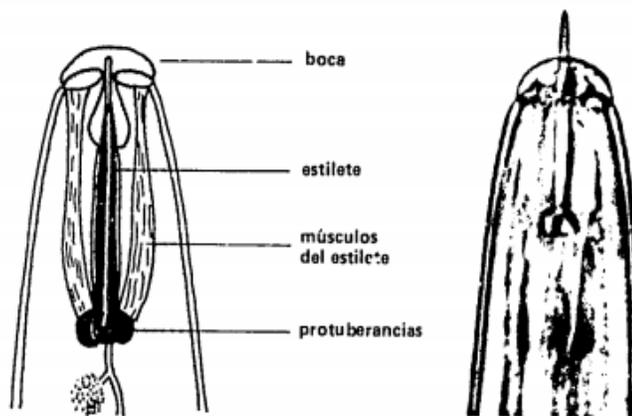
Con la ayuda de músculos y de una válvula, el bulbo medio funciona como una estación de bombeo que impulsa al alimento hacia el intestino. Después del bulbo medio hay tres glándulas del esófago que forman un bulbo terminal. El intestino es un órgano de almacenamiento, normalmente lleno de glóbulos de una sustancia grasosa. El intestino se estrecha para formar el recto y termina en el ano.

Los machos conservan la forma de gusano redondo y elongado. Cuando han madurado miden más o menos un milímetro de longitud.

El cuerpo de la hembra, al madurar, se ensancha y después de la muerte se convierte en un quiste duro, de la consistencia del cuero. Los quistes tienen forma esférica o globular, miden entre 0.5 y 1 mm de diámetro y presentan una pequeña prominencia que corresponde a lo que era la cabeza, la cual estaba adherida a las raíces.

Estilete dentro de la boca es un órgano obvio de los nematodos de quiste y se observa claramente cuando se examina el estado juvenil al microscopio. (Franco, 1981)

**Figura 3.** Estilete del nematodo



Fuente: Nematodos del quiste de la papa *Globodera* spp

#### **7.4.4. Ciclo de vida**

A diferencia de los insectos “larvas”, los nematodos pasan por las diferentes tres fases de desarrollo sin presentar cambios en el aspecto exterior. A estas fases se les llama estados juveniles para distinguirlas de la fase adulta de los nematodos y de las larvas de los insectos.

El ciclo de vida empieza cuando los nematodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los nuevos, dentro de los quistes, bajo el estímulo de una sustancia que exudan las

raíces en crecimiento. Algunos huevos permanecen en el quiste y de ellos emergen estados juveniles en las temporadas siguientes.

Atraídos por exudados radiculares, los nematodos en el segundo estado juvenil punzan las raíces, penetran en ellas y allí viven y se alimentan durante dos mudas o cambios adicionales.

En el tercer estado juvenil de desarrollo de los nematodos del quiste se define el sexo, en función de la cantidad de alimento que haya disponible. Si hay pocos nematodos y abundante alimento, la población está predominante constituida por hembras. Si la población es abundante y hay poco alimento disponible, predominan los machos.

Las hembras se vuelven sedentarias y se adhieren a la raíz dentro del tejido de la corteza. Su cuerpo se ensancha, rompe las células de la raíz y llega a ser visible fuera de esta, aunque la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido.

Los machos conservan su forma elongada como de gusano, abandonan la raíz, localizan hembras que están rompiendo la superficie radicular y se aparean en ellas.

Después de que la hembra muere, la cutícula de su cuerpo esférico cambia químicamente y el color que era blanco o amarillo se torna marrón, o bronceo. La hembra muerta se convierte en un quiste marrón y duro, resistente a las condiciones ambientales desfavorables.

Los quistes se desprenden fácilmente de las raíces. Cada uno contiene y protege desde unos pocos hasta 600 huevos. Cada huevo está protegido, además, por su propia cáscara y alcanza a permanecer viable por 20 años o más. Los huevos se pueden activar cuando se siembre papa.

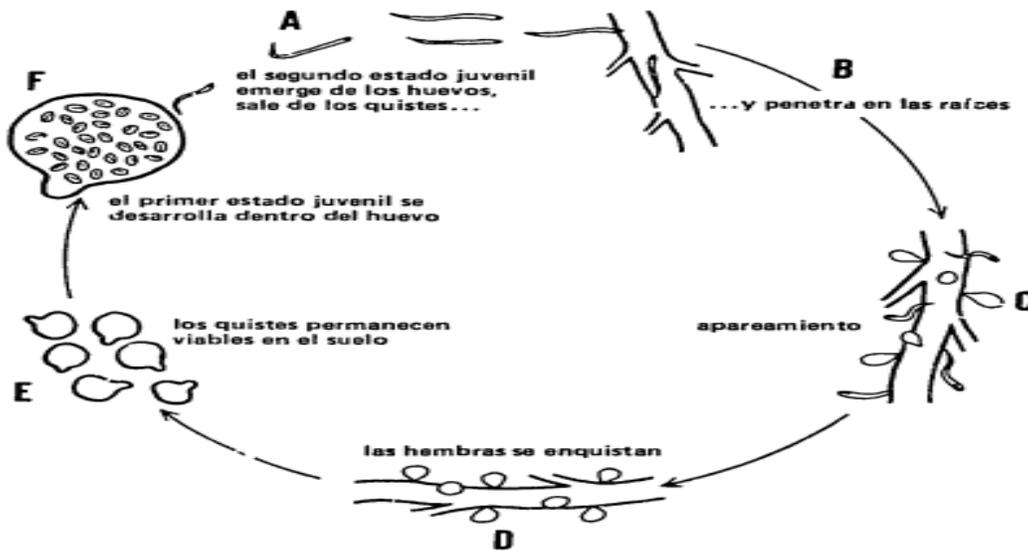
Todavía bajo la doble protección de la pared del quiste y la cáscara del huevo, se desarrolla dentro de este el primer estado juvenil. El segundo estado juvenil emerge cuando se presente como estímulo el exudado de las raíces. (Franco, 1981)

En una temporada ocurre una generación, esto es un ciclo de vida, lo cual toma de 6 a 10 semanas. En este tiempo y si no hay competencia por alimento, la población de nematodos se puede multiplicar en proporciones hasta 1 a 50. (Franco, 1981)

Un ciclo de vida, que es una generación, ocurre en una temporada y dura de 6 a 10 semanas. Bajo el estímulo de exudados de la raíz, el segundo estado juvenil emerge de los huevos dentro de los quistes (A). Penetra en las raíces (B). Cuerpos de hembras que sobresalen en la superficie de las raíces. Los machos abandonan las raíces y se aparean con las hembras (C). Cuerpos de hembras muertas se convierten en quistes (D). Los quistes se pueden despegar con facilidad de las raíces y

permanecer viables en el suelo por más de 20 años (E). El primer estado juvenil se desarrolla dentro del huevo, protegido por la cascara del huevo y pared del quiste (F). (Franco, 1981)

**Figura 4.** Ciclo de vida del nematodo



Fuente: Nematodos del quiste de la papa *Globodera* spp

### 7.5. Nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens)

Son nematodos endoparasíticos sedentarios, que permanecen normalmente en el suelo por 5 – 6 años y a veces hasta por 20. Cada quiste joven contiene de 200 – 500 huevos. Después de la siembra, las raíces de la planta huésped, papa en este caso, producen exudados radicales que estimulan la eclosión de los huevos, de los cuales emergen los juveniles de segundo estado. Estos miden entre 470 y 500  $\mu\text{m}$  de largo y entre 18 y 19  $\mu\text{m}$  de ancho. Al salir del huevo, siendo el único estado infectivo, migra hacia el ápice radical por donde penetra. Después de recorrer algunos milímetros de la raíz, el juvenil se detiene y continúa su desarrollo como sedentario, pasando por tres estados juveniles (segundo, tercero y cuarto) antes de lograr el estado adulto.

En la familia Heteroderidae, a la cual pertenece el género *Globodera*, existe un dimorfismo sexual muy marcado. Mientras el segundo estado juvenil es móvil y vermiforme, el tercero y cuarto estado juvenil, así como las hembras adultas, son inmóviles y abultadas. Las hembras son esféricas, miden 500 – 600  $\mu\text{m}$  de diámetro. El tamaño es afectado por el huésped y por el nivel poblacional

del nematodo, siendo más pequeñas cuando la población es elevada o el huésped se encuentra fuertemente dañado. El macho adulto es móvil y vermiforme y mide aproximadamente 1200 µm de largo y 28 µm de ancho; sin embargo, a veces se encuentra ejemplares que miden un poco más de la mitad del largo normal.

Su capacidad patogénica no ha sido demostrada. La hembra posee un aparato reproductivo muy desarrollado y después de ser fecundada produce gran cantidad de huevos (hasta 500) que retiene en el interior del cuerpo. Cada huevo mide aproximadamente 40 x 80 µm.

En *G. rostochiensis* la hembra adulta adquiere una coloración amarillenta, luego se transforma en quiste. En comparación con la hembra madura, el quiste tiene una cutícula más gruesa y de color castaño oscuro para proteger los huevos.

Los quistes no se alimentan y se desprenden fácilmente de las raíces o de los tubérculos. Los huevos, al final del desarrollo embrionario, aproximadamente después de 2-3 semanas, contienen juveniles de segundo estado.

#### ***7.5.1. Clasificación taxonómica de nematodo dorado***

Reino:	Animalia
Phylum:	Nematoda
Clase:	Secernentea
Subphylum:	Uniramia
Subclase:	Diplogasteria
Orden:	Tylenchida
Suborden:	Tylenchina
Subperfamilia:	Tylenchoidea
Familia:	Heteroderidae
Subfamilia:	Heteroderina
Género:	<i>Globodera</i>
Especie:	<i>G. rostochiensis</i> (Siddiqui, 2000)

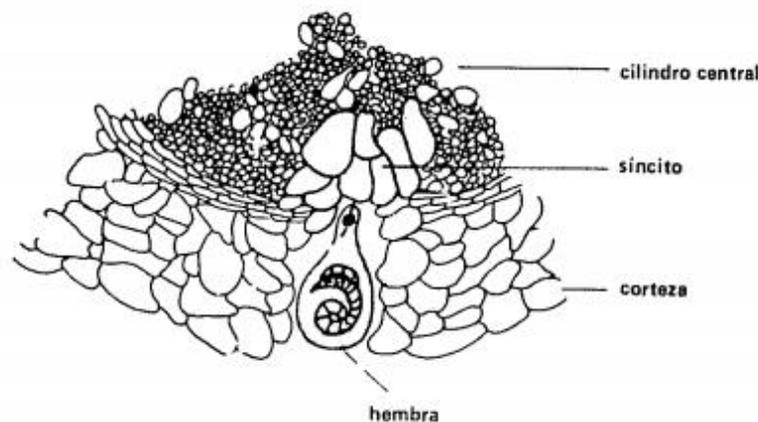
## 7.6. Relación entre la planta y los nematodos

Los nematodos del quiste de la papa son parásitos de las raíces que están muy bien adaptados. El efecto estimulante de un exudado de la raíz de la planta hospedera asegura que los nematodos emerjen solo cuando las condiciones son favorables y con seguridad encontrarán raíces de papa. El segundo estado juvenil de los nematodos perfora con su estilete las paredes celulares y entra en la raíz dejando atrás una agrupación de células perforadas.

La saliva que excretan las glándulas de esófago hace que las células radiculares ubicadas cerca de la cabeza de la hembra se agranden y se unan. Estas células agrandadas unidas, que se llaman sincitos o células de transferencia, le suministran a la hembra, alimento permanente y son necesarias para el desarrollo de los nematodos. De otro lado, el desarrollo y el sustento de los sincitos compiten con el crecimiento de la planta.

Además, el daño que hacen los nematodos causa estrés debido a la falta de agua y disturba el metabolismo de los nutrientes. (Franco, 1981)

**Figura 5.** Células agrandadas, llamadas “sincitos” o “células de transferencia”



Fuente: Nematodos del quiste de la papa *Globodera* spp

Células agrandadas, llamadas sincitos o células de transferencia, de las cuales constituyen una fuente permanente de alimento para las hembras.

La relación entre la papa y los nematodos del quiste está gobernada por:

- La resistencia que posee la variedad de papa.

- La tolerancia que posea la variedad de papa
- La patogenicidad del nematodo.

#### ***7.6.1. Resistencia:***

Se define como la capacidad o el atributo de una planta de papa de impedir en forma total o parcial la multiplicación del nematodo. Como resultado de esta acción, las poblaciones iniciales de nematodos, 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 (Franco, Gonzáles y Matos, 1990).

Según su grado de resistencia, una planta de papa puede contribuir a la multiplicación de los nematodos o a su disminución. La resistencia está determinada por la relación entre la densidad de población de los nematodos antes de la siembra y su densidad de población al final, esto es, cuando termina la temporada de cultivo.

#### ***7.6.2. Fuentes de resistencia***

Una forma más eficiente de trabajo es aprovechar las fuentes de resistencia que ya se conocen. Estas pueden ser variedades resistentes ya disponibles, o materiales avanzados provenientes de otros programas de mejoramiento como el del Centro Internacional de la Papa (CIP). La evaluación de estos materiales por parte de los programas nacionales ayuda a identificar aquellos que muestren resistencia en las diversas condiciones ambientales de un país. (Scurrah, M. 1981).

#### ***7.6.3. Evaluación de resistencia en tubérculos***

Para la evaluación de material genético en forma de tubérculos en cuanto a resistencia al nematodo del quiste de la papa hay varias pruebas que se pueden realizar bajo condiciones de laboratorio (recipiente cerrado y cajas de petri), invernadero (macetas) y campo. Todas estas pruebas de evaluación miden la reproducción del nematodo en el material bajo estudio. (Franco, Gonzáles y Matos, 1990).

### **7.6.3.1. Prueba en campo**

El objetivo de esta prueba es identificar o comprobar si la resistencia incorporada a clones de papa es realmente efectiva en el lugar donde se ejecute la prueba, así como también para evaluar sus características agronómicas. Esta prueba, aunque bajo ciertas circunstancias es opcional, es muy importante porque su ejecución se lleva a cabo en un campo naturalmente infestado y no necesita instalaciones especiales. Con esta prueba, además de evaluar la resistencia de los clones, se mide la tolerancia al ataque del nematodo.

El diseño de campo que se escoja dependerá del número de tubérculos disponibles de cada clon por someter a prueba. En todos los casos la uniformidad y severidad de la infestación del campo se determinan, alternando en los diseños una variedad de papa susceptible con las líneas avanzadas por probar. Estas variedades susceptibles deberán ser las más comunes de la región donde se instale la prueba.

Esta prueba se refiere esencialmente a determinar si la reproducción del nematodo es afectada por los clones en pruebas. Una forma de determinar el efecto de los clones es por medio de la tasa de multiplicación. La otra forma, la más importante, es evaluar si la reproducción del nematodo ha sido exitosa al cabo de 10 a 12 semanas después de la siembra.

En este caso, al extraer cuidadosamente las plantas de papa se observará sobre las raíces de los cultivares susceptibles numerosas hembras inmaduras. Por el contrario, en las raíces de aquellos clones que se muestren resistentes, no se verá ninguna o solo se observará un número muy reducido de hembras. La escala para evaluar y determinar el comportamiento de los clones es la que se indica en la respectiva hoja de evaluación (Forma CIP-144 ver el anexo 1). Para realizar esta prueba la única condición es disponer de un campo infestado. Esto se determina por la historia del campo y la toma de muestras del suelo o ambas cosas, las que se procesarán para determinar la presencia de quistes (mínimo 20 quistes viables/100 g de suelo). Además, se aplicarán los insumos normales de fertilización, prácticas culturales y productos fitosanitarios. (Franco, Gonzáles y Matos, 1990).

### **7.6.3.2. Muestreo**

El muestreo tiene como objetivo, obtener información veraz y económica de una población a estudiar, o de un parámetro de una parcela experimental. Así, también, se hace porque es menos

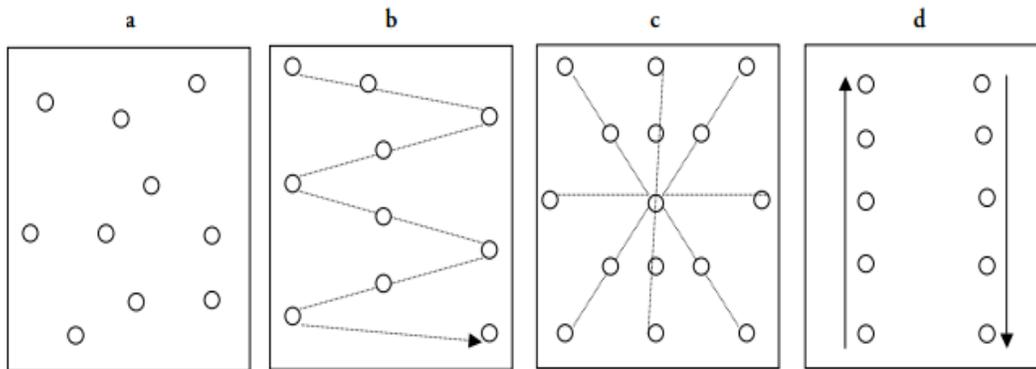
destrutivo en la modificación de los caracteres de interés (Maldonado, M. 2012). Al momento de realizar el muestreo, es necesario considerar lo siguiente:

**a) Diseño del muestreo**

Los nematodos raramente están distribuidos de forma uniforme en el campo, por tanto, las muestras deben tomarse de varias zonas del campo. Recoger muestras por separado de zonas con crecimiento pobre y de zonas con crecimiento relativamente bueno, donde estas diferencias sean obvias para poder compararlas. Seguir siempre el mismo procedimiento y modelo en la recogida de muestras durante los muestreos y experimentos para que las comparaciones entre campos, parcela, tratamientos, etc. tengan significado (Coyne, Nicol, y Claudius-Cole, 2007).

El procedimiento de muestreo puede ser al azar o sistemático. El muestreo al azar no se adecua a la distribución natural del nematodo en manchas o parches y solo es representativo si el área de muestreo es pequeña. El muestreo sistemático representa un modo más estructurado de tomar muestras, ya que considera la naturaleza del campo y la distribución del nematodo (Coyne, Nicol, y Claudius-Cole, 2007).

**Figura 6.** Patrones de muestreo para nematodos



(a) Muestreo al azar; (b–d) muestreo sistemático.

**b) Época de muestreo:** Muchas especies de nematodos incrementan sus densidades poblacionales hasta alcanzar niveles altos durante la campaña del cultivo y estas densidades poblacionales se reducen durante los periodos entre cultivos (estación seca). Por tanto, las muestras deberán tomarse idealmente a mitad de la campaña y/o al finalizar la cosecha con fines de diagnóstico. (Coyne, Nicol, y Claudius-Cole, 2007).

**c) Recolección de muestras de raíces:** Evitar tomar muestras de plantas muertas o aquellas que estén en avanzado estado de senescencia, ya que los nematodos habrán emigrado de estas plantas a otras fuentes de alimento. En el caso de cultivos con escaso porte, todo el sistema radical de una planta puede constituir una submuestra. Arrancar la planta del suelo con sus raíces con la ayuda de una pala o azada, de forma que al levantar las raíces una porción considerable del sistema radical permanezca intacto y teniendo cuidado de no romperlas. (Coyne, Nicol, y Claudius-Cole, 2007).

#### **7.6.4. Tolerancia**

Es la capacidad de la planta de papa para producir, no obstante, encontrarse en un suelo infestado de nematodo. Puede ocurrir tanto en variedades resistentes como variedades susceptibles. Es, pues, independiente de la resistencia. Las plantas intolerantes producen menos. Las variedades tolerantes tienen la capacidad de recuperarse del daño que causan los nematodos. (Franco, 1981)

La tolerancia es independiente del patotipo de nematodos y se presenta con las frecuencias en las variedades andígena (*Solanum tuberosum* ssp. *Andígena*) que en las variedades *tuberosum* (*S. tuberosum* sp. *Tuberosum*). Ello se debe, posiblemente, a que en los Andes evolucionaron paralelamente la papa andígena y los nematodos. La papa desarrolló tolerancia para sobrevivir frente al ataque de los nematodos. Las variedades *tuberosum* han sido desarrolladas en áreas donde los nematodos del quiste de la papa no existían. (Franco, 1981)

#### **7.6.5. Patogenicidad.**

En ambas especies *Globodera* (*G. rostochiensis* y *G. pallida*) se presentan varios patotipos. Los patotipos son razas fisiológicas y pueden ser identificados por su habilidad para multiplicarse en plantas de papa llamadas papas diferenciales. Estas plantas tienen diferentes genes para resistencia. Así, una planta diferencial puede llegar a estar infestada mayormente con cientos patotipos de *Globodera*, pero no con otros. (Franco, 1981)

#### **7.6.6. Impacto económico de la plaga**

El nematodo enquistador de la papa es la plaga más importante en el cultivo de la papa en áreas con bajas temperaturas. El daño se relaciona con el número de huevos por unidad de suelo y

se refleja en el peso del tubérculo producido. Varias infestaciones con *G. rostochiensis* y *G. pallida* dan como resultado un menor rendimiento de la planta (SAGARPA, 2013).

A bajas densidades poblacionales las plantas y tubérculos que se producen son de tamaño pequeño, mientras que a densidades poblacionales altas el tamaño de los tubérculos se reduce severamente. Cuando en suelo se tiene de 8 a 64 huevos por gramo, las pérdidas de la producción varían del 20 al 70 %. El límite máximo de huevos /g de suelo para *G. rostochiensis* y *G. pallida* es de 1.2 a 2.1 (OIRSA, 2015).

El impacto se manifiesta en recuperaciones socioeconómicas que se traduce en los siguientes puntos:

1. Disminución del rendimiento.
2. Altos costos en el control, manejo, erradicación.
3. Disminución de la rentabilidad de los campos afectados por este patógeno.
4. Restricción o cierre de mercados
5. Restricciones cuarentenarias impuestas al país con presencia del nematodo.

#### **7.6.7. Diseño experimental**

El diseño experimental a utilizar es “diseño experimental bloques completos al azar (DBCA).”

En este diseño los tratamientos se asignan aleatoriamente, a un grupo de unidades experimentales denominado Bloque o repeticiones. Consiste en mantener la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de los bloques, debiéndose repetir únicamente una vez cada tratamiento dentro del mismo bloque. Por regla general, es más eficiente tener una sola repetición de cada tratamiento por bloque; a fin de minimizar el erro experimental, deben tomarse todas las precauciones para tratar las unidades experimentales dentro de un bloque lo más uniforme posible.

Los bloques pueden estar constituidos por áreas compactas de un campo, grupo de animales que pueden manipularse de un modo uniforme o diferentes tiempos de aplicación de tratamiento o unidades experimentales.

### 7.6.8. Descripción de los genotipos utilizados.

Listado Final	ICTA – GUATEMALA					
	PAPA	Orden	Número de Acceso	Código de Acceso	Numero de Acc. Fem.	Numero de Acc. Male
Accesiones Regionales	1	CIP309028.056	VHT-028.056	427.7	ZAREVO	Good for FF
	2	CIP309032.032	VHT-032.032	WA.104	LD-88.108	
	3	CIP309043.123	VHT-043.123	317.6	CHIEFTAIN	
	4	CIP398208.670		393371.58	392633.64	
	5	CIP302533.74		393371.159	396272.43	
	6	CIP302534.17		393371.159	396272.18	
	7	CIP390478.9	C90.170	SERRANA	XY.4	TACNA
	8	CIP392025.7	LR-93.221	LINEA 21	XY.16	
	9	CIP392797.22	C92.140	387521.3	APHRODITE	UNICA
	10	CIP392820.1	C93.154	MONALISA	YY-5	
Accesiones Nacionales	11	CIP309003.011	VHT-003.011	C91.612/REICHE	LD-73.17	
	12	CIP309047.028	VHT-047.028	LD-54.20	C93.154	
	13	CIP309074.123	VHT-074.123	LD-10.34	92.187	
	14	CIP309074.129	VHT-074.129	LD-10.34	92.187	
	15	CIP309080.060	VHT-080.060	LD-10.34	LD-57.20	
	16	CIP309088.120	VHT-088.120	LD-30.6	LD-95.24	
	17	CIP309093.043	VHT-093.043	LD-32.25	C93.154	
	18	CIP309093.050	VHT-093.050	LD-32.25	C93.154	
	19	CIP309096.118	VHT-096.118	LD-32.25	LD-39.32	
	20	CIP309103.085	VHT-103.085	LD-32.8	ZAREVO	
	21	CIP309126.064	VHT-126.064	LD-49.50	LD-39.32	
	22	CIP309131.016	VHT-131.016	LD-73.31	C93.154	
	23	CIP398017.53		391002.6	392639.31	
	24	CIP304079.10		393075.54	Granola	
	25	CIP302533.40		393371.159	396272.43	
	26	CIP304081.44		393075.54	Monalisa	

Fuente ICTA 2023

#### 7.6.8.1. DÍA 71

Se siembra entre surcos 90cms y entre plantas 30cms. Su clima para producción se encuentra entre los 2000 msnm, 30000 msnm, produciendo 28ton, Ha.

Su altura de planta varía en 1.10m, tallos fuertes y flores blancas. Tubérculos grandes y alargados resistentes a Tizón tardío y temprano, buena calidad madura de 120 a 130 días. (Rivera, 2002).

## VIII. MARCO REFERENCIAL

### 8.1. Localización y descripción de la unidad de investigación

#### 8.1.1. Descripción del lugar

La aldea el Edén, en dirección al norte de la cabecera municipal con las coordenadas 14°954981 N, -91°658905 O, pertenece al municipio de Palestina de los Altos del departamento de Quetzaltenango. Tiene un área de 2.59 km<sup>2</sup> con un terreno quebrado en su extensión territorial, camino pavimentado en el centro de la comunidad, la mayoría de las tierras las utilizan para el cultivo de maíz, haba, papa, entre otros, también cuenta con una amplia área de diversidad de flora y fauna. En su nivel de sociedad, la mayoría de familias cuentan con vehículo para transportarse. (Alcoba, 2021)

#### 8.1.2. Colindancias

- Al norte con la aldea Chuicabal
- Al este con aldea Las Lagunas del municipio de Sibília
- Al sur con aldea Los Gonzáles Palestina de los Altos
- Al oeste con aldea San José San Antonio Sacatepéquez (Alcoba, 2021)

### 8.2. Aspectos geográficos

#### 8.2.1. División política

La aldea el Edén tiene una extensión territorial de aproximadamente 2.56 kilómetros cuadrados y su división política está formada por sectores. (Alcoba, 2021)

1. Sector Los Mazariegos
2. Sector del Cementerio
3. Sector Los Barrios
4. Sector Centro

#### 8.2.2. Ubicación de la comunidad

La aldea el Edén se encuentra al norte de la cabecera municipal, a unos 4.7 km de distancia, con coordenadas 14°954981 N, -91.658905 O. (Alcoba, 2021)

### **8.2.3. *Distancia de la cabecera departamental***

La aldea el Edén se encuentra a una distancia de 31 km de la cabecera departamental. (Alcoba, 2021)

### **8.2.4. *Distancia de la ciudad capital***

La aldea el Edén se encuentra a una distancia de 228 km de la ciudad capital. (Alcoba, 2021)

### **8.2.5. *Límites***

Los límites de la aldea el Edén son con los caseríos que están alrededor del perímetro, caserío Mira Peña, Caserío Buenos Aires, Caserío los laureles, Caserío el Desierto, Caserío Sinaí, Caserío las delicias. (Alcoba, 2021)

### **8.2.6. *Densidad poblacional***

Es de 0,0216 habitantes por kilómetro cuadrado (Alcoba, 2021)

### **8.2.7. *Topografía***

La aldea el Edén, del municipio de Palestina de los Altos, tiene una topografía quebrada/hondonada en todo su perímetro. (Alcoba, 2021)

### **8.2.8. *Clima***

El clima está asociado a la altitud sobre el nivel del mar, a la biotemperatura y a la precipitación pluvial; por tales factores la aldea el Edén se clasifica como clima frío. (Alcoba, 2021)

### **8.2.9. *Régimen de lluvia y precipitación pluvial.***

El régimen de lluvia está contemplado de la segunda semana de abril hasta la segunda semana de octubre, con una precipitación pluvial de 1200 mm (Alcoba, 2021)

### **8.2.10. *Hidrografía***

La aldea cuenta con nacimiento de agua y capas freáticas (Alcoba, 2021)

## **IX. OBJETIVOS**

### **9.1. General**

Evaluar la tolerancia de diez clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infestación de nematodos del quiste (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), en aldea El Edén, municipio de Palestina de los Altos, departamento de Quetzaltenango.

### **9.2. Específico**

- ❖ Identificar el genotipo de papa que presente mayor resistencia a la infección del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens).
  
- ❖ Seleccionar el genotipo de papa que presente el mejor rendimiento bajo condiciones de siembra de suelos infestados con nematodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens).

## **X. HIPÓTESIS**

- ❖ **Ha.1** Al menos uno de los genotipos de papa a evaluar presentará resistencia a la infección del nematodo dorado.
  
- ❖ **Ha.2** Al menos un genotipo de papa a evaluar presentará un mejor rendimiento en suelos infestados con nematodo dorado
  
- ❖ **Ha.3** Al menos uno de los genotipos de papa a evaluar presentará tolerancia a la infección del nematodo dorado.

## XI. MÉTODOS Y MATERIALES

### 11.1.MÉTODOS

**11.1.1. Método experimental:** Se experimenta con una variable independiente que puede ser manipulada si así lo desea el investigador.

**11.1.2. Método estadístico:** Este método se empleó para la obtención de información necesaria en el número de tubérculos, por cada una de las repeticiones, organizando, resumiendo y presentando en forma adecuada el material numérico, con ello facilitando el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

**11.1.3. Método hipotético-deductivo:** Este llevó a un proceso de inducción que remite el problema a una teoría para formular una hipótesis, que a través de un razonamiento deductivo intenta validar la hipótesis empíricamente. Este se usó en el momento de dar respuestas a las hipótesis con relación a las variables como, rendimiento, tolerancia y resistencia.

### 11.2.MATERIALES

#### 11.2.1. Clones de papa

Para efectos de la investigación se usaron los siguientes clones de papa: TG-7, TC-10, TC-7, TC-4, TC-3, TC-2, LOMAN ROJA, TG-15, TG-13, TG-11 y DÍA 71 como testigo.

#### 11.2.2. Insumos

- Fertilizantes
- Fungicidas
- Insecticidas
- Herbicidas
- Foliar
- Materia orgánica

### ***11.2.3. Recursos físicos***

- GPS
- Navajas
- Azadones
- Machetes
- Pita
- Cinta métrica
- Reglas
- Bandejas
- Bomba de fumigar
- Bolsas plásticas
- Lupas

### ***11.2.4. Recurso de oficina***

- Computadora
- Lapiceros
- Libreta
- Calculadora
- Bitácoras

## **11.3.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y VARIABLES**

### ***11.3.1. Diseño experimental***

El diseño experimental que se utilizó fue “diseño experimental bloques completos al azar (DBCA).”

En este diseño los tratamientos se asignan, aleatoriamente, a un grupo de unidades experimentales denominado Bloque o repeticiones. Consiste en mantener la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de los bloques, debiéndose repetir únicamente una vez cada tratamiento dentro del mismo bloque. Por regla general, es más eficiente tener una sola repetición

de cada tratamiento por bloque; a fin de minimizar el error experimental, deben tomarse todas las precauciones para tratar las unidades experimentales dentro de un bloque lo más uniforme posible.

Los bloques pueden estar constituidos por áreas compactas de un campo, grupo de animales que pueden manipularse de un modo uniforme o diferentes tiempos de aplicación de tratamiento o unidades experimentales.

Se utilizó este diseño debido a que las condiciones en campo son heterogéneas y la distribución del nematodo dentro de la parcela no es uniforme, se establecieron 4 bloques que corresponden al número de repeticiones y en ellos se encontrarán todos los clones y el testigo, por ello son bloques completos y la distribución de las variedades dentro del bloque será al azar.

### ***11.3.2. Modelo estadístico***

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

**Siendo:**

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésima variedad.

$\beta_j$  = Efecto de  $j$ -ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

### ***11.3.3. Tamaño de la unidad experimental***

El área total del ensayo fue de 120 m<sup>2</sup>, 30 m de largo y 4 m de ancho, el distanciamiento entre plantas se realizó de 0.25 m y entre surco fue de 0.90 m, el tamaño del tratamiento fue de 3 m y el distanciamiento entre cada tratamiento fue de 0.5 m.

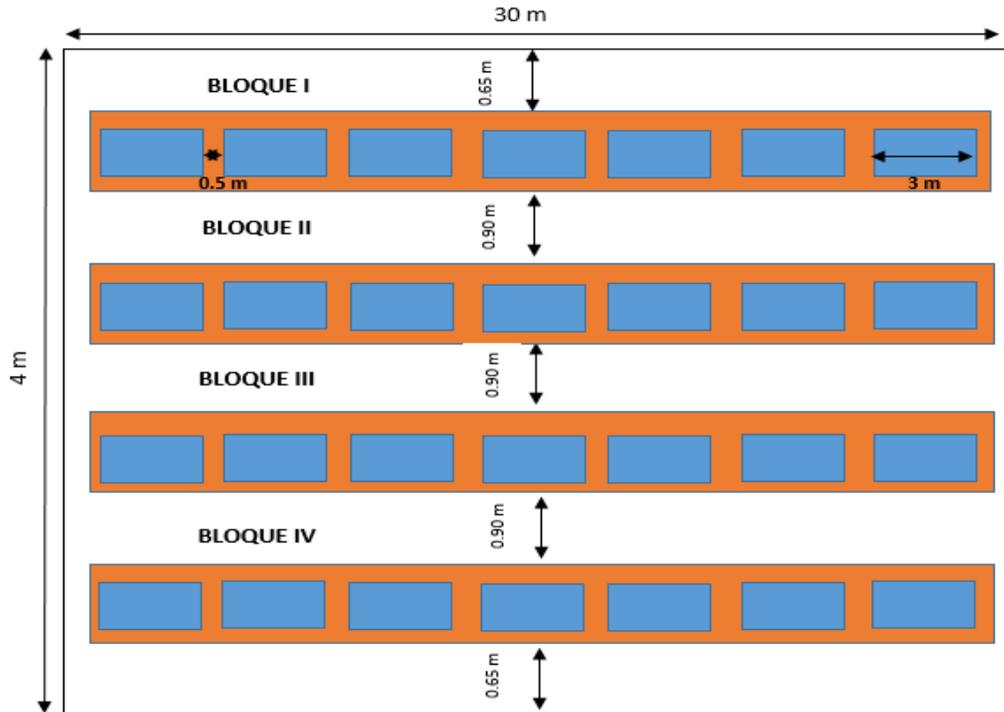
### ***11.3.4. Número de tratamientos***

Se realizaron diez (10) tratamientos que corresponden a la cantidad de clones que se sometieron a evaluación y un (1) testigo que en este ensayo fue DÍA 71, al ser la variedad más utilizada por los agricultores de esa localidad.

### 11.3.5. Número de repeticiones

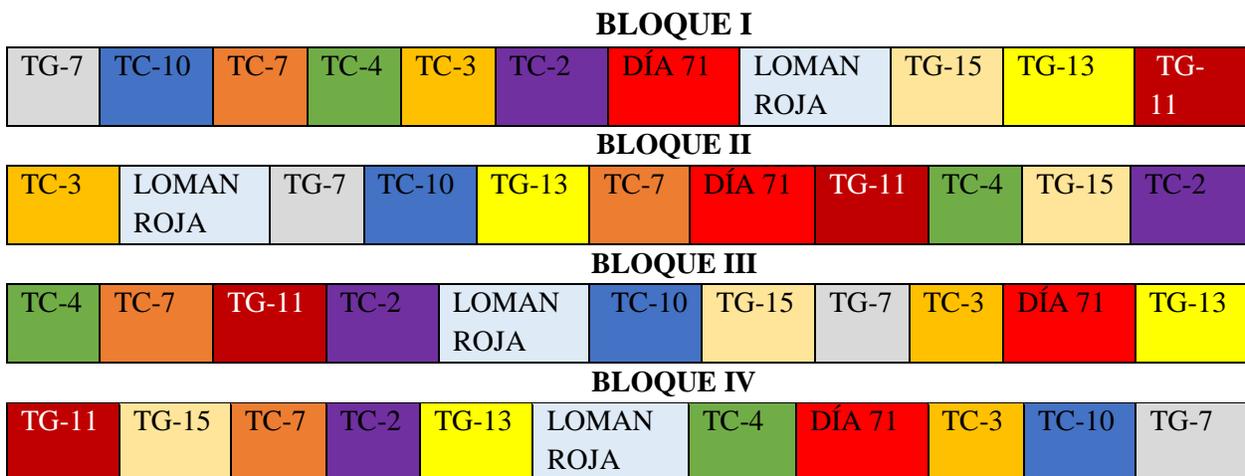
Se realizaron cuatro bloques (4) bloques, los cuales correspondieron a la cantidad de repeticiones, teniendo una totalidad de 40 tubérculos por clon.

**Figura 7.** Unidad experimental



Fuente: elaboración propia 2021

### 11.3.6. Distribución de los clones en el campo de la investigación



Fuente: elaboración propia, 2021.

## 11.4. Variables de respuesta:

### 11.4.1. Resistencia

La resistencia a la infección se observó en campo, removiendo cuidadosamente la planta completa que presento, síntomas (decaída, follaje, amarillamiento, etc.) con ello se determinó el número de quistes adheridos a la raíz. Esta información se agregó a:

**Tabla 1.** Pruebas, criterios y parámetros considerados por el CIP, en las evaluaciones de resistencia. (En campo)

Prueba	Criterio	Parámetro	Escala	Reacción*
Campo	Observación visual de hembras considerando desarrollo radicular.	Número de hembras sobre las raíces.	Ninguna = <b>0</b> 1-15 = <b>1</b> 16-50 = <b>2</b> >50 = <b>3</b>	<b>R</b> = Resistente <b>PR</b> =Parcialmente resistente <b>MS</b> =Moderadamente susceptible <b>S</b> = Susceptible

Fuente: Centro Internacional de la Papa 2021

### 11.4.2. Rendimiento

El rendimiento se determinó por unidad experimental expresada en (t/ha), tomando en cuenta el peso (kg), la cantidad y el tamaño de los tubérculos por calidad (Súper, primera, segunda y tercera).

### 11.4.3. Tolerancia

La tolerancia es la respuesta en rendimiento de la planta a pesar de ser susceptible a una infección del patógeno. Por lo que se midió el rendimiento (G) de la unidad experimental dentro del número de tubérculos y cotejando con las respuestas a la resistencia de nematodo dorado de cada uno de los clones en evaluación.

## **11.5. Manejo del cultivo**

El manejo de la investigación fue conducido de acuerdo a las recomendaciones de manejo del programa de Hortalizas del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola –ICTA-. Para fines de la investigación se realizaron varias actividades que a continuación se detallan, es importante resaltar que el manejo fue el mismo para todos los clones.

### ***11.5.1. Extracción muestras de suelo***

Se realizó un muestreo de suelo para determinar la presencia de nematodos en el área de investigación.

### ***11.5.2. Preparación del suelo***

Se realizó un picado parejo de la tierra de 25 centímetros de profundidad, procurando eliminar al máximo los terrones del suelo.

### ***11.5.3. Preparación de la semilla***

Para la siembra de la papa es importante usar tubérculos con dos brotes como mínimo. En la presente investigación se utilizaron 40 diferentes semillas de clones.

### ***11.5.4. Siembra, distancias.***

Para la siembra se realizó una zanja de 15 centímetros de profundidad en la parte superior y a lo largo del camellón formado. En el fondo de esta zanja se colocó el fertilizante de fórmula completa distribuido uniformemente a lo largo de la misma. En igual forma se aplicó el insecticida para el control de plagas del suelo. Ambos fueron cubiertos con una capa de 5 centímetros de tierra y encima se colocaron los tubérculos, cubriéndolos con unos 6 cm de tierra para dejar el camellón en su forma original.

La distancia de siembra tiene mucha importancia, ya que cuando estas son muy reducidas se obtienen tubérculos pequeños, en tanto que distancias mayores de 30 cm. entre plantas, dan tubérculos grandes que son difíciles de comercializar. Una distancia adecuada de siembra es de 25 a 30 cm. entre tubérculos y 80 a 90 cm. entre camellones.

#### ***11.5.5. Fertilización***

La fertilización consiste en aplicar al suelo los nutrientes que se encuentran deficientes para la producción. Se llevaron a cabo aplicaciones foliares a cada ocho días.

#### ***11.5.6. Control de plantas indeseables***

La primera limpia se realizó a los 20 días de la siembra. Consistió principalmente en el raspado con azadón. La segunda limpia se realizó a los 40 días de la siembra con una calza alta. Con la implementación de estas prácticas se eliminaron malezas y se evitó que los tubérculos salieran a la superficie y que fueran expuestos a los rayos del sol.

#### ***11.5.7. Control de plagas y enfermedades***

Se aplicó una mezcla de insecticida-fungicida para el control preventivo de insectos, y hongos que pudieran atacar al tubérculo y brote.

#### ***11.5.8. Defoliación***

Esta práctica consiste en el corte del follaje y es indispensable para lograr buena calidad de la cosecha. El corte del tallo fue total para que las papas maduren en forma pareja, dicha actividad se realizó cuando el cultivo llegó a su madurez fisiológica, (aproximadamente de 90 a 120 días). Después de la defoliación se cubrió con tierra aquellos tubérculos que se encontraban descubiertos o muy superficiales. El material cortado se retiró del área experimental.

#### ***11.5.9. Cosecha***

Se realizó 15 días después de la defoliación. El sistema que se utilizó en la cosecha fue voltear el camellón con azadón, en esta labor es importante no lastimar los tubérculos, ya que esto puede dar origen a pudriciones u otros daños que ocasionan problemas en la fase del mercadeo o en la bodega. Los tubérculos se clasificaron y contaron de acuerdo a su tamaño: Primera, segunda, tercera y cuarta en algunos casos. Después se pesaron los tubérculos de los diferentes clones para evaluar el rendimiento.

## **11.6. Análisis de la información**

### ***11.6.1. ANDEVA***

Los resultados de las variables de respuesta se analizaron por medio del ANDEVA utilizando el programa de InfoStat, con un nivel de significancia del 5% y con ello se determinó si existe diferencia estadística y que clon lo presentó.

### ***11.6.2. Prueba de Medias por DGC (Di Rienzo et al 2008)***

Esta prueba nos ayudó a identificar, que variedad presentó un mayor rendimiento de los diez clones que se evaluaron en la investigación.

## XII. RESULTADOS

Las variables del ensayo fueron las siguientes; resistencia, rendimiento y tolerancia ante la infección del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*). A continuación, se describen los resultados de cada una de las variables.

### 12.1. Resistencia de papa ante la infestación del nematodo dorado

La resistencia de las variedades de papa está definida por la capacidad que tienen las plantas de no permitir la infestación de las células radiculares por la hembra *Globodera* o permitir la infestación, pero no el desarrollo de estas dentro de sus células. Las células invadidas por una hembra y transformadas funcionalmente al servicio del nematodo se le denomina síncitos. El conteo de las hembras insertadas en los síncitos de la raíz de la papa es una de la metodología utilizada por el Centro Internacional de la papa (CIP) para determinar la resistencia o susceptibilidad de las variedades a la infestación de este parásito

**Tabla 2.** Cantidad de quistes adheridos a la raíz

Tratamiento	BLOQUES			
	I	II	III	IV
TG-7	10	57	80	81
TC-10	54	31	20	50
TC-7	30	25	25	78
TC-4	110	43	56	54
TC-3	50	90	90	115
TC-2	0	0	0	0
DÍA 71 (testigo)	40	73	85	100
LOMAN ROJA	0	0	0	0
TG-15	54	117	90	105
TG-13	46	35	106	30
TG-11	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia, 2023.

A través de la tabla. 2 se presentan la cantidad de quistes adheridos a las raíces de los diferentes genotipos.

**Tabla 3.** Asignación de escalas para la determinación de la resistencia a la infección de nematodo dorado

Tratamiento	BLOQUES			
	I	II	III	IV
TG-7	1	3	3	3
TC-10	3	2	2	3
TC-7	2	2	2	3
TC-4	3	2	3	3
TC-3	3	3	3	3
TC-2	0	0	0	0
DÍA 71 (testigo)	2	3	3	3
LOMAN ROJA	0	0	0	0
TG-15	3	3	3	3
TG-13	2	2	3	2
TG-11	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia, 2023.

En la tabla. 3 se asignan las escalas correspondientes a las pruebas, criterios y parámetros considerados por el CIP, en las evaluaciones de resistencia en campo.

**Tabla 4.** Asignación de reacción para la determinación de la resistencia a la infección de nematodo dorado

Tratamiento	BLOQUES				REACCIÓN
	I	II	III	IV	
TG-7	PR	S	S	S	S
TC-10	S	MS	MS	S	MS
TC-7	MS	MS	MS	S	MS
TC-4	S	MS	S	S	S
TC-3	S	S	S	S	S
TC-2	R	R	R	R	R
DÍA 71 (testigo)	MS	S	S	S	S
LOMAN ROJA	R	R	R	R	R
TG-15	S	S	S	S	S
TG-13	MS	MS	S	MS	MS
TG-11	R	R	R	R	R

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

Después de asignar las escalas correspondientes a la cantidad de quistes adheridos a la raíz, en la tabla. 4 se asignó la reacción, basándonos en las reacciones correspondientes a las pruebas, criterios y parámetros considerados por el CIP, en las evaluaciones de resistencia en campo.

**Tabla 5.** Moda

Tratamiento	REACCIÓN
TC-2	R
LOMAN ROJA	R
TG-11	R
TC-10	MS
TC-7	MS
TG-13	MS
TG-7	S
TC-4	S
TC-3	S
DÍA 71 (testigo)	S
TG-15	S

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

La moda es el valor observado con mayor frecuencia en los datos agrupados, para obtener los resultados se organizaron los datos en la Tabla. 4 facilitando así la identificación de los genotipos con mejores resultados, en la Tabla. 5, se puede observar fácilmente que formaron tres grupos, en donde, el primer grupo está conformado por los genotipos TC-2, LOMAN ROJA y TG-11 demostrando así que son clones resistentes (R) ante la infección de nematodo dorado; el segundo grupo conformado por los clones TC-10, TC-7, TG-13 son moderadamente susceptibles (MS) a la infección de nematodo dorado; el último grupo formado por los genotipos TG-7, TC-4, TC-3, DÍA 71 y TG-15 son susceptibles (S) a la infección de nematodo dorado. Esto indica que existió diferencia entre tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa número 1, la cual plantea que, al menos uno de los genotipos de papa a evaluar presentará resistencia a la infección del nematodo dorado.

## 12.2. Rendimiento de papa clasificadas por calidades

La cosecha total se clasificó en cuatro (4) calidades por tamaño; súper (>12 cm), primera (8 a 12 cm), segunda (4 a 8 cm), Tercera (<4 cm), el peso de cada categoría (t/ha) se dividió entre el peso total para estimar el porcentaje por categoría. A continuación, se dan a conocer los resultados obtenidos por cada clasificación.

**Tabla 6.** Rendimiento de la calidad súper

Tratamiento	Rendimiento t/ha	%
LOMAN ROJA	7.41	38
TG-11	8.33	30
TC-2	3.24	26
TG-13	1.85	20
TC-4	5.19	20
TC-3	4.35	19
TG-7	3.06	18
TG-15	3.15	16
DÍA 71 (testigo)	2.78	16
TC-7	1.91	12
TC-10	1.05	10

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

En la Tabla.6 de acuerdo a la tabla de medias, el clon LOMAN ROJA obtuvo el mayor rendimiento correspondiente al 38% del peso total, mientras que el clon TC-10 presenta un nivel bajo de rendimiento correspondiente al 10% del peso total.

**Tabla 7.** Rendimiento de primera calidad

Tratamiento	Rendimiento t/ha	%
TG-7	6.20	37
LOMAN ROJA	6.76	35
TG-13	3.06	34
TC-4	8.52	32
TC-2	4.07	32
TC-3	7.13	32
TG-15	5.56	29
TG-11	7.96	29

DÍA 71 (testigo)	4.72	27
TC-10	2.13	21
TC-7	2.50	16

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

En la Tabla.7 de acuerdo a la tabla de medias, el clon TG-7 obtuvo el mayor rendimiento correspondiente al 37% del peso total, mientras que el clon TC-7 presenta un nivel bajo de rendimiento correspondiente al 16% del peso total.

**Tabla 8.** Rendimiento de segunda calidad

Tratamiento	Rendimiento t/ha	%
TC-7	8.61	54
TC-10	4.91	49
TC-4	11.20	42
TC-3	9.44	42
TG-15	7.69	40
DÍA 71 (testigo)	6.30	35
TC-2	4.26	34
TG-7	4.72	28
TG-13	2.50	28
TG-11	7.22	26
LOMAN ROJA	3.80	20

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

En la Tabla.8 de acuerdo a la tabla de medias, el clon TC-7 obtuvo el mayor rendimiento correspondiente al 54% del peso total, mientras que el clon LOMAN ROJA presenta un nivel bajo de rendimiento correspondiente al 16% del peso total.

**Tabla 9.** Rendimiento de tercera calidad

Tratamiento	Rendimiento t/ha	%
DÍA 71 (testigo)	4.01	23
TC-10	1.94	19
TG-13	1.67	18
TC-7	2.87	18
TG-7	2.59	16
TG-15	2.78	14
TG-11	3.98	14

TC-2	1.11	9
LOMAN ROJA	1.30	7
TC-3	1.42	6
TC-4	1.48	6

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

En la Tabla.9 de acuerdo a la tabla de medias, el clon DÍA 71 obtuvo el mayor rendimiento correspondiente al 23% del peso total, mientras que el clon TC-4 presenta un nivel bajo de rendimiento correspondiente al 6% del peso total.

### 12.2.1. . Rendimiento total de papa en t/ha

Se calculó el rendimiento en t/ha de los diez clones y el testigo, luego, para determinar si existió diferencia significativa, se realizó un análisis de varianza, el cual se detalla a continuación.

**Tabla 10.** Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RENDIMIENTO (t/ha)	44	0.87	0.81	19.05

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2647.20	13	203.63	15.23	<0.0001
TRATAMIENTO	2543.96	10	254.40	19.03	<0.0001
REPETICION	103.24	3	34.41	2.57	0.0725
Error	401.14	30	13.37		
Total	3048.33	43			

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023

La Tabla No. 10 presenta el análisis de varianza que nos permite determinar que para la variable rendimiento medido en toneladas, presenta en la columna de probabilidad <0.0001 en los tratamientos, por lo que se determina que estadísticamente es altamente significativo, es decir que existe al menos un clon que presenta una diferencia de importancia por lo que se acepta la hipótesis alternativa número 2 la cual plantea que, al menos un genotipo de papa a evaluar presentará un mejor rendimiento en suelos infestados con nematodo dorado, para tal efecto se realizó la prueba de discriminación de medias, a través de un análisis de DGC.

**Tabla 11.** Análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC

**Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=5.6112**

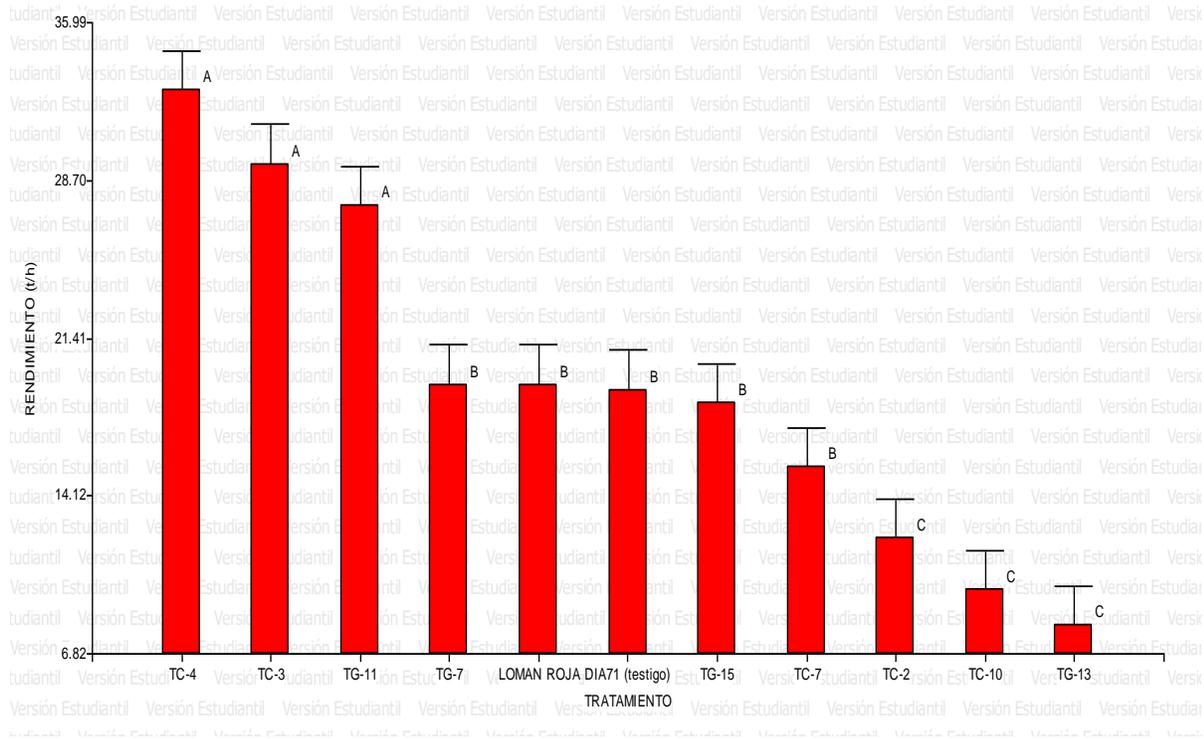
*Error: 13.3712 gl: 30*

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
TC-4	32.84	4	1.83	A
TC-3	29.44	4	1.83	A
TG-11	27.50	4	1.83	A
TG-7	19.26	4	1.83	B
LOMAN ROJA	19.26	4	1.83	B
DÍA 71 (testigo)	19.01	4	1.83	B
TG-15	18.38	4	1.83	B
TC-7	15.42	4	1.83	B
TC-2	12.13	4	1.83	C
TC-10	9.77	4	1.83	C
TG-13	8.15	4	1.83	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

La Tabla No.11 presenta el análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC, para la evaluación del rendimiento de papa, en donde se observan tres grupos (3). El primer grupo (A) formado por los clones; TC-4 (32.84 t/ha), TC-3 (29.44 t/ha) y TG-11 (27.50 t/ha). el segundo grupo (B) conformado por los clones; TG-7 y LOMAN ROJA (19.26 t/ha), DÍA 71 (19.01 t/ha), TG-15 (18.38 t/ha) y TC-7 (15.42 t/ha). El tercer grupo (C) está conformado por los clones; TC-2 (12.3 t/ha), TC-10 (9.77 t/ha) y TG-13 (8.15 t/ha). Resultado que nos permite determinar que, para obtener un mayor rendimiento, los clones que se deben utilizar son; TC-4 y TC-3 como se observa en la siguiente gráfica.

**Figura 8.** Rendimiento de papa en t/ha



Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

De acuerdo al análisis de varianza efectuado, en la figura 8 se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron en cada uno de los genotipos. La clara superioridad la presenta el genotipo TC-4 con 32.84 t/ha en comparación a la variedad DÍA 71 utilizada como testigo y los demás tratamientos, misma que presenta una media de 19.01 t/ha; en contraste tenemos a la variedad TG-13 que únicamente se obtuvo un rendimiento de 8.15 t/ha.

### 12.3. Tolerancia de papa

El concepto de tolerancia, no es más que la capacidad que tienen las plantas de producir rendimientos aceptables bajo condiciones de infestación de las raíces. Por lo que la tolerancia se puede medir por medio de los rendimientos, ya que esta es una característica que es afectada directamente por la infestación de los nematodos.

**Tabla 12.** Análisis de la varianza del peso promedio de los tubérculos de diez clones y el testigo evaluados.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RENDIMIENTO (g)	44	0.70	0.57	22.91

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37922.33	13	2917.10	5.31	0.0001
TRATAMIENTO	35877.38	10	3587.74	6.54	<0.0001
REPETICION	2044.95	3	681.65	1.24	0.3120
Error	16468.53	30	548.95		
Total	54390.86	43			

La Tabla No. 12 presenta el análisis de varianza que nos permite determinar que, para la variable rendimiento, medido en gramos, presenta en la columna de probabilidad 0.0001 en los tratamientos es menor al nivel de significancia de la prueba 0.05, por lo que se determina que estadísticamente son altamente significativos, es decir que existe al menos un clon que presenta una diferencia. Para ello se realizó la prueba de discriminación de medias, a través de un análisis de DGC

**Tabla 13.** Análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC al peso promedio del tubérculo de los diez clones y el testigo evaluados.

**Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=36.3458**

*Error: 561.0146 gl: 33*

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
LOMAN ROJA	153.80	4	11.84	A
TG-11	126.96	4	11.84	B
TC-2	123.28	4	11.84	B
TG-13	114.83	4	11.84	B
TC-4	110.11	4	11.84	B
TC-3	106.92	4	11.84	B
TG-7	106.63	4	11.84	B
TG-15	94.48	4	11.84	B
TC-10	70.89	4	11.84	C
TC-7	66.22	4	11.84	C
DÍA 71 (testigo)	50.71	4	11.84	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

Tabla No. 13 se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC, en el cual se observaron la formación de tres grupos. El primer grupo (A) y superior estadísticamente al resto de las demás variedades, está formado por el clon Loman Roja.

El segundo grupo (B) está formado por TG-11, TC-2, TG-13, TC-4, TC-3, TG-7 Y TG-15. El tercer grupo (C) está formado por TC-10, TC-7 y DÍA 71 el testigo en la investigación.

**Tabla 14.** Tolerancia a la infestación de nematodo dorado

Tratamiento	Medias	DGC al 0.05%	Reacción
LOMAN ROJA	153.80	A	R
TG-11	126.96	B	R
TC-2	123.28	B	R
TG-13	114.83	B	MS
TC-4	110.11	B	S
TC-3	106.92	B	S
TG-7	106.63	B	S
TG-15	94.48	B	S
TC-10	70.89	C	MS
TC-7	66.22	C	MS
DÍA 71 (testigo)	50.71	C	S

Fuente: investigación ICTA-CUSAM, 2023.

En la Tabla 14 se presenta el resumen de los resultados del cuadro No.4 Análisis de discriminación de medias a través de la prueba DGC y de la tabla. 7 Moda.

El genotipo Loman Roja, perteneciente al primer grupo (A), presenta un peso promedio superior y diferente estadísticamente al resto de los genotipos evaluados, presentando así ser un genotipo con resistencia ante la infestación de nematodo dorado. El clon TG-11 y TC-2 forman parte del segundo grupo (B), presentan un rendimiento menor al primer grupo, según la moda, presentan resistencia ante la infestación del nematodo dorado. El clon TG-13 forma parte del segundo grupo (B), presenta una resistencia moderadamente susceptible (MS) ante la infestación del nematodo dorado. El clon TC-4, TC-3, TG-7 y TG-15 forman el segundo grupo (B) presentando un peso promedio estadísticamente aceptable a pesar de ser plantas susceptibles a la infección de nematodo dorado. El clon TC-10 y TC-7 forman el tercer grupo (C) son plantas moderadamente susceptibles (MS) ante la infestación del nematodo dorado, presentan un rendimiento bajo. Como testigo se trabajó con la variedad DÍA 71 variedad que forma parte del grupo C, se identificó que es una variedad que posee bajos niveles de rendimiento y es susceptible a la infestación de nematodo dorado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa la cual plantea que, al menos, uno de los genotipos de papa a evaluar presentará tolerancia a la infección del nematodo dorado.

### XIII. CONCLUSIONES

- 1) Los resultados de esta investigación revelan de manera destacada que los clones TC-2, LOMAN ROJA y TG-11 exhiben una notable resistencia frente a la infestación de raíces por el nematodo dorado *Globodera rostochiensis* (no presentaron quistes adheridos a la raíz). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa número 1, la cual plantea que, al menos uno de los genotipos de papa a evaluar presentaría resistencia a la infección del nematodo dorado. Estos hallazgos son de particular relevancia en el contexto de la mejora genética de cultivos, ya que sugieren la presencia de genes de resistencia potencialmente valiosos en estos clones.
- 2) Los resultados de esta investigación subrayan de manera concluyente el rendimiento del clon TC-4 con 32.84 t/ha en condiciones de suelos infestados con *Globodera rostochiensis*. La significativa superioridad estadística, evidenciada por un rendimiento registrado de 32.84 t/ha, resalta la capacidad distintiva de este cultivar para mitigar los efectos negativos de la infestación por el nematodo. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa número 2, la cual plantea que, al menos un genotipo de papa a evaluar presentaría un mejor rendimiento en suelos infestados de nematodo dorado. La identificación y caracterización de estos rasgos genéticos prometedores podrían contribuir no solo a la creación de variedades de cultivos más resistentes a los nematodos, sino también a una comprensión más profunda de los mecanismos subyacentes a la resistencia en el contexto de la interacción planta-nematodo.
- 3) El análisis de los genotipos de papa evaluados ha destacado la tolerancia del clon LOMAN ROJA con 153.80 g frente a las condiciones evaluadas. El clon LOMAN ROJA, al exhibir la mejor respuesta de rendimiento en términos de peso de tubérculos cosechados, demuestra su capacidad distintiva para mantener un rendimiento robusto incluso en presencia de la infestación por quistes de *Globodera rostochiensis*. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa número 3, la cual plantea que, al menos, uno de los genotipos de papa a evaluar presentaría tolerancia a la infección del nematodo dorado. Este fenotipo resalta la importancia de este cultivar como una valiosa fuente

de resistencia y rendimiento en situaciones de amenaza fitopatológica. La comparación de la resistencia de quistes adheridos a las raíces añade otra capa de evidencia a la destacada tolerancia de LOMAN ROJA. La capacidad de limitar la adhesión y proliferación de quistes en las raíces indica mecanismos específicos de resistencia que podrían ser cruciales para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de nematodos en sistemas de cultivo de papa.

- 4) En conjunto, la evidencia respalda la posición destacada de LOMAN ROJA como un cultivar de papa que no solo garantiza un rendimiento óptimo, sino que también demuestra una resistencia innata frente a la infestación de *Globodera rostochiensis*. Estos resultados resaltan la importancia de considerar y promover genotipos como LOMAN ROJA en programas de mejoramiento genético y prácticas agrícolas, con el potencial de impulsar la sostenibilidad y la resiliencia de los cultivos en entornos afectados por nematodos fitopatógenos.

#### **XIV. RECOMENDACIONES**

- 1) Utilizar la variedad LOMAN ROJA, ya que presenta mejor resistencia y tolerancia ante la infestación de nematodo dorado.
- 2) Involucrar a grupos organizados e instituciones con la finalidad de darles a conocer información de los beneficios que tiene que utilizar las variedades resistentes a la infestación de nematodo dorado.
- 3) Así mismo, se recomienda que los agricultores, profesionales y estudiantes en el ámbito agrícola propongan y experimenten con los clones TC-2, LOMAN ROJA, TG-11, TC-4 y TC-3, lo cual puede ayudar a paliar los efectos devastadores de la plaga.
- 4) Validar los resultados de esta investigación en distintos ambientes y en diversas épocas de producción de papa en Guatemala.
- 5) Utilizar la información del presente trabajo como material de referencia con la finalidad de establecer nuevas líneas de investigación que contribuyan al desarrollo de nuevas tecnologías al mejoramiento agronómico y genético del cultivo de papa en Guatemala.
- 6) Considerar a la variedad DÍA 71 como variedad susceptible, no tolerante al parasitismo del nematodo del quiste en futuras investigaciones como referencia.
- 7) Es recomendable hacer una evaluación de aceptación de mercado y de los consumidores de los genotipos en validación.

## XV. BIBLIOGRAFÍA

- Alcoba, R. E. (2021). *Diagnóstico Integral de Salud en la Aldea El Edén Centro, Municipio de Palestina de los Altos, Departamento de Quetzaltenango*. Palestina de los Altos, Quetzaltenango.
- Anaya, G. B., Jiménez Pérez, N., Rodríguez, D., & Greco, N. (2005). *Respuesta de clones avanzados de papa al nematodo quiste *Globodera rostochiensis*, y comportamiento en micro parcelas de un clon resistente al nematodo*. Recuperado en enero de 2024, de <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/69721/67381>
- Cifuentes, O. (2014). *Evaluación de 7 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) con resistencia a nematodos de quiste*. ICTA. Informe Final 2014.
- Coyne, D. L., Nicol, J. M., & Claudius-Cole, B. (2007). *Nematología práctica: una guía de campo y laboratorio*. Recuperado en febrero de 2021, de [http://www.spipm.cgiar.org/c/document\\_library/get\\_file?p\\_l\\_id=17829&folderId=18466name=DLFE-81.pdf](http://www.spipm.cgiar.org/c/document_library/get_file?p_l_id=17829&folderId=18466name=DLFE-81.pdf)
- De Jong, W. (2013). *American Journal of Potato Research. Variety with resistance to common scab and the Golden nematode series*. Recuperado el 09 de enero del 2021, de <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02872154#/page-1>
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2008). *América Latina: Principales productores*. Año Internacional de la Papa.
- Franco J. Rincón, H. (1985). *Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de Papa: Estudios preliminares de tolerancia al nematodo del quiste de la papa *Globodera pallida* Stone*. Colombia, págs. 63-70. Recuperado el 06 de marzo de 2021. de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABD688.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD688.pdf)
- Franco, J. (1981). *Nematodo del quiste de la papa, *Globodera* spp.* (CIP). Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- Franco, J. (1986). *Nematodo del quiste de la papa, *Globodera* spp.* Boletín de Información Técnica 9. (CIP) Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 21p.
- Franco, J., Gonzáles, A., & Mateos, A. (1990). *Evaluación de resistencia de la papa al nematodo del quiste *Globodera pallida**. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 67 p.

- Greco, N., Inserra, R. N., Brandonisio, A., Tirro, A., & De Marinis, G. (1988). Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematol. Mediterr.* 16, 69–73.
- IDC (Inversiones y Desarrollo de Centroamérica). (1999). *Diagnóstico del sector de la papa en Guatemala*. Guatemala: s.e. 54p.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). (2003). *Porcentajes en áreas de producción según los departamentos productores de papa*. Guatemala.
- Maldonado Mota, C. (2012). *Identificación de nematodos de quiste en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L) en seis localidades de la parte sur del municipio de Palestina de los Altos, del departamento de Quetzaltenango, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 64 p.
- Milla Tapia A., Krausz Barrientos C., & Agro Sur. (2004). *Detección de resistencia al nematodo dorado (Globodera rostochiensis Woll) en accesiones pertenecientes al germoplasma chileno de papa (Solanum tuberosum L.)*, 28-34 p. Recuperado el 06 de marzo de 2021, de [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022004000100003&script=sci\\_arttext](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022004000100003&script=sci_arttext)
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). (2002). *Descripción del proceso de análisis de riesgo de plagas*. Guatemala. 13p
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). (2015). *Ficha técnica: Nematodo dorado (Globodera rostochiensis)*. s.l, La organización. 22p.
- Ramos, E. (2008). *Métodos y metodología de investigación*. Recuperado el 20 de enero del 2021, de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion>
- Rivas, E. (2005). *Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en los municipios de Patzún y Zaragoza, Chimaltenango*. Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- Rivera, J. A. (2002). *El cultivo de la papa*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México), Dirección General de Sanidad Vegetal. (2013). *Ficha Técnica No. 19, Nematodo dorado (Globodera rostochiensis W)*. La Secretaría. Coyoacán, México, D.F. 50 p.

- Schluter, K. (1976). The potato cyst nematode *Heterodera rostochiensis* Woll. in Morocco: *Its distribution and economic importance*. Journal of Plant Disease and Plant Protection, 83, 401-405.
- Scurrah, M. (1981). *Evaluación de la resistencia en papa a los nematodos del quiste*. Boletín de Información Técnica 10. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 16p.
- Siddiqi, M. R. (2000). *Tylenchida: Parasites of Plants and Insects* (2da ed.). CABI Publishing, Willingford, UK. 833p.
- Talavera, R. M. (2003). Manual de Nematología Agrícola: *Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal*. Instituto de Formación Agraria y Pesquera. Brasil. 23 p.
- Universidad Autónoma de Chapingo. (2005). Revista Chapingo "*Los rendimientos y la productividad en la agricultura*". Recuperado el 20 de febrero de 2021, de <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-1769.pdf>
- USPADA (Unidad Sectorial de Planificación Agropecuaria y de Alimentación); BANGUAT (Banco de Guatemala). (2001). *Producción y comercialización de la papa en Guatemala*. Guatemala. 3 p.



## 16.1. Bitácoras de Campo

### 16.1.1. Hoja Informativa de la Parcela

Nombre del cooperador:

---

Localidad de la parcela:

Aldea: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Localidad: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Historia de la parcela:

---

Descripción general del suelo:

---

Condición de la semilla a la siembra (indicar los clones según condición de semilla o cualquier anomalía observada):

Buena: \_\_\_\_\_

Regular: \_\_\_\_\_

Pobre: \_\_\_\_\_

Fecha de siembra: \_\_\_\_\_ fecha de cosecha: \_\_\_\_\_

Fertilización:

Formulación: \_\_\_\_\_

Cantidad: \_\_\_\_\_

Aplicación:

A la siembra: \_\_\_\_\_ Al aporque \_\_\_\_\_

Labores culturales y control de plagas

Fecha	Operación	Dosis	Modo de aplicación

Forma CIP No 142-N fuente: *evaluación de clones del CIP mejorados por resistencia al nematodo del quiste de la papa*





## 16.2. Presupuesto y Fuente de Financiamiento

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Total
<b>Viajes oficiales</b>				
Viáticos	Almuerzo	40	Q. 65.00	Q. 2,600.00
Pasajes	Pasajes	40	Q. 25.00	Q. 1,000.00
			<b>Sub Total</b>	<b>Q. 3,600.00</b>
<b>Documentos, materiales e insumos</b>				
Mantas vinílicas 2x1	Unidad	1	Q. 200.00	Q. 200.00
Rotulación del ensayo 0.30x0.20	Unidad	50	Q. 20.00	Q. 1,000.00
			<b>Sub Total</b>	<b>Q. 1,200.00</b>
<b>Materiales para el Proyecto</b>				
<b>Fertilizantes</b>				
Fertilizante 15-15-15	Quintal	1	Q. 240.00	Q. 240.00
Urea 46%	Quintal	1	Q. 200.00	Q. 200.00
Nitrato de potasio	Saco 50 lb	1	Q. 320.00	Q. 320.00
Bayfolan	Litro	1	Q. 70.00	Q. 70.00
			<b>Subtotal</b>	<b>Q. 830.00</b>
<b>Insecticidas</b>				
Engeo	1/8 de litro	1	Q. 75.00	Q. 75.00
Tambo	Litro	1	Q. 150.00	Q. 150.00
Mocap	Libra	2	Q. 40.00	Q. 80.00
Movento	Litro	1/2	Q. 250.00	Q. 250.00
Diazinon	Litro	1/2	Q. 250.00	Q. 250.00
<b>Fungicidas</b>				
Mancoseb	Kilo	1	Q. 60.00	Q. 60.00
Consento	Litro	1	Q. 325.00	Q. 325.00
Cursate	Kilo	1	Q. 80.00	Q. 80.00
Luna	Litro	1	Q. 300.00	Q. 300.00
Potens fb	Litro	1	Q. 275.00	Q. 275.00
<b>Otros insumos</b>				
Adherente pegamax	Litro	1	Q. 125.00	Q. 125.00
Prevalor	Litro	1	Q. 90.00	Q. 190.00
Verango	Litro	1	Q. 280.00	Q. 280.00

Gallinaza	Saco	5	Q. 50.00	Q. 50.00
Cal Agrícola	Bolsa	3	Q. 75.00	Q. 225.00
Pita de nylon	Rollo	1	Q. 90.00	Q. 90.00
Estacas de madera	Unidad	50	Q. 3.00	Q. 150.00
			<b>Subtotal</b>	<b>Q. 2,955.00</b>
<b>Equipo y mobiliario</b>				
Azadones	Unidad	1	Q. 100.00	Q. 100.00
Bomba de asperjar	Unidad	1	Q. 800.00	Q. 800.00
Bolsas de recolección de muestras	Unidad	30	Q. 03.00	Q. 90.00
Equipo de protección para BPA	Unidad	1	Q. 300.00	Q. 300.00
Cubetas	Unidad	1	Q. 25.00	Q. 25.00
Azadones	Unidad	1	Q. 75.00	Q. 75.00
Machete tipo cohin	Unidad	1	Q. 50.00	Q. 50.00
			<b>Subtotal</b>	<b>Q. 1,440.00</b>
<b>Jornales</b>				
Jornales	Jornal	25	Q. 100.00	Q. 2,500.00
Monitoreo y toma de datos (Aporte Tesista)	Jornal	25	Q. 100.00	Q. 2,500.00
			<b>Subtotal</b>	<b>Q. 5,000.00</b>
<b>Costo total de la investigación</b>				
Viajes oficiales				Q. 3,600.00
Documentos, materiales e insumos				Q. 1,200.00
Semilla				Q. 1,320.00
Fertilizante				Q. 830.00
Insecticida, fungicida, otros insumos.				Q. 2,955.00
Equipo mobiliario				Q. 1,440.00
Jornales				Q. 5,000.00
	<b>Total</b>			<b>Q. 16,345.00</b>

**Figura 9.** Resultados del análisis de suelos



**UNIVERSIDAD DE SAN ACARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**  
**LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DE LA CARRERA DE AGRONOMIA**

Por este medio hago constar que se autorizo el laboratorio, para la extracción, fijación e identificación de NEMATODOS por el estudiante que se detalla a continuación.

**DATOS DEL ESTUDIANTE**

JACOBO	BARTOLON	RODNEY	ISAIAS
PRIMER APELLIDO	SEGUNDO APELLIDO	PRIMER NOMBRE	SEGUNDO NOMBRE
<u>CARNE No. 201642496</u>		<u>DPI 3493609011224</u>	

**INFORMACION DEL ESTUDIO Y HALLASGOZ:** Las muestras fueron procesadas con el método de extracción del embudo de Baerman, realizando el tamizado y preparación de las muestras, para posteriormente realizar la extracción de nematodos, confirmando así la presencia de nematodos dorados Globodera Rostochiensis, en el área de investigación.

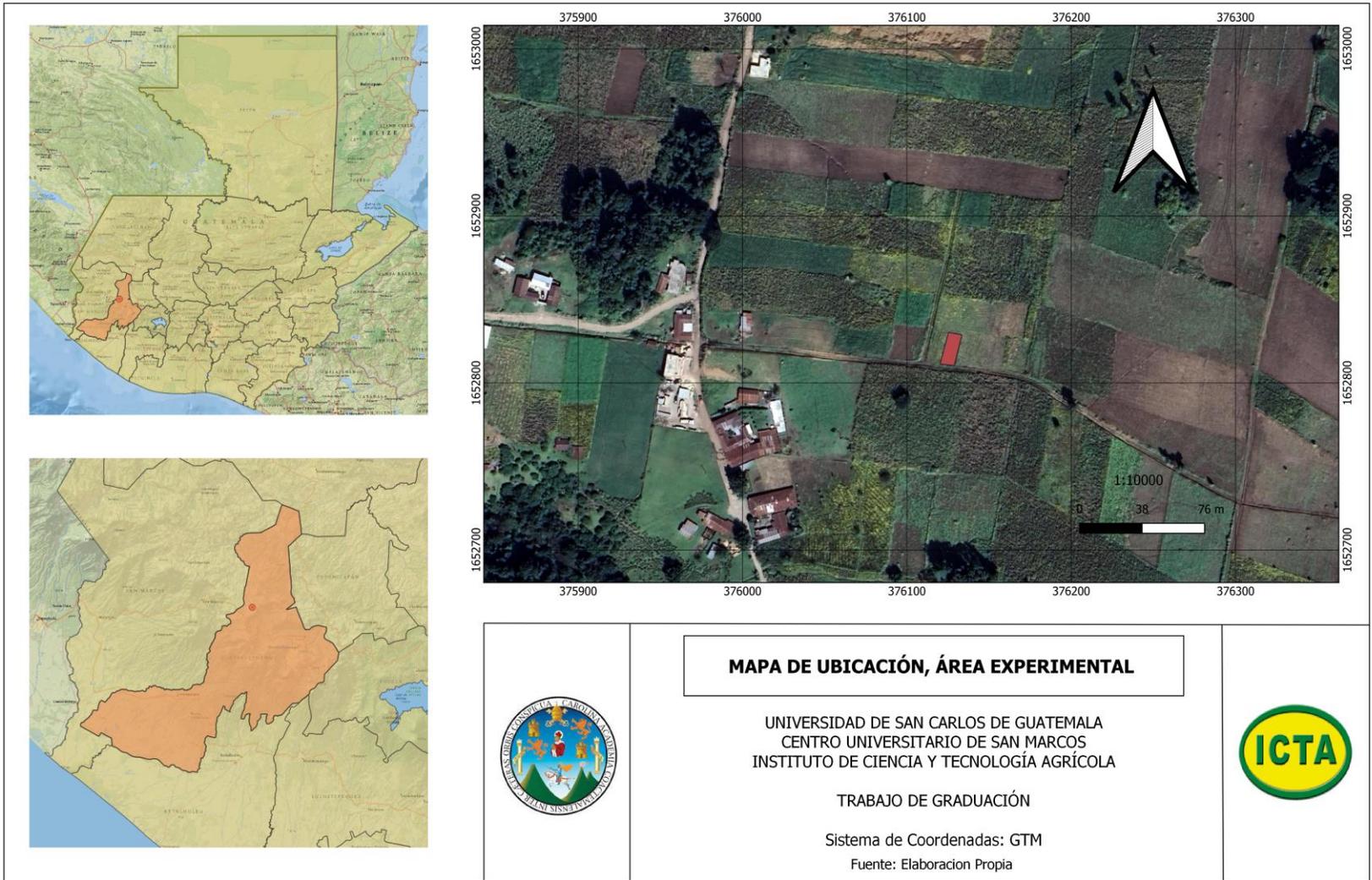
Lugar y Fecha 27 de mayo de 2022

  
Firma de estudiante

  
José Luis Gómez Mejía  
Laboratorista 1



### 16.3. Mapa de Ubicación del Ensayo Experimental



## 16.4. Variables de Respuesta

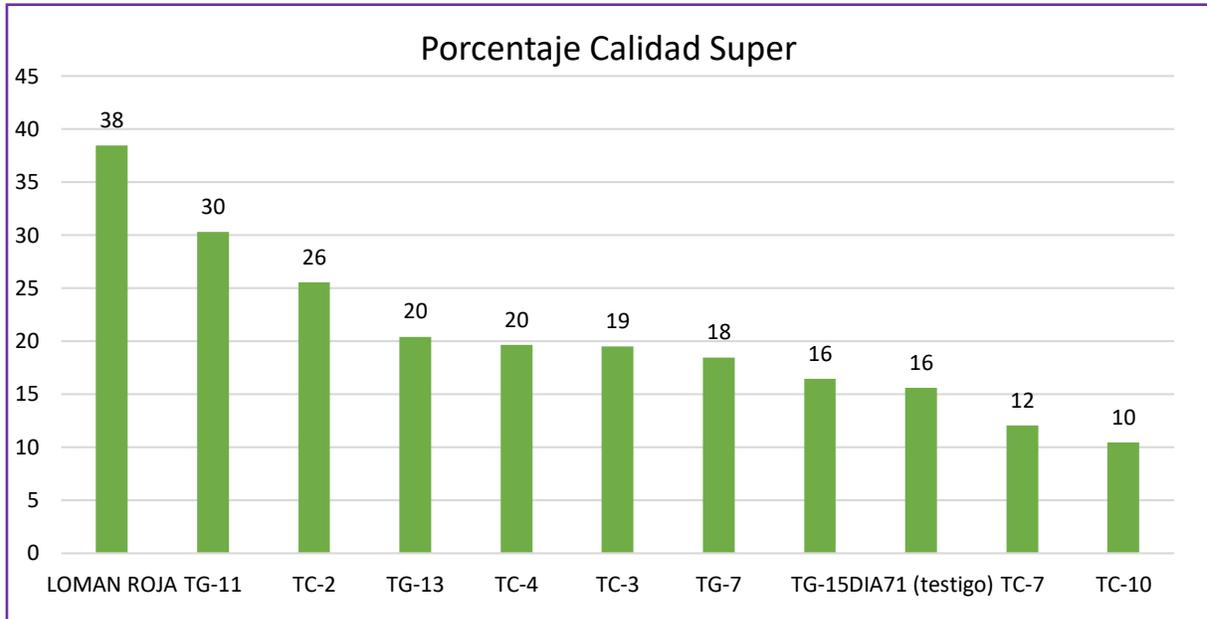
### a) Rendimiento

Rendimiento obtenido en campo en kg por unidad experimental									
Parcela	Tratamiento	Súper		Primera		Segunda		Tercera	
		Peso tubérculos	Número tubérculos						
101	TG-7	1.8	2	3	2	2.1	5	1.2	24
102	TC-10	0.9	1	1.1	3	3.4	34	1.3	17
103	TC-7	1	2	1.5	7	1.9	21	1.9	32
104	TC-4	2.7	8	3.1	17	4.8	37	1.5	15
105	TC-3	2.3	5	4	22	4.6	42	1.3	19
106	TC-2	1	1	2.8	10	2.5	15	1	8
107	DÍA 71	1.7	4	1.3	5	4.5	41	1.7	40
108	LOMAN ROJA	2.9	8	1.4	4	1.2	5	1.2	12
109	TG-15	--	--	1.4	5	2.8	20	2.2	30
110	TG-13	--	--	1.5	5	1.3	6	1.5	13
111	TG-11	4	13	2.4	12	3.6	39	0.8	9
201	TC-3	2.3	6	1.7	6	6.6	68	0.7	5
202	LOMAN ROJA	3	10	3	13	1.9	13	1	10
203	TG-7	1.4	3	2.6	15	2.4	27	1.3	19
204	TC-10	--	--	1.3	3	1.7	8	1.7	15
205	TG-13	--	--	1.1	2	1.2	4	1.2	6
206	TC-7	1.4	3	1.3	4	3.3	35	1.1	20
207	DÍA 71	--	--	1.4	8	1.8	18	2.5	45
208	TG-11	3.2	7	3.2	13	2.7	15	2.7	32
209	TC-4	3.3	10	3.2	14	3.2	25	1.2	15
210	TG-15	1.5	2	2.2	8	1.9	14	1.5	18

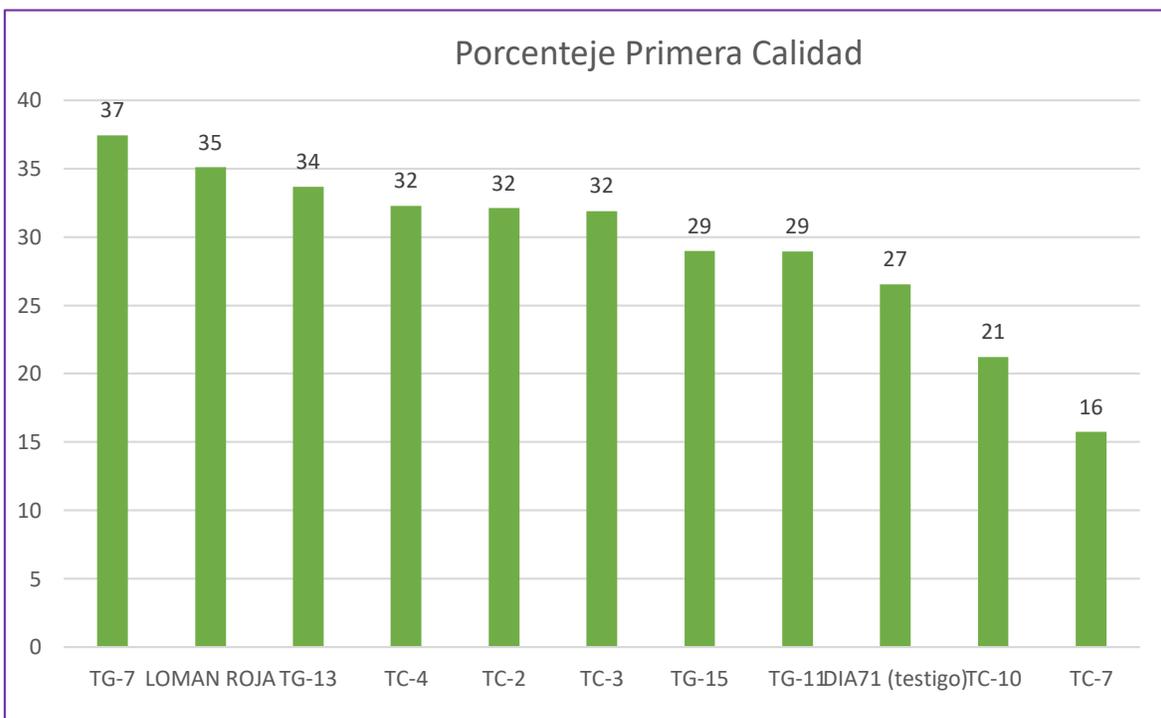
211	TC-2	1.6	3	1.2	3	1.6	10	0.9	6
301	TC-4	1	1	4.3	21	5.4	52	0.7	10
302	TC-7	1.1	2	1.2	4	3.5	40	1.3	28
303	TG-11	2.8	7	2.8	13	1.8	10	1.1	11
304	TC-2	0.9	1	1.1	2	1.8	19	--	--
305	LOMAN ROJA	2	5	2.2	7	1.9	8	0.8	5
306	TC-10	0.8	3	1.2	6	1.6	15	0.9	10
307	TG-15	1.7	3	2.5	11	2.2	21	0.8	8
308	TG-7	1.9	5	2.4	10	1.5	8	1.8	20
309	TC-3	1.2	2	3.1	15	3.2	34	--	--
310	DÍA 71	1.5	6	3.8	58	1.7	54	--	--
311	TG-13	1.4	2	1.6	3	1.3	6	0.9	6
401	TG-11	1.6	3	2.8	13	2.3	15	2.3	25
402	TG-15	1.3	2	2.5	10	4	45	1.1	19
403	TC-7	--	--	1.3	5	3.2	34	1.4	16
404	TC-2	2.6	8	1.9	8	1.3	10	--	--
405	TG-13	0.9	1	1.7	9	1.5	12	0.8	7
406	LOMAN ROJA	2.7	6	3.3	13	1.7	10	1	8
407	TC-4	1.2	3	1.2	5	1.3	10	0.8	5
408	DÍA 71	1	3	1.2	9	1.4	23	1	24
409	TC-3	1.5	3	1.5	5	1.4	9	1.1	10
410	TC-10	1.1	4	1.3	9	1.2	12	0.8	13
411	TG-7	0.8	1	1.3	4	1.7	17	1.1	14

Gráficas de resumen sobre el rendimiento de las diferentes clasificaciones (Súper, Primera, Segunda, Tercera) de papa

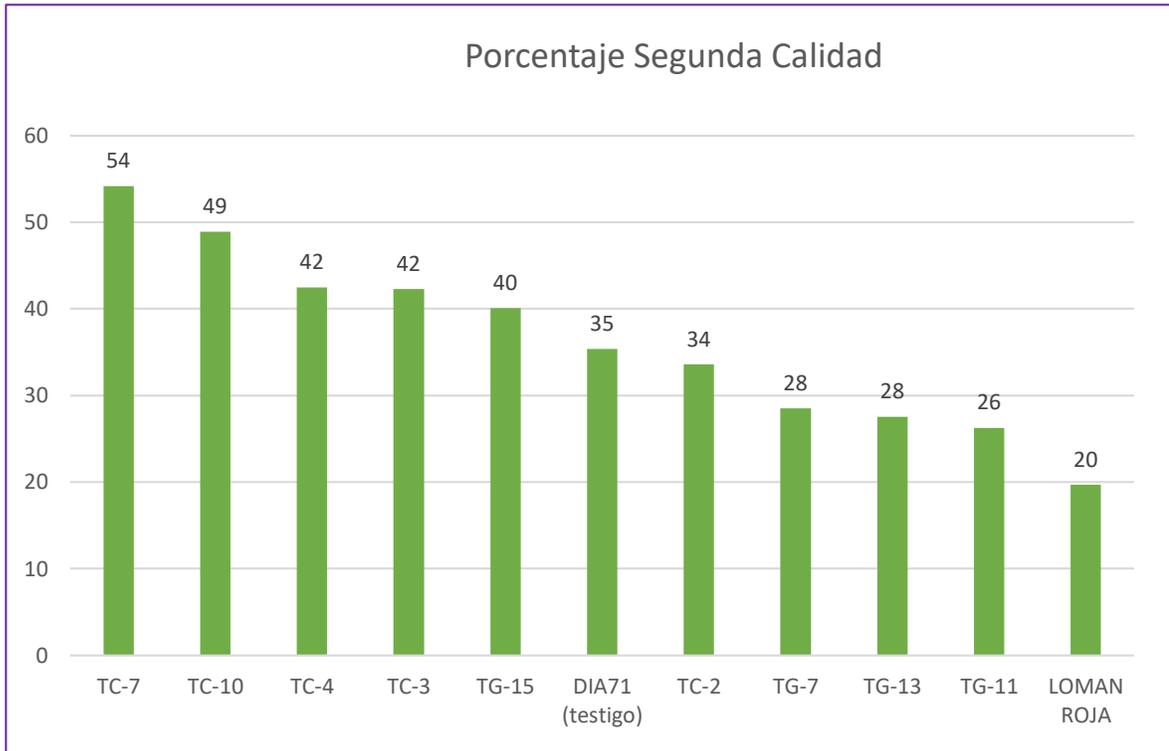
**Figura 10.** Rendimiento de papa para la calidad súper en porcentaje (%)



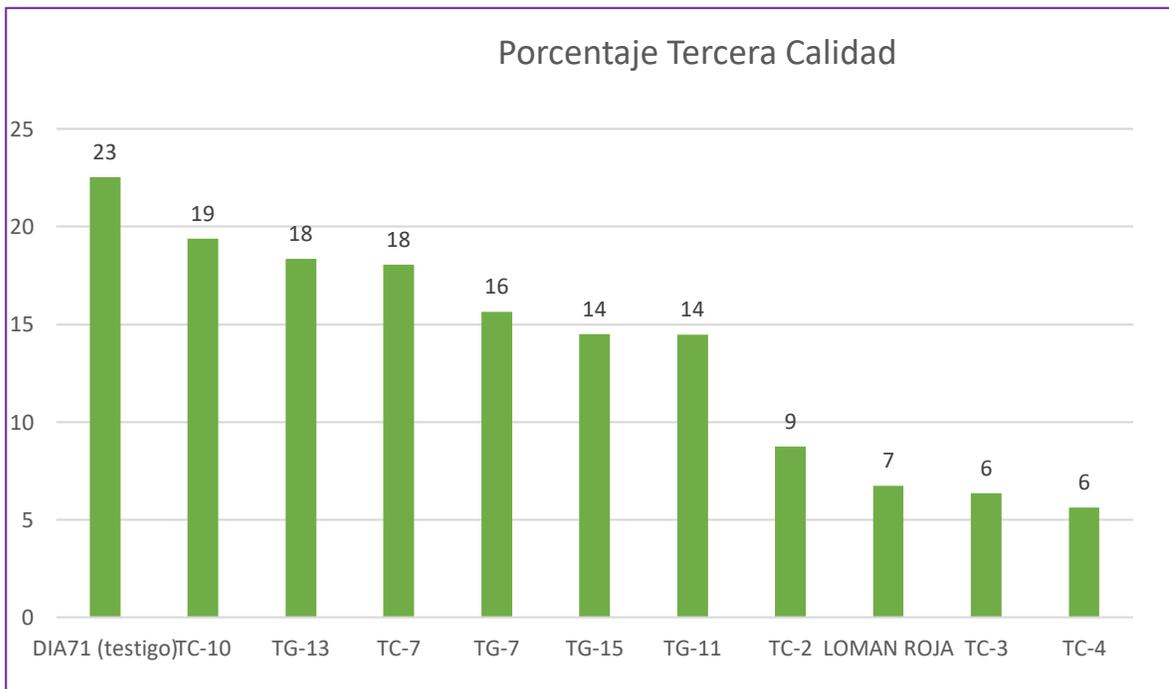
**Figura 11.** Rendimiento de papa para primera calidad en porcentaje (%)



**Figura 12.** Rendimiento de papa para Segunda calidad en porcentaje (%)



**Figura 13.** Rendimiento de papa para tercera calidad en porcentaje (%)



**b) Resistencia**

**RESISTENCIA A LA INFECCIÓN DE NEMATODOS**

**Fecha de realización: 17/10 y 22/10 del 2022 Localidad: Caserío Los Laureles, Aldea El Edén, Palestina de los Altos**

Muestra	Tratamiento	No. de raíces	No. de quistes	Escala	Reacción*
				Ninguna = 0	R
				1-15 = 1	PR
				16-50 = 2	MS
>50 = 3	S				
101	TG-7	10	10	1	PR
102	TC-10	10	54+	3	S
103	TC-7	10	30	2	MS
104	TC-4	10	110+	3	S
105	TC-3	10	50+	2	MS
106	TC-2	10	0	0	R
107	DÍA 71	10	40+	2	MS
108	Loman Roja	10	0	0	R
109	TG-15	10	54+	3	S
110	TG-13	10	46	2	MS
111	TG-11	10	0	0	R
112	TG-9	10	62	3	S
201	TC-3	10	90+	3	S
202	Loman Roja	10	0	0	R
203	TG-9	10	53	3	S
204	TG-7	10	57+	3	S
205	TC-10	10	31+	2	MS
206	TG-13	10	35	2	MS
207	TC-7	10	25+	2	MS
208	DÍA 71	10	73+	3	S
209	TG-11	10	6	1	PR

210	TC-4	10	43	2	MS
211	TG-15	10	117+	3	S
212	TC-2	10	0	0	R
301	TC-4	10	56	3	S
302	TC-7	10	25	2	MS
303	TG-11	10	0	0	R
304	TC-2	10	0	0	R
305	Loman Roja	10	0	0	R
306	TC-10	10	20	2	MS
307	TG-9	10	72+	3	S
308	TG-15	10	90	3	S
309	TG-7	10	80	3	S
310	TC-3	10	90	3	S
311	DÍA 71	10	85	3	S
312	TG-13	10	106+	3	S
401	TG-11	10	0	0	R
402	TG-15	10	105	3	S
403	TC-7	10	78+	3	S
404	TC-2	10	0	0	R
405	TG-13	10	30	2	MS
406	Loman Roja	10	0	0	R
407	TC-4	10	54	3	S
408	DÍA 71	10	100+	3	S
409	TC-3	10	115+	3	S
410	TG-9	10	62	3	S
411	TC-10	10	50+	2	MS
412	TG-7	10	81+	3	S

## 16.5. Evidencia Fotográfica del Desarrollo de la Investigación

**Figura 14.** Selección de los genotipos



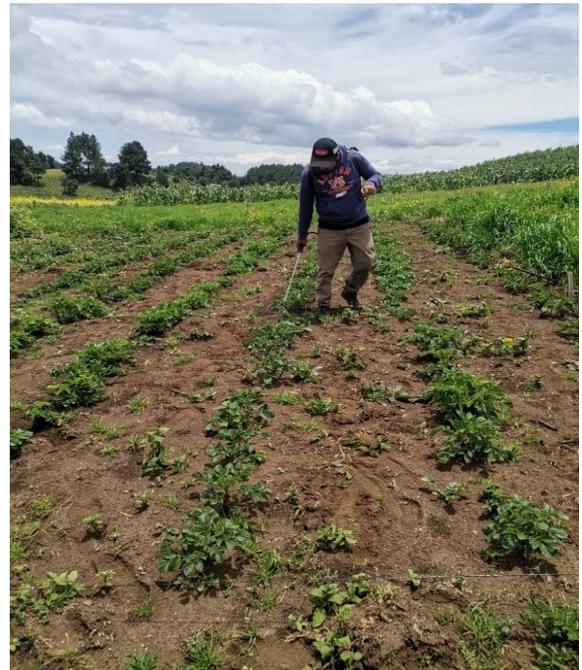
**Figura 16.** Emergencia de las plantas



**Figura 15.** Siembra en la unidad experimental



**Figura 17.** Aplicaciones foliares a cada ocho días



**Figura 18.** Limpia, fertilización y aporque de plantas



**Figura 19.** Identificación de genotipos en la unidad experimental



**Figura 20.** Extracción de plantas para el conteo de quistes en la raíz



**Figura 21.** Conteo de quistes de una planta por tratamiento



**Figura 22.** Observación de quistes en la variedad DÍA 71



**Figura 23.** Quiste nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*)



**Figura 24.** Cuento y clasificación de tubérculos



**Figura 25.** Presentación de resultados al dueño del terreno



**Figura 26.** Pesaje de tubérculos por cada clasificación



**Figura 27.** Extracción de submuestras de muestras de suelo



**Figura 28.** Procesamiento de las muestras de suelo en el laboratorio suelo



**Figura 29.** Observación de nematodos en microscopio

