

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y RESISTENCIA DE SIETE VARIEDADES DE PAPA *SOLANUM TUBEROSUM* L. A LA INFECCIÓN DE NEMÁTODO DORADO (*GLOBODERA ROSTOCHIENSIS* WOLL BEHRENS), EN EL MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.



EDWIN JOSUÉ SOTO GONZÁLEZ

ASESORES:

ING. AGR. OSMAN CIFUENTES

ING. AGR. NEHEMIAS RIVERA.

SAN MARCOS, JULIO DE 2,019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS



MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

Licda. Eugenia Elizabet Makepeace Alfaro

DIRECTORA

Lic. Byron Lionel Orozco García

REPRESENTANTE DOCENTE

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

REPRESENTANTE DOCENTE

Lic. Mario Roberto Chang Bravo

REPRESENTANTE GRADUADOS

MEPU. Bilma Irene Ruiz Galicia

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

Br. Nestor Franchescou Angel Roblero

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA

Lic. Edwin Rene del Valle López

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Jorge Robelio Juárez González

**COORDINADOR CARRERA DE
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA E INGENIERO
AGRÓNOMO CON
ORIENTACIÓN EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

Lic. Francisco Leonardo Hernández Castillo

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

Licda. Olga Amparo Urrutia Bartolón

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

Lic. Roberto Enrique Orozco Sánchez

**COORDINADORA DE LA
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN
DE EMPRESAS TÉCNICO Y
LICENCIATURA**

Licda. María Daniela Paíz Godínez

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

Dr. Jorge Gutiérrez

**COORDINADOR DE LA
CARRERA DE MEDICINA**

Lic. Juan Carlos López Navarro

**COORDINADOR DE LA
EXTENSIÓN DE SAN MARCOS**

Ing. Edgar Rolando De León Cáceres	COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN DE MALACATAN
Lic. Víctor Hugo Orozco Godínez	COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN DE TEJUTLA
Lic. Lisandro Dagoberto de León Gómez	COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN DE TACANÁ
Lic. Byron Lionel Orozco García	COORDINADOR DEL ÁREA DE EXTENSIÓN
Ing. Rubén Francisco Ruiz Mazariegos	COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORIA
Licda. Patricia Liseth Castillo Sandoval	COORDINADORA EXTENSIÓN IXCHIGÜAN
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	COORDINADOR CARRERA PROFESORADO BILINGÜE INTERCULTURAL
Lic. Hugo Rafael López Mazariegos	COORDINADOR CARRERA SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLÍTICAS Y RELACIONES INTERNACIONALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS



**MIEMBROS DEL COMITÉ DE GRADUACIÓN DE LA CARRERA DE
INGNIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACION EN AGRICULTURA
SOSTENIBLE**

Ing. Agr. Rodolfo Carredano

PRESIDENTE

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón

SECRETARIO

Ing. Agr. Nehemías Rivera

VOCAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS



TRIBUNAL EXAMINADOR

Licda. Eugenia Elizabet Makepeace Alfaro

DIRECTORA

Lic. Edwin Rene Del Valle López

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González

**COORDINADOR DE LA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. Osman Cifuentes

ASESOR PRINCIPAL

Ing. Agr. Nehemías Rivera

ASESOR ADJUNTO

San Marcos, Julio de 2019.

Señores:

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

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de trabajo de graduación titulado: **“Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa *Solanum tuberosum* L. a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos.”** Del estudiante: **Edwin Josué Soto González**, carnet número: **201040310**.

Habiendo revisado el trabajo mencionado, el cual considero satisfactorio, llenando los requisitos académicos para ser aprobado como trabajo de graduación de grado, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.

Ing. Agr. Osman Cifuentes
Colegiado Activo: 1504
Asesor Principal

San Marcos, Julio de 2019.

Señores:

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

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de trabajo de graduación titulado: **“Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa *Solanum tuberosum* L. a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos.”** Del estudiante: **Edwin Josué Soto González**, carnet número: **201040310**.

Habiendo revisado el trabajo mencionado, el cual considero satisfactorio, llenando los requisitos académicos para ser aprobado como trabajo de graduación de grado, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.

Ing. Agr. Nehemías Rivera
Colegiado Activo: 1084
Asesor Adjunto

Glosario, Siglas y Acrónimos

Anguilulas: Gusano microscópico que se alimenta de bacterias.

BANGUAT: Banco de Guatemala, banco central de la república de Guatemala.

CM: Cuadrado medio

Dimorfismo sexual: Definido como las variaciones en la fisonomía externa, como forma, coloración o tamaño, entre machos y hembras de una misma especie.

DIPLAN: Dirección de Planificación.

FEDECOAG: Federación de Cooperativas Agrícolas de Guatemala

Fitoparásitos: Denominación que se le da a cualquier organismo que parasita a un vegetal.

Fitopatógenos: Se le denomina a un organismo, en general microorganismo, que genera enfermedades en las plantas a través de disturbios en el metabolismo celular, al secretar enzimas, toxinas, Fito reguladores y otras sustancias y además absorbiendo nutrientes de la célula para su propio crecimiento.

gl: Grados de libertad

ICTA: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

INIA: Instituto de Investigación Agropecuaria.

MAGA: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

N: Repeticiones.

Nemátodo: Son gusanos microscópicos que pueden vivir en el medio acuático como en superficies terrestres, estos causan enfermedades en la raíz de los cultivos.

Patotipo: una población de parásitos en la que todos los individuos tienen una capacidad parasitaria en común.

PRODERT: Proyecto de Desarrollo Rural Territorial.

Quiste: Es una bolsa cerrada con una membrana que protege huevecillos de los nematos.

Saprophytos: Es un organismo heterótrofo vegetal que obtiene su energía de materia orgánica muerta.

SC: Sumatoria de cuadrados

Septentrionales: Se utiliza para todo aquello que es relativo o propio del septentrión (punto cardinal).

Síncitos: Son células de transferencia.

Índice general

Contenido	Pág.
Índice general	i
Índice de cuadros.....	iii
Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de graficas	vi
Resumen.....	vii
Summary	viii
1. Título	2
2. Introducción	3
3. Planteamiento del Problema.....	4
4. Justificación.....	6
5. Marco Teórico.....	7
5.1. Origen de la papa.....	7
5.2. Descripción de la papa <i>Solanum tuberosum</i> L.	7
5.2.1. Descripción botánica.....	7
5.2.2. Clasificación Taxonómica de la papa.....	7
5.2.3. Valor nutritivo.....	8
5.3. Características de los nemátodos fitopatógenos	8
5.4. Morfología.....	8
5.5. Principales zonas de producción	8
5.6. Situación actual e importancia del cultivo de la papa en Guatemala	8
5.7. Anatomía.....	8
5.8. Biología y ciclo de vida.....	9
5.9. Nemátodo de quiste.....	9
5.10. Síntomas	10
5.11. Taxonomía.....	11
5.12. Morfología.....	11
5.13. Ciclo de vida	12
5.14. Relación entre la planta y los nematodos	14

5.15.	Resistencia:	15
5.16.	Tolerancia.....	16
5.17.	Patogenicidad.....	16
5.18.	Clasificación taxonómica de nemátodo dorado.....	17
5.19.	Importancia económica	17
5.20.	Impacto económico de la plaga.....	17
5.21.	Distribución geográfica.....	18
6.	Marco referencial	19
6.1.	Caserío Los Laureles.....	19
6.2.	Datos caserío Los Laureles, Tejutla, San Marcos	21
7.	Otros estudios realizados.....	21
8.	Objetivos	28
8.1.	General	28
8.2.	Específicos:	28
9.	Hipótesis.....	29
10.	Materiales y métodos	30
10.1.	Materiales:.....	30
10.2.	Insumos:	30
10.3.	Equipo:	30
10.4.	Recursos financieros	30
10.5.	Recursos institucionales:	30
11.	Metodología:	31
11.1.	Procedimiento:	31
11.1.1.	Fase de gabinete inicial	31
11.1.2.	Extracción muestras de suelo:	31
11.1.3.	Análisis de resultados:.....	31
11.1.4.	Fase de campo	31
11.1.5.	Área de la investigación	31
11.1.6.	Preparación del suelo	31
11.1.7.	Siembra de los tubérculos de papa.	32
11.1.8.	Manejo agronómico.....	32
11.2.1.	Toma de datos.	33

11.2.2.	Distribución de los tratamientos.....	33
11.2.3.	Variedades:.....	33
11.2.4.	Tamaño de la unidad experimental y distribución	36
11.2.5.	Modelo estadístico.....	36
11.3.	Variables de respuesta:.....	37
11.3.1.	Análisis de la información.....	37
12.	Resultados y discusión de investigación, Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a la infección de nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis</i> woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos	38
13.	Conclusiones	52
14.	Recomendaciones.....	53
15.	Bibliografía	54
16.	Anexos.....	56

• **Índice de cuadros**

Cuadro 1	Materiales evaluados en investigación, Comportamiento De 24 Accesiones De Papa (Nativas, Comerciales Y Clones Promisorios) Al Parasitismo Del Nematodo De Quiste De La Papa (<i>Globodera pallida</i>) En Invernadero Cutuglagua-Pichincha.	22
Cuadro 2	Resultados obtenidos en investigación, Comportamiento de 24 accesiones de papa (nativas, comerciales y clones promisorios) al parasitismo del nematodo de quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>) en invernadero cutuglagua-pichincha.	23
Cuadro 3	Clones evaluados en investigación Detección De Resistencia Al Nemátodo Dorado <i>Globodera rostochiensis</i> Woll En Accesiones Pertenecientes Al Germoplasma Chileno De Papa <i>Solanum tuberosum</i> L	24
Cuadro 4	Plan de manejo de la investigación. Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a la infección de nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis</i> woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos	33
Cuadro 5	Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de primera calidad, de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	38
Cuadro 6	Análisis de discriminación de medias por medio de DGC en rendimiento de papa de primera calidad, de siete variedades de papa.....	38
Cuadro 7	Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de segunda calidad, de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	39

Cuadro 8 Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de tercera calidad, de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>).....	40
Cuadro 9 Análisis de varianza para el rendimiento total de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	40
Cuadro 10 Análisis de discriminación de medias por el método DGC para el rendimiento total de las siete variedades de papa.	41
Cuadro 11 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de primera calidad de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	42
Cuadro 12 Análisis de discriminación de medias por el método DGC para el número de tubérculos de primera calidad de las siete variedades evaluadas.....	42
Cuadro 13 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de segunda calidad de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	44
Cuadro 14 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de tercera calidad de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	44
Cuadro 15 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos total de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	45
Cuadro 16 Análisis de Varianza para el peso promedio en gramos de tubérculos de papa en (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	46
Cuadro 17 Análisis de discriminación de medias por el método DGC al peso promedio en gramos de tubérculos de papa de siete variedades de papa.	46
Cuadro 18. Coeficiente de correlación de papa de primera calidad.....	48
Cuadro 19 Coeficiente de variación de segunda calidad.....	49
Cuadro 20 Coeficiente de variación de papa de tercera calidad.....	50
Cuadro 21 Coeficiente de variación del total de tubérculos de papa	51
Cuadro 22 Costos de investigación Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) a la infección de nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis woll behrens</i>) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos.....	57
Cuadro 23 Equipo y mano de obra.....	57

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación geográfica del municipio donde se realizó la investigación, Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) a la infección de nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis woll behrens</i>) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos.....	19
Figura 2 Ubicación de la parcela donde se estableció la investigación, Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) a la infección de nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis woll behrens</i>) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos.....	20
Figura 3 Resultado de análisis de suelos para identificar el lugar que presenta mayor cantidad de quistes.....	58

Figura 4 Medición de surcos.	58
Figura 5 Delimitación de parcelas.....	59
Figura 6 Fertilización de Surcos.	58
Figura 7 Surcos fertilizados	59
Figura 8 Preparación de semilla de cada variedad	59
Figura 9 Conteo de semilla por surco	59
Figura 10 Distribución de semillas de cada variedad	59
Figura 11 Distribución de tubérculos cada 30 centímetros	60
Figura 12 Fumigación para proteger la semilla	60
Figura 13 Tapado de semilla.	61
Figura 14 Plantas emergiendo 20 días	60
Figura 15 Aplicaciones foliares cada	61
Figura 16 Identificación de variedades	61
Figura 17 Plantas con falta de crecimiento	62
Figura 18 Limpia, fertilización y aporque de plantas.....	61
Figura 19 Defoliación a los cien DDS	62
Figura 20 Cosecha de 16 plantas por cada parcela.....	63
Figura 21 Pesaje de tubérculos por cada clasificación y total	63
Figura 22 Clasificación de los tubérculos	63
Figura 23 Extracción de muestras de suelo.....	64
Figura 24 Almacenamiento de muestras.	64
Figura 25 Secado de muestras	64
Figura 26 Preparación de muestras	65
Figura 27 Extracción de quistes, huevos y larvas	65
Figura 28 Conteo de quistes, huevos y larvas	65
Figura 29 Resultado de análisis de muestras de suelo tomadas en el momento de la cosecha.	67
Figura 30 Pasos para la extracción de nemátodos, descripción del método Fenwick modificado con acetona para la extracción de quistes.	68

Índice de tablas

Tabla 1 Cronograma de la investigación. Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a la infección de nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis</i> will Behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos	56
Tabla 2 Clave dicotómica para quistes de géneros de la familia Heteroderidae. (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2017).	70
Tabla 3. Caracteres morfométricos para la identificación de <i>Globodera rostochiensis</i> y <i>G. pallida</i> (basado en Subbotin et al. 2010)	71
Tabla 4. Niveles de infestación del suelo por <i>Globodera</i> spp. como respuesta al número de huevos+J2 por gramo de suelo.	71

Índice de graficas

Gráfica 1 Rendimiento de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de primera calidad, en toneladas / hectárea	39
Gráfica 2 Rendimiento total de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>), en toneladas / hectárea	41
Gráfica 4 Número de tubérculos de primera calidad de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	43
Gráfica 5 Peso promedio en gramos de tubérculos de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) de las siete variedades evaluadas.	47
Gráfica 6 Relación entre la cantidad de tubérculos de primera calidad y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.	48
Gráfica 7 Relación entre la cantidad de tubérculos de segunda calidad y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.	49
Gráfica 8 Relación entre la cantidad de tubérculos de tercera calidad y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.	50
Gráfica 9 Relación entre la cantidad de tubérculos total y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.	51

Índice de anexos

Anexo 1 Cronograma de investigación	56
Anexo 2 Costo de investigación.....	57
Anexo 3 Especificación de análisis de suelos antes de la siembra.....	58
Anexo 4 Evidencia Fotográfica.....	59
Anexo 5 Especificaciones de análisis de suelos, al momento de la cosecha.....	67
Anexo 6 Método de extracción y conteo de quistes de nemátodo dorado.	68
Anexo 7 Artículo científico.....	74

Resumen

El cultivo de papa es una fuente de ingresos económicos para los agricultores del altiplano de San Marcos, el rendimiento de este cultivo ha estado disminuyendo fuertemente en zonas productoras del occidente de Guatemala, una de las causas de este problema es la infección de nemátodo 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, con los muestreos que se realizaron para esta investigación reportaron poblaciones de esta plaga superiores a 70 quistes por 100 gramos de suelo, que de acuerdo a los estándares que maneja el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) con cantidades mayores de 35 huevos el nivel de infestación es muy alto afectando la producción total. En esta zona la variedad de papa que actualmente es utilizada por los productores es Loman por las características físicas que esta posee, la cuál no ha mostrado resistencia a este nemátodo. Se han realizado estudios para disminuir las poblaciones de nemátodos de quiste, por métodos químicos y mecánicos, pero no se han obtenido resultados positivos. Con esta investigación se evaluaron seis nuevas variedades de papa siendo Sifra, Granola, Atlantic, Golden, Hodag y Alegria y la variedad Loman que fue utilizada como testigo, con el objeto de determinar que variedad presenta resistencia al nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Wol Behrens) y que tengan un rendimientos mayores de 20 t/ha. Se realizaron dos muestreos de suelos, el primero para conocer el lugar donde se encuentra mayor cantidad de población de este nemátodo y uno al final del ciclo del cultivo, para conocer la cantidad de quistes presentes al momento de la cosecha y determinar la variedad fue afectada por la población de nemátodos presentes. Los resultados obtenidos mostraron que la variedad Sifra, cómo la variedad de papa que presento un rendimiento de tubérculos estadísticamente superior a las otras variedades, en tamaño de tubérculo la variedad Sifra presento los tubérculos de mayor tamaño en la clasificación de primera calidad, en el peso de los tubérculos destaco la variedad Sifra con un promedio de 155 gramos por tubérculo. Por lo que se recomienda establecer está variedad para suelos con estos niveles de infestación (6 quistes / 100 gramos de suelo), con la que se tendrán rendimientos aceptables.

Evaluation of the yield and resistance of seven varieties of potato *Solanum tuberosum* L. to the infection of the golden nematode *Globodera rostochiensis* Woll Behrens, in the municipality of Tejutla, Department of San Marcos

Summary

The cultivation of potatoes is a source of economic income for the farmers of the highlands of San Marcos, the yield of this crop has been declining strongly in producing areas of western Guatemala, one of the causes of this problem is the infection of golden nematode the potato (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), which directly affects the root forming cysts and making the tubers do not develop normally, symptoms are also observed in the foliage as dwarfs, sometimes this symptom is co-founded with lack of nutrients in the soil , with the samplings that were made for this investigation, they reported populations of this pest superior to 70 cysts per 100 grams of soil, which according to the standards managed by the Institute of Agricultural Science and Technology (ICTA) with greater than 35 eggs on level of infestation is very high, affecting total production. In this area, the potato variety that is currently used by producers is Loman because of the physical characteristics that it has, which has not shown resistance to this nematode. Studies have been carried out to reduce populations of cyst nematodes, by chemical and mechanical methods, but no positive results have been obtained. With this research, six new potato varieties were evaluated, Sifra, Granola, Atlantic, Golden, Hodag and Alegria and the Loman variety that was used as a control, in order to determine which variety presents resistance to the golden nematode (*Globodera rostochiensis* Wol Behrens) and that have a yield higher than 20 t / ha. Two soil samplings were carried out, the first to know the place where there is a greater amount of population of this nematode and one at the end of the crop cycle, to know the amount of cysts present at the time of harvest and to determine the variety was affected by the population of nematodes present. The obtained results showed that the variety Sifra, how the potato variety that showed a tuber yield statistically superior to the other varieties, in size of tuber the Sifra variety presented the largest tubers in the classification of first quality, in the weight of the tubers I highlight the Sifra variety with an average of 155 grams per tuber. So it is recommended to establish this variety for soils with these levels of infestation (6 cysts / 100 grams of soil), which will have acceptable yields.

1. Título

Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa *Solanum tuberosum* L. a la infección de nemátodo dorado *Globodera rostochiensis* Woll Behrens, en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

2. Introducción

En Guatemala el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. es un cultivo que pequeños y medianos productores se dedican a su producción desde hace años, ha adquirido importancia como una hortaliza de consumo en fresco como también para la industria.

Los principales departamentos productores de este cultivo son; Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Guatemala, Sololá y Jalapa, el 89 % del total de la superficie cosechada se encuentra en estos seis departamentos; Los que poseen dos épocas de siembra bien marcadas, la época lluviosa posee mayor importancia en el altiplano occidental, y los productores que siembran en época seca, los cuáles poseen posibilidades de riego para la producción agrícola. (6)

Según DIPLAN-MAGA y del BANGUAT se constató que en el año 2013 se exportaron 464 mil toneladas métricas, generando más de 60 millones de dólares. Los principales países que se hizo llegar este producto fueron, Canadá, Estados Unidos y El Salvador.

La producción de papa en Guatemala se ha visto afectada en los últimos años, por la presencia de nemátodos formadores de quiste, presentando síntomas visibles cómo, enanismo, marchitamiento, clorosis pudiéndose confundir con deficiencia de nutrientes, y en las raíces presentando quistes en las raíces, en los cuáles se encuentran los nematodos.. No se ha determinado con exactitud las pérdidas del cultivo por la presencia de nemátodos en Guatemala. Sin embargo, Tovar (2005) reporta que en México ocasionan perdidas entre el 40% y 80%, dependiendo de la población de quistes de nemátodo dorado de la papa en el suelo y la susceptibilidad de la variedad.

En Guatemala no se conoce que existan variedades resistentes o tolerantes a los nemátodos formadores de quiste en el cultivo de papa. La Universidad de Cornell, en Estados Unidos ha producido una serie de variedades de papa con resistencia a *Globodera sp.* Ro.1, de las cuales el ICTA en cooperación con FEDECOAG introdujo al país siete variedades a Guatemala. Se han realizado introducciones del INIA de Chile y del Comité de la papa de los Estados Unidos, clones y variedades que también cuentan con esta característica

Las variedades de papa generadas bajo otras condiciones de clima, suelo y latitud, no siempre presentan una adaptación adecuada a las condiciones de Guatemala. Es necesario evaluar la adaptación de las nuevas variedades a las condiciones agro climáticas de las zonas productoras del país.

Donde al culminar está investigación se pudo determinar que la variedad que presento mayor resistencia en los niveles de infestación presentes en estos suelos, fue la variedad Sifra, presentando un mayor peso por unidad de área, tamaño más grande de tubérculos y mayor número de tubérculos por planta.

3. Planteamiento del Problema

El cultivo de la papa, es originario del altiplano de América del Sur, donde se consume desde hace más de 800 años. Guatemala es considerado como el centro secundario de origen.

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 nemátodos 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 nemátodo dorado *Globodera rostochiensis* Woll. y otros nemátodos de quiste de la sub-familia Heteroderinae. El año 2015, Morales, citado por Cifuentes (2014), reportó, la presencia de *Globodera rostochiensis* en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango.

En una producción a nivel nacional fue de 9 millones de quintales en 29 mil manzanas con una producción media de 386 qq/ mz, que para el año 2013 se obtuvieron más de 29 mil manzanas cosechadas y más de 11 millones de quintales. San Marcos cuenta con el 21 % del total de productores del país y ocupa el segundo puesto con el 24 % del área total cosechada en el año 2007, generando ingresos económicos por promedio de 216 mil quintales. (6.)

Este cultivo es afectado por diversos parásitos y dentro de estos los nemátodos formadores de quistes *Globodera rostochiensis* (Woll) juegan un papel muy importante, puesto que se consideran los más dañinos produciendo un debilitamiento de la planta, acompañado de enanismo, amarillamiento y una disminución de producción total que puede ser desde el 20 % al 80 %, según la cantidad de huevos que encuentren por gramos de suelo, donde se ve afectada la calidad del producto final.

Los países que aún no reportan presencia de esta plaga, presentan medidas de protección internacional, como también medidas cuarentenarias.

En los suelos con presencia de este nemátodo dorado, se observa una disminución en los aspectos productivos de esta zona, puesto que los rendimientos que se obtenían hace 10 años oscilaban en un promedio de 30 quintales por cuerda y en la actualidad el rendimiento que obtienen los productores de esta zona se ha reducido a un 50 %. En el municipio de Tejutla, departamento de san marcos tiene intervención la institución HELVETAS, en el año 2016 se realizó un muestreo de suelos, obteniendo cien muestras de los beneficiarios por esta institución, a las cuáles se efectuaron análisis de nematodos con el objetivo de determinar la presencia y la infestación de nemátodos que se encuentran en estas parcelas, las comunidades donde fueron tomadas las muestras fueron: Las Tapias, Chalanchaj, La Reforma y Los Laureles, con los resultados obtenidos, se corroboró que existe presencia de nemátodo dorado de quiste, mostrando esta área con las condiciones adecuadas para realizar esta investigación, Puesto que el nemátodo de quiste es la plaga más importante en el cultivo de la papa en áreas con bajas temperaturas, ya que el daño se relaciona con el número de huevos por unidad de suelo, en áreas donde se pueden encontrar desde 103 huevos / 300 gramos de suelo, 76 huevos/ 300 gramos de suelo, se pueden tener pérdidas de 20 % hasta un 70% del total de la producción, según los niveles de infestación que tiene establecidos el ICTA demostrados en tabla 4 presentada en anexos.

En la zona de estudio se trabaja con cien productores de papa asociados al proyecto PRODERT, con los que se realizaron los análisis de suelo y se confirmó que ochenta parcelas cuentan con presencia de nemátodo de quiste.

Por lo anterior planteado surge el siguiente cuestionamiento: ¿Qué variedades con las que cuenta el ICTA, presentan un mayor rendimiento y resistencia a la infección del nemátodo dorado de la papa?

4. Justificación

Debido a la importancia económica, que puede llegar hasta un millón de dólares por las exportaciones realizadas (según DIPLAN-MAGA con datos de BANGUAT 2013) y alimenticia, que posee el cultivo de la papa en nuestro país, es necesario generar tecnología y alternativas adecuadas para los agricultores del altiplano marquense, puesto que la agricultura convencional es la que utiliza la mayor parte de los agricultores.

Se puede observar la presencia de nemátodos de quiste, en los suelos donde se establece el cultivo de la papa, por lo que es necesario conocer la existencia de variedades que presenten resistencia al ataque de esta plaga del suelo y un mayor rendimiento por parcela establecida, consiguiendo mejor calidad del producto a comercializar. Como también conocer la manera en que esta plaga es diseminada en los diferentes suelos donde se produce el cultivo de papa, que una de las maneras con las cuales se contaminan las parcelas es llevando semilla contaminada de un lugar a otro sin saber de la existencia de esta plaga; otra de las maneras que se contaminan los suelos es por medio de la escorrentía que se producen en los terrenos que no poseen buen drenaje, ya que el suelo que lleva el agua puede contaminar terrenos sanos.

Con la siguiente investigación se determinó, si las siete variedades de papa que se evaluaron por parte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), presentan alguna resistencia al ataque del nemátodo de quiste. Puesto que uno de los métodos de control de esta plaga es la rotación de cultivos y si el suelo esta infestado se recomienda dejar el suelo sin utilizarlo para la agricultura por 20 años que es el tiempo que puede pasar viable los quistes en el suelo.

Con esto se puede brindar un aporte técnico que permitirá brindar apoyo a los actores locales e institucionales, a través de la generación de información actual y detallada con respecto a la problemática del ataque de nemátodo de quiste, en el altiplano de San Marcos.

5. Marco Teórico

5.1. Origen de la papa

El centro de origen de la papa *Solanum tuberosum* L. y sus parientes más afines se encuentra en América y su distribución es desde el Sur-Oeste de los estados Unidos de Norteamérica hasta las islas mojadas de los chonos. A lo largo de toda la cordillera andina encontramos una gran variabilidad especies y entre ellas 176 son silvestres y solo siete cultivadas. La mayor variabilidad de especies se ubica en los andes peruanobolivianos, en donde los pueblos aborígenes empezaron a usar tempranamente esta planta en su alimentación. Existen datos arqueológicos de uso de papa en Perú con 8,000 años de antigüedad.

5.2. Descripción de la papa *Solanum tuberosum* L.

5.2.1. Descripción botánica

Es una planta anual herbácea, con hojas alternas, simples, sin estípulas; inflorescencia cimosa, 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.

El fruto 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.

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) (10)

5.2.2. 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

5.2.3. 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. (9)

5.3. Características de los nemátodos fitopatógenos

5.4. Morfología

Son organismos pequeños de 300 μm , siendo algunos de mayores a 4 μm de longitud por 15 a 35 μm , de ancho. Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio. Los nematodos tienen, en general, forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas y otros apéndices. Sin embargo, las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esféricos. (1)

5.5. Principales zonas de producción

De acuerdo a las condiciones bioclimáticas de las regiones, dentro de las áreas óptimas para el cultivo de la papa se encuentran los siguientes departamentos: Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Totonicapán, Guatemala, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Jutiapa y Jalapa. (9.)

5.6. Situación actual e importancia del cultivo de la papa en Guatemala

La producción actual de papa para la exportación sobre pasa los 710.10 millones de quintales, generando \$4,047,570.00 en ingresos para el país. El rendimiento por manzanas estimado es de 335.4 quintales. Cada quintal con un precio promedio de \$20.00. Esto en el año 2001. (14)

Según el área de información de la Unidad de Planificación e Información estratégica del MAGA el precio del quintal de papa Loman en el mercado de la terminal a precio de mayorista es de 22 a 24 dólares para el mes de Enero del 2005.

Por lo tanto el cultivo de la papa se constituye en uno de los principales generadores de divisas gracias a la exportación de este producto, pero a la vez tiene bastante importancia en el mercado local. Ya que se mantiene un área cosechada de 13.6 mil de manzanas con una producción promedio de 4, 450 miles de quintales de papa tanto para producción de semilla como para consumo en fresco.

5.7. Anatomía

El cuerpo de un nemátodo es más o menos transparente. Está cubierto por una cutícula incolora que a menudo presenta estrías u otros detalles. Esta cutícula presenta la muda cuando los nemátodos pasan a través de sus etapas larvarias sucesivas. Dicha cutícula se produce por la hipodermis, la cual consta de células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que separan 4 bandas de músculos longitudinales. Estos músculos permiten en el nemátodo pueda moverse. En la boca a lo largo del tracto digestivo y de las estructuras reproductoras hay otros músculos especializados. (1)

La actividad del cuerpo contiene un líquido a través del cual se efectúa la circulación y respiración del nemátodo. El sistema digestivo es un tubo hueco que se extiende desde la boca, pasando por el esófago hasta el intestino, el recto y el ano. Por lo regular existen seis labios que rodean a la boca. Todos los nematodos poseen un estilete hueco o lanza que utiliza para perforar las células vegetales. (1)

El sistema reproductor está bien desarrollado. Los nematodos hembras poseen uno o dos ovarios por un oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo una vesícula seminal y termina en un orificio común en el intestino. En el macho hay un par de espículas copulatorias sobresalientes. (1)

5.8. Biología y ciclo de vida

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos fitoparásitos es, por lo general bastante semejante. Los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los nematodos adultos. Las larvas aumentan de tamaño y cada etapa larvaria concluye mediante una muda. (1)

El ciclo de vida de los nematodos consiste en huevo, cuatro estados juveniles (J1,J2,J3,J4) y el estado adulto. El estado juvenil 3 es el estado infectivo de la mayoría de nematodos fitoparásitos. El primer estado juvenil se desarrolla dentro del huevo, cuando la primera muda ocurre. En el segundo estado juvenil sale del huevo para buscar e infectar las raíces de las plantas, alimentándose de los fluidos de células y en algunos casos del tejido foliar. Dependiendo de la especie, la alimentación ocurre a lo largo de toda la superficie de la raíz o como en otras especies que forman agallas, los estados juveniles jóvenes invaden el tejido de la raíz, estableciéndose permanentemente y alimentándose de los sitios de alrededor. A partir del segundo estado juvenil mudará tres veces, hasta ser un adulto. (1)

La ausencia de hospedantes apropiados ocasiona la muerte de todos los individuos de ciertas especies de nematodos al cabo de unos cuantos meses, pero en otras especies las etapas larvarias pueden desecarse y permanecer en reposo en el suelo durante años. (1)

5.9. Nemátodo de quiste

La papa y el tomate son los principales cultivos comerciales afectados por los nemátodos 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 probablemente se originaron en tierras elevadas de los Andes, donde evolucionaron paralelamente con la papa, su hospedante principal. A Europa llegaron entre 1850 y 1900, y de allí se distribuyeron a los países septentrionales y a regiones elevadas en los países de la zona tórrida.

Los nemátodos de quiste causan daños que a menudo pasan inadvertidos. En muchas ocasiones sus niveles de población están enmascarados. En el suelo, una población de nemátodos 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 se baja la 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.

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.

b) **Pérdidas indirectas:** Es muy difícil erradicar los nemátodos del quiste que se establezcan en un área. La rotación de cultivos para reducir las poblaciones de nemátodos son prolongadas 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.

5.10. 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 nemátodo 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 sáprofitos 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 diferencias 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.(1)

5.11. Taxonomía

Los nematodos del quiste de la papa pertenecen a la clase *Nematoda*. Recientemente fueron asignados al género *Globodera* a causa de la forma redonda, globular, de sus quistes (antes pertenecían al género *Heterodera*, cuyos quistes tienen, característicamente, forma de limón.) Once especies de *Globodera*: *G. rostochiensis* y *G. pallida*. Ambas especies se conocen comúnmente como nemátodo dorado de la papa, anguílulas de las raíces de la papa, o nemátodos del quiste de la papa.

La diferencia más obvia entre ambas especies es el color de las hembras inmaduras. Las de *G. rostochiensis* son amarillas o doradas y de ahí el nombre de nemátodo dorado. Las hembras inmaduras de *G. pallida* son de color blanco no pasan por la fase dorada. Entre otras características taxonómicas esta 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.

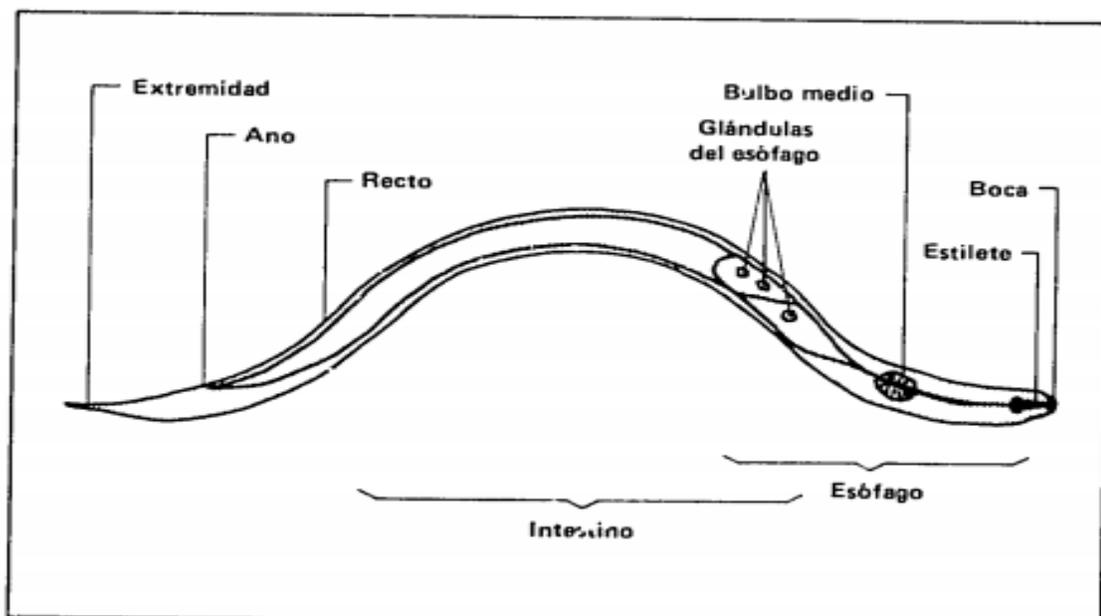
G. pallida: estilete de 23 a 24 micras de longitud con protuberancias que apuntan hacia adelante.

5.12. Morfología

El segundo estado juvenil es característico para la morfología de los nemátodos. En ese estado del nemátodo 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.

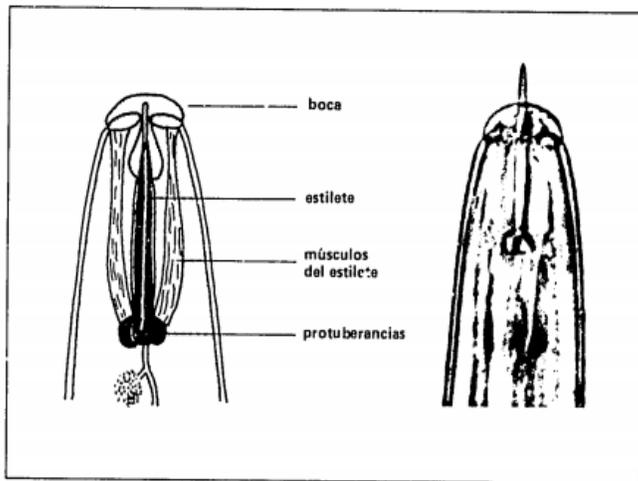
Nemátodo en su segundo estado juvenil. Este estado es característico de la morfología de los nematodos de quiste de la papa.



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.

5.13. Ciclo de vida

A diferencia de los insectos “larvas” de 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 huevos, 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 esta 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 ésta, aunque cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido.

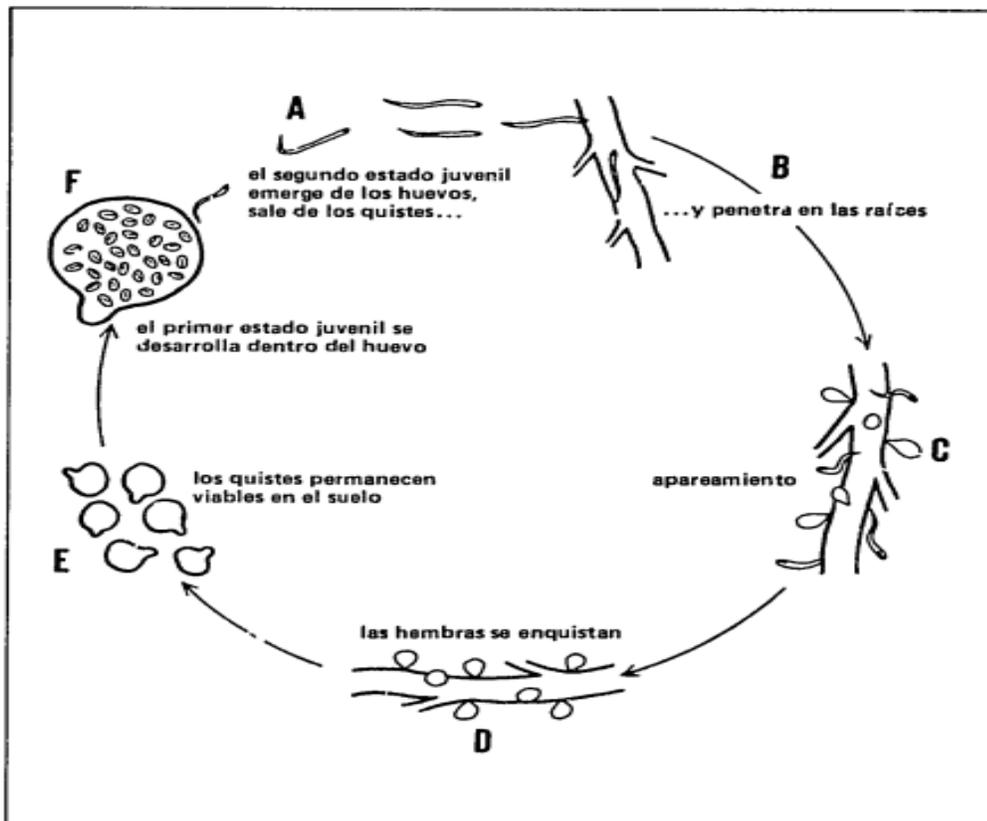
Los machos conservan su forma elongada como de gusano abandonan la raíz, localizan hembras que están rompiendo la superficie radicular y se aparean en ellas.

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 cascara y alcanza a permanecer viable por 20 años o más. Los huevos se pueden activar cuando quieran que se siembre papa.

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

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.



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)

Globodera rostochiensis (Woll) Behrens y G. Pallida

Son nemátodos 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 μm de largo y entre 18 y 19 μm 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. (14)

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 abultados. Las hembras son esféricas miden 500 – 600 μm 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. (14)

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.

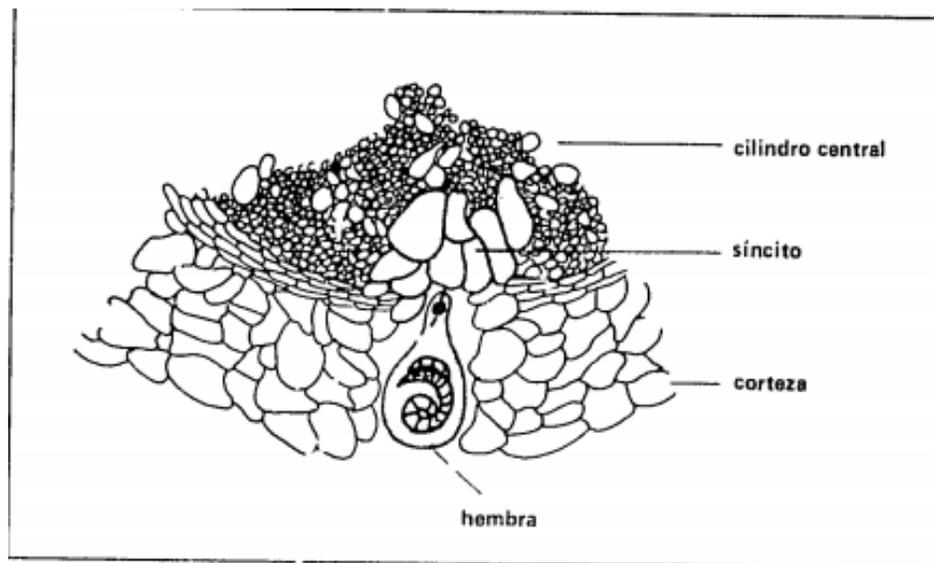
5.14. Relación entre la planta y los nematodos

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 emergen solo cuando las condiciones son favorables y con seguridad encontrarán

raíces de papa. El segundo estado juvenil de los nemátodos 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.



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 nemátodo.

5.15. Resistencia:

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. Esa relación permite calcular la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN) y se expresa así:

$$\text{TMPN} = \frac{\text{Densidad de población final}}{\text{Densidad de población inicial}}$$

donde generalmente,

$$\begin{array}{l} \text{TMPN} > 1 & \text{indica susceptibilidad, y} \\ \text{TMPN} < 1 & \text{indica resistencia.} \end{array}$$

La resistencia conduce a una reducción de la población de nematodos. El grado de resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes.

Los mecanismos de resistencia se explican de dos maneras. Una es que las raíces pueden no estimular la emergencia del segundo estado juvenil es decir pueden reducir emergencia.

Otra es que se restringe el desarrollo de los síncitos (células de transferencia) de los cuales toman las hembras su alimento. Esta restricción no evita que emerjan los nemátodos en su segundo estado juvenil, que invadan las raíces y causen daño. Pero la restricción de alimentos rompe el ciclo de vida y los estados juveniles mueren o se desarrollan como machos. Esto conduce a una disminución más rápida de la población de nemátodos y es más efectivo que la reducción de emergencia.

5.16. Tolerancia

Es la capacidad de la planta de papa para producir no obstante encontrarse en un suelo infestado de nemátodo. 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.

La tolerancia es independiente del patotipo de nemátodos y se presenta con las frecuencia en las variedades andígena (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*) que en las variedades tuberosum (*S. tuberosum* sp. *Tuberosum*). Ello se debe posiblemente, a que en los Andes evolucionaron paralelamente la papa indígena y los nematodos. La papa desarrollo 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.

5.17. 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 para 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. (1)

5.18. Clasificación taxonómica de nemátodo dorado

Reino:	Animalia
Phylum:	Nemata
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)

5.19. Importancia económica

El nemátodo dorado de la papa forma parte del complejo de nematodos formadores de quistes en papa (conocidos comúnmente en inglés como Potato Cyst Nematodes (PCN) junto son el nemátodo de quiste blanco *G pallida*. Es un endoparásito sedentario que ocasiona problemas a nivel mundial en solanáceas, destacado en relevancia el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. (Nuñez et al.2003). Se considera una fuerte limitante para la producción agrícola ocasionando pérdidas económicas de consideración en las regiones donde se encuentra presente. La importancia radica en el alto índice de reproducción, la capacidad de permanecer viable en el suelo hasta por tres décadas en ausencia del hospedante y a la facilidad de ser dispersado a través del suelo adherido a implementos agrícolas y material propagativo. Las hembras adultas de este nemátodo tiene la capacidad de formar un estado de resistencia conocido como quiste característica que hace que estos nematodos sean altamente persistentes en el suelo. *G rostochiensis* forma parte de los dos principales problemas fitosanitarios de la papa a nivel mundial considerándose una amenaza en la producción de este cultivo.

5.20. Impacto económico de la plaga

El nemátodo 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 (Oerke et al., 1994)

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 nemátodo. (7)

La importancia económica de los nematodos de quiste, está referida a las pérdidas ocasionadas a cultivos como la remolacha azucarera, papa y tomate, datos importantes a este respecto son los señalados por Mai (13) Quien menciona que en un área altamente infestada en Chile, no se logró recuperar siquiera la cantidad de semilla sembrada. Por otra parte Spears (17), señala que la disminución en la producción de tomate de quince, a menos de dos toneladas por 0.4 ha. En Jersey. En Algeria, el mismo autor cita pérdidas en un 50% en el cultivo de la papa, en una producción inicial estimada en 5,850 kg – 6,820 kg por hectárea (17)

Las pérdidas económicas ocasionadas por *G. rostochiensis* en cultivos de papas corresponden, con una población inicial entre 8 y 64 huevos/gr de suelo, de 20 a 70% de pérdidas respectivamente. (15)

5.21. Distribución geográfica

La detección de *G. rostochiensis* fue realizada por primera vez en el año 1881 y descrito en 1923 por Wollenweber, a partir de una población colectada en Rostock Alemania (Quiñónez, 1979). Se considera originario de Sudamérica, específicamente de la cordillera de los Andes que incluye a los países de Perú, Chile y Bolivia, al sur del lago Titicaca (Mugniéry 1999).

5.22. Método experimental

Método experimental: Se experimenta con una variable independiente que puede ser manipulada si así lo desea el investigador, esto implica que habrá una intervención o experimentación. Frecuentemente se aplica en el análisis de los datos con un análisis de varianza.

El método científico: Que es un proceso común para hacer investigación, la cual puede definirse como el estudio de un fenómeno o sujeto con el fin de descubrir nuevos hechos.

El método científico se observa las siguientes etapas:

Observación: estudio de los fenómenos tal y como se presentaron en condiciones naturales.

Planteamiento de hipótesis: o sea plantearon teorías tentativas que permitieron explicar los fenómenos.

Experimentación: se reprodujo en forma artificial el fenómeno con el objetivo de probar las hipótesis. Traducción e interpretación de resultados: se emitieron conclusiones y recomendaciones. (14)

Método estadístico: es la utilización del método científico por la estadística como un método científico de investigación teórica. El fundamento de este método lo constituye la aplicación y el desarrollo de las ideas de la teoría de las probabilidades como una de las disciplinas matemáticas más importantes.

Método hipotético-deductivo: A través de observaciones realizadas de un caso particular se plantea un problema. Éste 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.

6. Marco referencial

6.1. Caserío Los Laureles

Caserío Los Laureles pertenece al municipio de Tejutla, del departamento de San Marcos, colinda al **Norte** con Aldea los Cerezos, del Municipio de Tejutla, al **Sur** con Aldea las Delicias, al **Este** con San Miguel Ixtahuacán, **Oeste** con Aldea Ixmulca, del municipio de Tejutla.

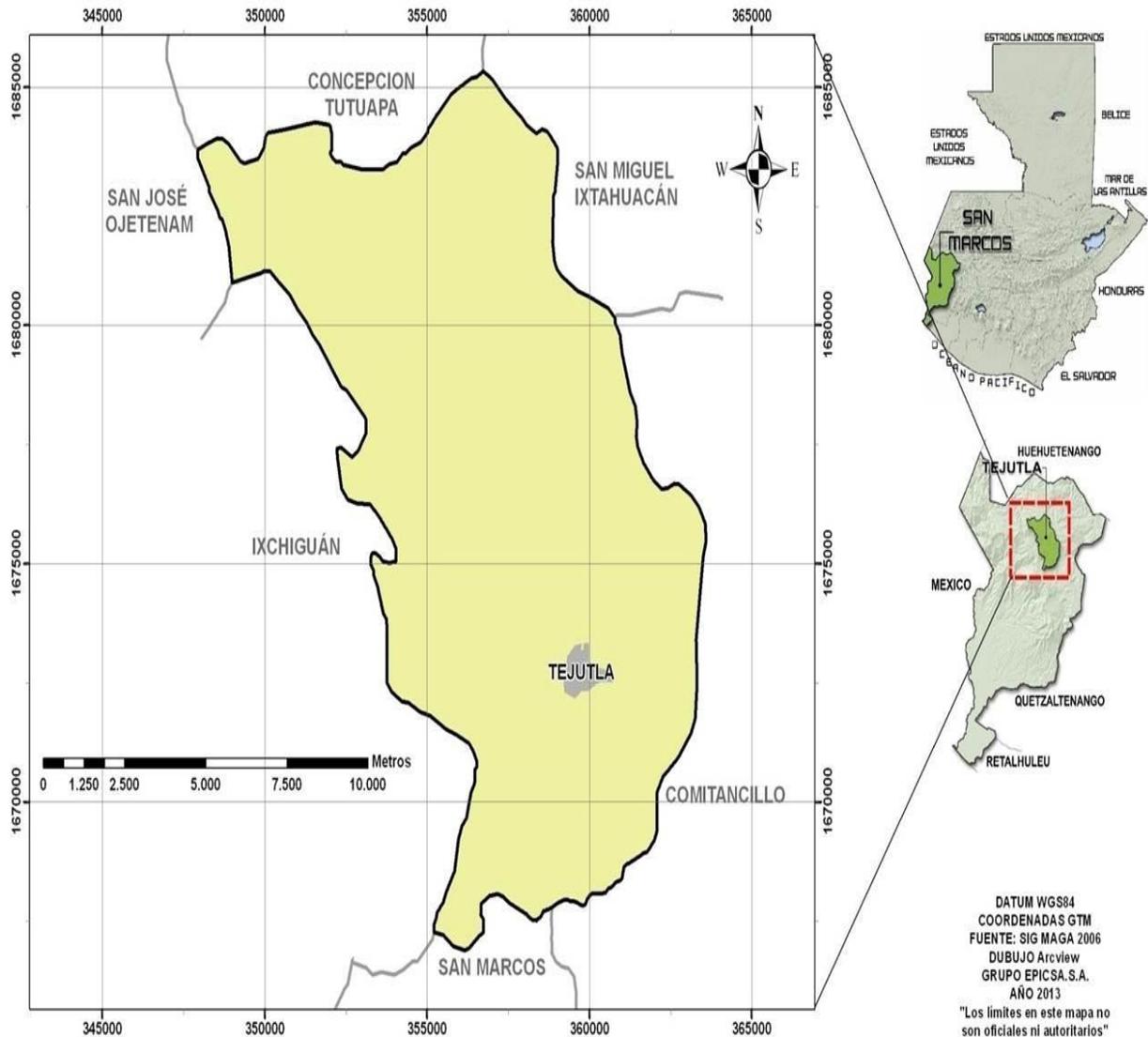


Figura 1 Ubicación geográfica del municipio donde se realizó la investigación, Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos



Figura 2 Ubicación de la parcela donde se estableció la investigación, Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos.

6.2. Datos caserío Los Laureles, Tejutla, San Marcos

a. Características climáticas

Según de la Cruz, basado en el método de Holdrige, reporta que esta área pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo, montano bajo subtropical (bmh-MB).

El régimen de lluvias aproximado es de 2065 a 3900 mm por año, con un promedio de 2982 mm; las temperaturas oscilan entre los 12 °C y 19 °C con una temperatura media de 15 °C. (16)

b. Altitud:

Según el diagnóstico realizado en aldea Los Cerezos, caserío Los Laureles, se encuentra a una altitud de 2,763 metros sobre el nivel del mar, factor que podría tomarse en cuenta en la resistencia que presenten las variedades a evaluar.

c. Ubicación Geográfica:

Caserío Los Laureles se encuentra ubicado en el municipio de Tejutla, departamento de San Marcos, se encuentra a una distancia de 310 kilómetros de la ciudad capital, a 52 kilómetros de la cabecera departamental. El caserío se encuentra ubicado geográficamente a 15°11'45.97" latitud norte y 91°48'27.93" longitud oeste.(16)

7. Otros estudios realizados.

Respuestas de clones avanzados de papa al nemátodo de quiste (*Globodera rostochiensis*), y comportamiento en micro-parcelas de un clon resistente al nemátodo.

Este estudio se realizó en Venezuela, puesto que en este país las variedades que utilizan son susceptibles y la práctica del monocultivo ha provocado un aumento de las poblaciones de *G.rostochiensis*.

Este ensayo se estableció en noviembre de 2001 y finalizó en marzo de 2002 en la localidad Agua negra, municipio Jiménez estado Lara (1400 msnm, temperatura máxima promedio del aire y del suelo durante el ensayo fue de 22 y 21° C.

Se evaluaron 15 clones avanzados de papa provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP), Perú, con resistencia horizontal a la enfermedad conocida como Tizón tardío causada por *Phytophthora infestans*. En este ensayo las parcelas, macetas o unidades experimentales, fueron infestadas con el nematodo de quiste, para conocer el nivel poblacional del inóculo.

Se utilizaron macetas plásticas de 400 cm³ de capacidad. Cada una contenía 320 cm³ de un suelo franco arenoso.

Como resultados, se obtuvieron que las condiciones ambientales se mantuvieron favorables para el desarrollo de los clones de papa y del nematodo mientras duró el ensayo. Donde determinaron que el clon 39346538 es resistente al no observarse hembras inmaduras. Los clones 392634-21 y 393193-16 presentaron resistencia parcial y moderada, respectivamente.

Los restantes clones fueron considerados susceptibles al observarse un promedio de más de 50 hembras inmaduras sobre las raíces analizadas. (2)

Comportamiento de 24 accesiones de papa (nativas, comerciales y clones promisorios) al parasitismo del nematodo de quiste de la papa (*Globodera pallida*) en invernadero cutuglagua-pichincha.

En Ecuador, la papa es el cultivo más importante de la región sierra; constituye base de la dieta alimenticia de la población de esta región.

Cuadro 1 Materiales evaluados en investigación, Comportamiento De 24 Accesiones De Papa (Nativas, Comerciales Y Clones Promisorios) Al Parasitismo Del Nematodo De Quiste De La Papa (*Globodera pallida*) En Invernadero Cutuglagua-Pichincha.

N°	Accesión	N°	Accesión	N°	Accesión	N°	Accesión
1	Uva	7	Leona Negra norte	13	I-Natividad	19	99 – 18 – 9
2	Ratona – Lagartija	8	Tandapapa	14	I-Gabriela*	20	98 – 2 – 6
3	Sta. Rosa Blanca	9	Roja acha	15	Súper Chola	21	05 – 24 – 3
4	Sta. Rosa Amarilla	10	Corazón Lila	16	I-Cecilia	22	05 – 28 – 3
5	Mula Chaquí	11	Cuchiisma	17	I-Pan	23	06 – 92 – 1
6	Huagrasinga	12	I-Fripapa	18	I-Suprema	24	08 – 20 – 19

*Testigo referencial

Cuadro 2 Resultados obtenidos en investigación, Comportamiento de 24 accesiones de papa (nativas, comerciales y clones promisorios) al parasitismo del nematodo de quiste de la papa (*Globodera pallida*) en invernadero cutuglagua-pichincha.

Accesiones	Código	Rendimiento (g/planta)	Rendimiento (g/planta)	Calificación parcial
		n0	n1	
Uva ¹	v1	163,8	207,6	Tolerante
Ratona Lagartija ¹	v2	152,0	129,6	No Tolerante
Sta. Rosa Blanca ¹	v3	130,6	174,2	Tolerante
Sta. Rosa Amarilla ¹	v4	119,4	191,8	Tolerante
Mula Chaqui ¹	v5	189,8	91,6	No Tolerante
Huagrasinga ¹	v6	149,2	88,4	No Tolerante
Leona Negra norte ¹	v7	159,2	232,2	Tolerante
Tandapapa ¹	v8	268,4	184,0	No Tolerante
Roja hacha ¹	v9	184,0	103,8	No Tolerante
Corazón lila ¹	v10	100,2	11,8	No Tolerante
Cuchiisma ¹	v11	193,8	96,2	No Tolerante
INIAP Fripapa ³	v12	147,8	141,4	No Tolerante
INIAP Natividad ²	v13	162,2	181,0	Tolerante
INIAP Gabriela ²	v14	82,8	16,0	No Tolerante
Súper Chola ²	v15	165,0	86,8	No Tolerante
INIAP Cecilia ²	v16	103,2	128,8	Tolerante
INIAP Pan ¹	v17	415,8	415,4	No Tolerante
INIAP Suprema ³	v18	140,2	16,0	No Tolerante
99 - 18 - 9 ³	v19	155,8	83,6	No Tolerante
98 - 2 - 6 ³	v20	102,2	131,2	Tolerante
05 - 24 - 3 ³	v21	97,6	52,0	No Tolerante
05 - 28 - 3 ³	v22	130,2	162,8	Tolerante
06 - 92 - 1 ³	v23	211,2	174,4	No Tolerante
08 - 20 - 19 ³	v24	162,8	200,2	Tolerante

¹Varietades nativas, ²Varietades mejoradas, ³Clones promisorios.

Fuente: Mejía y Valverde, 2010.

Como conclusiones del ensayo se puede mencionar que las accesiones de papa que resultaron resistentes a *Globodera pallida* fueron las variedades nativas: Mula cahaqui, Huagrasinga, Tandapapa, Roja acha, Corazon lila, del genero *Solanum tuberosum ssp. Andigena*. Ratona lagartija del género *S. phureja*. Las variedades comerciales I Natividad (del cruzamiento (*S. tuberosum x S. andigena*) x(*S.phakerax S. pausissectum*)) Súper Chola (*S. andigena*), INIAP-Cecilia (del cruzamiento *S.vertifolinm x S.andigena*) y los clones promisorios 99-18-9, 05-24-3, 08-20-19 (posible cruce *S.tuberosumm x S. andigena*.(4.)

Detección De Resistencia Al Nemátodo Dorado *Globodera rostochiensis* Woll En Accesiones Pertenecientes Al Germoplasma Chileno De Papa *Solanum tuberosum* L

se realizó un ensayo para detectar accesiones de papa *Solanum tuberosum* L. resistente al nemátodo dorado *Globodera Rostochiensis* Woll, utilizando 49 clones y dihaploides correspondientes a tres orígenes diferentes, material proveniente del Banco de Germoplasma Chileno de papa, de la Universidad de Austral de Chile. Además, se incluyó la variedad comercial Cardianal como testigo.

Los distintos clones y dihaploides, más el testigo correspondieron a cada uno de los tratamientos evaluados, los cuales crecieron en macetas plásticas de 250 cc bajo condiciones de sombreado por 90 días, posterior a esto se contabilizaron las poblaciones finales de quistes y de huevos y juveniles II, obteniendo las respectivas tasas de multiplicación, tras lo cual se realizó la evaluación de resistencia.

Cuadro 3 Clones evaluados en investigación Detección De Resistencia Al Nemátodo Dorado *Globodera rostochiensis* Woll En Accesiones Pertenecientes Al Germoplasma Chileno De Papa *Solanum tuberosum* L

Tratamiento	Origen (denominación) de la accesión	Identificación
T1	Material Dihaploide	92-4578-2 XIVP-121 (P-23)
T2	Material Dihaploide	92-4578-2 XIVP-121 (P-16)
T3	Material Dihaploide	92-4578-2 XIVP-121 (P-1)
T4	Material Dihaploide	92-4578-2 XIVP-121 (P3)
T5	Material Dihaploide	92-4578-19 XIVP-121 (P3)
T6	Material Dihaploide	92-4578-8 XIVP-121 (P5)
T7	Material Dihaploide	92-4594-14 XIVP-121 (P5)
T8	Material Dihaploide	92-4578-2 XIVP-121 (P11)
T9	Material Dihaploide	92-4578-3 XIVP-121 (P1)
T10	Material Dihaploide	92-4578-3 XIVP-121 (P4)
T11	Material Dihaploide	92-4570-13 XIVP-121 (P2)
T12	Material Dihaploide	92-4594-8 XIVP-121 (P1)
T13	Material Dihaploide	92-4595-14 XIVP-121

		(P2)
T14	Material Dihaploide	92-4595-14 XIVP-121 (P1)
T15	Material Dihaploide	92-4576-8 XIVP-121 (P2)
T16	Material Dihaploide	92-4576-8 XIVP-121 (P1)
T17	Material Dihaploide	381-VA-1091 XIVP-121 P1
T18	Material Dihaploide	421-CON-921 X-IVP- 121 P1
T19	Material Dihaploide	182-VA-1601 XIV-121 (P1)
T20	Material Números Bonitos	85-1335-1
T21	Material Números Bonitos	90-3898-6
T22	Material Números Bonitos	92-4616-9
T23	Material Números Bonitos	89-3425-4
T24	Material Números Bonitos	89-3236-4
T25	Material Números Bonitos	86-1692-3
T26	Material Números Bonitos	86-1570-2
T27	Material Números Bonitos	86-1987-3
T28	Material Números Bonitos	88-2994
T29	Material Números Bonitos	88-2908
T30	Material Números Bonitos	85-1500-3
T31	Material Números Bonitos	85-1478-1
T32	Material Números Bonitos	85-1436-1
T33	Material Números Bonitos	84-5875-14X AUTO- (OP) 61
T34	Material Números Bonitos	84-5875-X 14X VATO (OP) 74
T35	Material Números Bonitos	86 FUEGUINA-88
T36	Jardin Chilote	277-CON-913

T37	Jardin Chilote	592-CON-1329
T38	Jardin Chilote	284-CON-815
T39	Jardin Chilote	280-CON-755
T40	Jardin Chilote	254-CON-902
T41	Jardin Chilote	372-CON-1090
T42	Jardin Chilote	370-CON-790
T43	Jardin Chilote	597-CON-1336
T44	Jardin Chilote	87-CON-1152
T45	Jardin Chilote	69-CON-898
T46	Jardin Chilote	278-VA-1146
T47	Jardin Chilote	304-VA-1135
T48	Jardin Chilote	42-VA-1258
T49	Jardin Chilote	178-VA-1238A
T50	Testigo	Variedad cardinal

Fuente: Alejandra_Milpa_Tapia_y_Carol_Krausz_Barrientos_200

Conclusiones y resultados.

De las 49 accesiones estudiadas en este ensayo, más la variedad Cardianal utilizada como testigo se obtuvo que un 18 % se comportó resistente con respecto a la presencia del nematodo dorado, un 62 % parcialmente resistente, mientras un 20 % presentó una respuesta moderadamente susceptible. Donde los materiales que presentaron resistencia al nematodo dorado, fueron las siguientes: T6 material Dihaploide 92-4578-19 XIVP-121 (P3), T14 Material Dihaploide 92-4595-14 XIVP121(P1), T18 Material Dihaploide 421-CON-921 X-IVP-121 P1, T21 Material Números Bonitos 85-1335-1, T22 Material Números bonitos 90-1898-6, T34 Material Números Bonitos 34-5875-X 14X VATO(OP) 74, T40 Jardín Chilote 277-CON-913, T47 Jardín Chilote 304-VA-1135. (12)

Estudios Preliminares De Tolerancia Al Nematodo Del Quiste De La Papa Globodera pallida Stone.

Este ensayo se llevó a cabo bajo condiciones de campo, un estudio para observar el desarrollo del nematodo del quiste, sobre algunas variedades de papa colombianas.

El ensayo tuvo lugar en el lote N° 8 del Centro Regional de Investigación Obonuco, el cual se ha utilizado en años anteriores para el estudio de rotación de cultivos.

Se emplearon 15 parcelas de 7.50 X 10 metros cada una, en las cuales se determinó la población inicial del nematodo y se establecieron cinco niveles de población incluyendo el testigo. Donde las variedades que se evaluaron fueron: ICA-Tolima, Rubí, Puracé, ICA-Nariño, Parda Pastura, Yema de Huevo

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos indican que en general la multiplicación del nemátodo del quiste fue baja. Sin embargo se observó, aunque con alguna variedad, una tendencia a multiplicarse más el nemátodo en las parcelas con población bajas como se presenta en la relación Pf/Pi.

Estos resultados comparados con los obtenidos por el convenio Colombiano-Holandés en años anteriores, muestran una progresiva disminución en la multiplicación del nemátodo.

Muestran también como los rendimientos van en descenso cuando la reproducción del nemátodo es mayor, además se observa que los rendimientos en las diferentes variedades fue similar en algunos casos al obtenido en las parcelas tratadas.

Donde se pudo determinar que la variedad que presentó una menor multiplicación del nemátodo de quiste fue Yema de Huevo, de acuerdo a los resultados obtenidos.(8)

8. Objetivos

8.1. General

Evaluar el rendimiento y la resistencia de siete variedades de papa a la infección del nematodo dorado, bajo las condiciones agroclimáticas del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.

8.2. Específicos:

- Identificar la variedad de papa con resistencia a nemátodo dorado que presente mayor potencial de rendimiento.
- Determinar la relación entre la densidad poblacional de los nemátodos en relación al número de tubérculos por planta.
- Definir si la presencia del nematodo de quiste influye en el peso promedio de los tubérculos de papa al finalizar el ciclo.
- Determinar el efecto del nemátodo dorado sobre el número de tubérculos por planta.

9. Hipótesis

- Ha.1 Al menos una de las siete variedades de papa a evaluar presentará resistencia al ataque de nemátodo dorado de quiste, dando mayor rendimiento.
- Ha.2 Al menos una de las siete variedades presentará mayor número de tubérculos en relación a la cantidad de quistes presentes en el suelo.
- Ha.3 La densidad poblacional de nemátodos influye en el peso promedio de los tubérculos, de las variedades a evaluar
- Ha.4 Al menos una variedad se verá afectada en el tamaño de tubérculos por los quistes presentes en el suelo

10. Materiales y métodos

10.1. Materiales:

- Variedades de papa (Granola, Atlantic, Alegría, Golden globe, Cifra, Hodag, Loman.)

10.2. Insumos:

- Fertilizantes
- Fungicida
- Insecticidas
- Foliar
- Materia orgánica

10.3. Equipo:

- Manguera
- Navajas
- Computadora
- Azadones
- Machetes
- Pita

10.4. Recursos financieros

- Estudiante Investigador
- ICTA

10.5. Recursos institucionales:

- Centro Universitario de San Marcos
- HELVETAS
- ICTA

11. Metodología:

Se empleó una metodología de tipo experimental cuantitativa, en donde se cuantificó la cantidad de tubérculos, de las siete variedades que no presentaron daño por el ataque de nemátodo de quiste. Ubicados en bloques completos al azar con siete variedades y tres repeticiones de forma aleatorizada, utilizando para ello el análisis de dicho diseño y luego ser comparado con la hipótesis planteada.

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. Y con esto se facilitó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Método hipotético-deductivo: Este se usó en el momento de dar respuesta a las hipótesis con relación a las variables como, rendimiento tamaño y cantidad de tubérculos.

11.1. Procedimiento:

11.1.1. Fase de gabinete inicial

Esta actividad consistió en la recolección de información documentada que fundamentó la metodología técnica, modelo estadístico y referencia biofísica del lugar donde se estableció la investigación.

11.1.2. Extracción muestras de suelo:

Se extrajeron muestras de suelo, en diferentes localidades para verificar la existencia del nemátodo dorado.

Durante el periodo que llevó la investigación se realizó un muestreo cuando las variedades que se evaluaron ya estuvieron establecidas y un análisis cuando cosecho la papa.

11.1.3. Análisis de resultados:

Se analizaron los respectivos resultados, de los muestreos realizados, donde se tomó la decisión de donde ubicó la investigación.

De la misma manera, se tomaron y se compararon los resultados de los dos análisis de suelo realizados durante la investigación.

11.1.4. Fase de campo

En esta fase se desarrolló el proceso de establecimiento de la investigación a nivel de campo, para la cual se contemplaron las siguientes actividades:

11.1.5. Área de la investigación

La parcela se estableció en un terreno de caserío Los Laureles, de aldea Los Cerezos, del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.

11.1.6. Preparación del suelo

Se realizó la preparación del suelo, efectuando un barbecho profundo para un desarrollo adecuado del cultivo de papa. Esta actividad se realizó quince días antes de la siembra, donde

de manera consecutiva se incorporó materia orgánica, a una proporción de 12 sacos por área experimental. (ver figura 4,5)

11.1.7. Siembra de los tubérculos de papa.

Se efectuó la siembra de cada uno de los tubérculos de las siete variedades a evaluadas, en el terreno previamente preparado. (ver figura 8,9,10,11,,13)

11.1.8. Manejo agronómico.

- a) Se realizó la primera fertilización al momento de la siembra y la primera aplicación de pesticidas con la que se protegió la semilla de las plagas y enfermedades. (ver figuras 6,7,12)
- b) Se realizaron aplicaciones al follaje con fertilizantes foliares y aplicaciones de productos como: insecticidas, fungicidas cada ocho días. De acuerdo al plan que se estableció.(ver figuras 14,15)
- c) Se realizó la práctica de limpieza del suelo con la cual se efectuó la segunda fertilización granulada a la base de la planta, a los 35 días después de realizada la siembra. Se realizó también la práctica de aporque, esta con el objetivo de que la planta tuviera la suficiente tierra para que no se expusieran los tubérculos al sol. (ver figura 18)
- d) A los 100 días después de realizada de la siembra se efectuó la defoliación de la planta de papa. (ver figura 19)
- e) La cosecha se realizó a los 112 días después de la siembra, se recolectaron los datos necesarios por la investigación. (ver figuras 20,21,22)
- f) Toma de muestras de suelo al momento de la cosecha, se realizó para conocer la cantidad de nematodos con que se terminó el ciclo del cultivo. (ver figuras 23,24)
- g) Proceso de laboratorio para el conteo de quistes de nemátodo dorado.(ver figuras 25,26,27,28)

11.2. Manejo de la investigación

El manejo de la investigación se realizó de acuerdo a las recomendaciones del programa de Hortalizas del ICTA para la conducción de ensayos.

Siembra: Se realizó con un distanciamiento de 0.90 metros entre surcos y 0.30 metros entre plantas, para una densidad de siembra de 37,037 plantas por hectárea. (3.7 plantas por metro cuadrado) y el manejo agronómico de acuerdo a las siguientes recomendaciones.

Cuadro 4 Plan de manejo de la investigación. Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

Actividad	Dosis	Observaciones
Fertilización Básica.	780 kg /ha de triple 15 4.16 t/ha de fertilizante orgánico.	70 gramos de triple 15 por metro lineal. 374 gramos de abono orgánico por metro lineal.
Aplicación fitosanitaria preventiva al momento de la siembra.	25 cc/16 litros de agua 25 cc/16 litros de agua 25 cc/16 litros de agua	Diazinon: Solo Propamocarb Mezclados Carbendazim
Aplicación fitosanitaria 8 días después de emergencia.	8 cc/16 litros de agua* 25 cc/16 litros de agua 50 cc/16 litros de agua 25 cc/16 litros de agua	Dimetomorf Thiacloprid, Beta-cyfluthrin Multimineral quelatado Adherente
Aplicación fitosanitaria preventiva (alterna)	2 copas/16 litros de agua.* 25 cc/16 litros de agua 50 cc/16 litros de agua 25 cc/16 litros de agua	Cymoxanil Thiacloprid, Beta-cyfluthrin Multimineral quelatado Adherente
Fertilización Nitrogenada al momento de la calza.	260 Kg/ha de urea.	25 gramos por metro lineal.

Fuente: Edwin Josué Soto_2019

11.2.1. Toma de datos.

La toma de datos se efectuó a los ciento doce días de haber sido sembradas las variedades de papa, en la que la variable de medición fue, número de tubérculos por planta, estos datos se obtuvieron contando los tubérculos obtenidos por unidad experimental, también se realizó el pesaje de los tubérculos de acuerdo a la clasificación, donde los tamaños que se tomaron en cuenta fueron: Super: Mayores de 12 centímetros de largo. Primera calidad: de 8 a 12 centímetros de largo, Segunda calidad: de 4 a 8 centímetros de largo y Tercera calidad: menor de 4 centímetros de largo por tratamiento.

11.2.2. Distribución de los tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron de acuerdo al diseño experimental bloques completos al azar (DBCA). Realizando tres repeticiones.

11.2.3. Variedades:

a. Granola: Es una papa de piel cremosa, con pulpa de color amarillo pálido que es bastante firme en la cocina. Esta variedad es diferente porque se mantiene firme en la cocina al principio, pero con la cocina extendida se convierte harinosa. Por lo tanto, es adecuado para todos los propósitos. Está adaptada a crecer en muchos lugares con altos rendimientos y se

almacena muy bien a largo tiempo. Su principal ventaja es su excelente resistencia a muchas enfermedades y plagas.

Uso del mercado/culinaria: para el consumo fresco, freír. Para servir en forma cocida, ensaladas y en sopas.

Características del tubérculo: tiene forma ovalada, piel blanca áspera, pulpa amarilla pálida, posee gravedad específica mediana, dormancia larga, asimismo es resistente a “Corazón hueco”, rajado durante el crecimiento. Aguanta mal almacenamiento y medios de transporte.

Características de la planta: emergencia y crecimiento inicial es lento por los primeros días y después rápido, tamaño/forma es de porte mediana y erecta, posee una flor rosa y de madurez mediana.

Características agronómicas: requiere nitrógeno en cantidades mediana a alta y se conserva sin problemas por largo tiempo.

Resistencia de enfermedades: resistente a marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*). Es la única variedad resistente a esta enfermedad. Moderadamente resistente a tizón temprano, tizón tardío, PVY, PLRV, necrosis en red, Rhizoctonia, sarna compun, nematodo dorado y quisto Ro1 y Ro4. Moderadamente susceptible a sarna polvorienta.

b. Atlantic: Se origina de un linage Wauscon x B5141-6, fitomejorador USDA Beltsville, liberada en 1978.

Descripción: tubérculo con forma ovalada y corto, ojos superficiales, piel poco a muy escamosa y de color blanco, pulpa blanca, planta de tamaño mediano-grande y erecta, con flores de color púrpura.

Características: de rendimiento alto, gravedad específica alta, madurez a media estación, es tolerante a la sarna común, marchitez por *Verticillium*, ojo rosado, raza A del nematodo dorado, PVX; susceptible a corazón hueco, tizón tardío, PVY, en cuanto a su almacenamiento es de dormancia mediana, su calidad para consumo indica que se corta bien para freír, bajos niveles de azúcar desde el campo, sus principales mercado son como chips y consumo fresco, muy adaptable y a veces con flores blancas.

c. Alegría: Es una papa de madurez temprana con muy alto rendimiento que se adapta a muchas zonas de cultivo, incluyendo las zonas calientes. Los tubérculos de Alegría son bastante amarillos, Alegría también es ideal para el almacenamiento debido a su baja susceptibilidad a las raíces y su larga inactividad. La variedad se puede utilizar para el mercado fresco, freír y procesamiento de productos de papa deshidratada.

Uso del mercado/culinaria: para el consumo fresco y freír. Para servir en forma cocida, papas fritas, ensaladas y en sopas.

Características del tubérculo: tiene forma ovalada, piel y pulpa amarilla, con gravedad específica mediana y alta, dormancia mediana y es resistente a “corazón hueco”, rajado durante el crecimiento.

Características de la planta: emergencia y crecimiento inicial rápido, tamaño mediano, forma erecta, flor de color rosa y madurez corta a mediana.

Características agronómicas: requiere Nitrógeno en cantidades mediana a alta, se conserva sin problemas a largo plazo.

Resistencia de enfermedades: Moderadamente resistente a tizón temprano, tizón tardío, PVY, PLRV, necrosis en red, sarna común, Nematodo dorado y quisto Ro1 y Ro4. Moderadamente susceptible a sarna polvorienta y rhizoctonia.

d. Golden globe: Es una variedad con tubérculo de forma ovalada, con piel y pulpa de color amarillo, gravedad específica mediana, madurez temprana, resistente a quistes de nematodo R1, 4, pie negro y PVY, es susceptible a tizón tardío, con respecto a su calidad de consumo se cuece bien, su principal mercado es fresco y es una variedad temprana de rendimientos altos.

e. Sifra: Es una variedad con muy atractiva piel brillante con muy alto rendimiento y adaptación amplia para muchas zonas de cultivo. Tiene necesidades de nitrógeno bajas, resistencia a muchas enfermedades y tuberización temprana. Uso del mercado/culinaria: para el consumo fresco y el proceso de deshidratación. Para servir en forma cocida, ensaladas y en sopas. Tiene un sabor excelente.

Características de tubérculo: forma ovalada, piel blanca, pulga blanca cremosa, gravedad específica mediana, dormancia mediana y resistente a “corazón hueco”, resistente a necrosis interna, manchas negras, rajado durante el crecimiento. Características de la planta: emergencia y crecimiento inicial rápido, posee un porte largo, de forma semi-erecta, flor blanca y de madurez mediana. Características agronómicas: requiere de Nitrógeno en cantidades bajas, es muy eficiente con nitrógeno, se conserva sin problemas por largo tiempo.

Resistencia de enfermedades: Moderadamente resistente a pudrición de semilla por Fusarium, tizón tardío tubérculos, moderadamente susceptible a tizón temprano, tizón tardío follaje, PLRV, PVY, necrosis en red y marchitamiento por Verticillium, Resistencia a nematodo quístico de la papa (*Globodera palida* Pa 2/3, 1 y *G. rostochiensis* Ro1).

f. Hodag: Presenta un hábito de crecimiento semi-erecto, con una altura de la planta a la floración corto (<75 centímetros), un grado de floración escaso presenta un grado de madurez del follaje intermedio (120 a 149 días), el color del tallo es verde con muchas manchas pigmentadas, presentando alas rectas y angostas. Posee un promedio de 4 pares de folíolos laterales primarios, 4 pares de inter-hojuelas sobre el raquis principal y 1 de folíolos secundarios sobre los peciolos. La sobre-posición de los folíolos laterales primarios es sobrepuesta. La forma del folíolo terminal es elíptica y la de su base es asimétrica; así mismo la del ápice del folíolo terminal es con acumen largo y la del primer folíolo lateral elíptica. El ángulo de divergencia entre la hoja y el tallo es aproximadamente de 40 grados.

g. Loman: Planta con tallos y hojas de color verde oscuro. Su altura de planta varía desde 20-30 cm (3,500 msnm) a 60-65 cm (2,390 msnm). En condiciones de campo no produce flores o algunas veces pocas. La forma del tubérculo puede variar de oblongo alargado a alargado. La pulpa y piel es de color crema, susceptible a Tizón Tardío. Su ciclo vegetativo varía de 80-90 días (2,390 msnm) a 120 días (3,500 msnm). A 2,390 msnm presenta 18.8 % de sólidos y 13.2 % de almidón. De acuerdo a su uso, se caracteriza por ser excelente para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas y enlatado. Presenta una textura cerosa. Los rendimientos pueden variar de 15 t/ha (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm).

Distribución de las variedades en el campo de la investigación Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

Rep. 1	Granola 101	Sifra 102	Golden 103	Atlantic 104	Alegría 105	Hodag 106	Loman 107
Rep. 2	Loman 207	Hodag 206	Alegría 205	Atlantic 204	Golden 203	Sifra 202	Granola 201
Rep. 3	Atlantic 304	Golden 303	Sifra 302	Loman 307	Granola 301	Hodag 306	Alegría 305

Fuente: Edwin Josué Soto_2019

11.2.4. Tamaño de la unidad experimental y distribución

Total de área, 250 metros cuadrados.

Parcela Bruta: 40 plantas, 10.8 metros cuadrados

Parcela Neta: 16 plantas, 4.32 metros cuadrados

11.2.5. Modelo estadístico

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

Siendo:

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

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésima variedad.

β_j = Efecto de j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Error experimental.

11.3. Variables de respuesta:

- Rendimiento por unidad experimental (Kg/Ha)
- Número de tubérculos por planta
- Tamaño de los tubérculos. (Grande, Mediano, Pequeño)
- Estado de la planta (decaída, clorosis, marchitamiento)
- Número de quistes, larvas y huevos presentes en el suelo.
- Número de quistes de nemátodo dorado en 300 gramos de suelo.

11.3.1. Análisis de la información

Análisis estadístico:

ANDEVA

El Análisis de Varianza (ANDEVA), permite probar hipótesis referidas a los parámetros de posición (esperanza) de dos o más distribuciones. La hipótesis que se somete a prueba generalmente se establece con respecto a las medias de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados.

El ANDEVA es un procedimiento que descompone la variabilidad total en la muestra (suma de cuadrados tal de las observaciones) en componentes (suma de cuadrados) asociados cada uno a una fuente de variación reconocida (Nelder,1971,1987). Un experimento con fines comparativos, usualmente se realiza la aplicación de varios tratamientos a un conjunto de unidades experimentales para valorar y comparar las respuestas obtenidas bajo cada tratamiento.

Este es el diseño experimental más sencillo y es similar al muestreo simple al azar. Los tratamientos se asignan al azar a una serie de unidades experimentales seleccionadas previamente. Es deseable que se asigne el mismo número de unidades experimentales por tratamiento. Otra ventaja del diseño es que determina el error experimental utilizando el máximo número posible de grados de libertad.

Este nos ayudó a determinar la diferencia estadística y determinar que variedad la presentó

Prueba de Medias por DGC (Di Rienzo et al 2008)

Ese procedimiento de comparación de medias utiliza la técnica multivariada del análisis de conglomerados (encadenamiento promedio o UPGMA) sobre una matriz de distancia. Como consecuencia del análisis de conglomerado se obtiene un árbol binario en el cual puede observarse la secuencia jerárquica de formación de conglomerados. Si se designa como Q a la distancia entre el origen y el nodo raíz del árbol (aquel en el cual se unen todas las medidas), InfoStat utiliza la distribución de Q bajo hipótesis.

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

Análisis de Correlación multivariada.

Es un método estadístico utilizado para determinar la contribución de varios factores en un simple evento o resultado.

Con este análisis se puede determinar la relacionen la densidad poblacional y el número y tamaño de tubérculos.

12. Resultados y discusión de investigación, Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

Debido al tipo de investigación que se realizó en campo, se procedió a realizar un análisis de varianza a las diferentes variables.

12.1. Variable: Rendimiento por unidad experimental

Cuadro 5 Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de primera calidad, de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	605.46	6	100.91	16.8	0.0036
Bloques	2.06	1	2.06	0.34	0.5832
Variedad	603.4	5	120.68	20.09	0.0025
Error	30.03	5	6.01		
Total					

Coefficiente de
variación

10.67

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

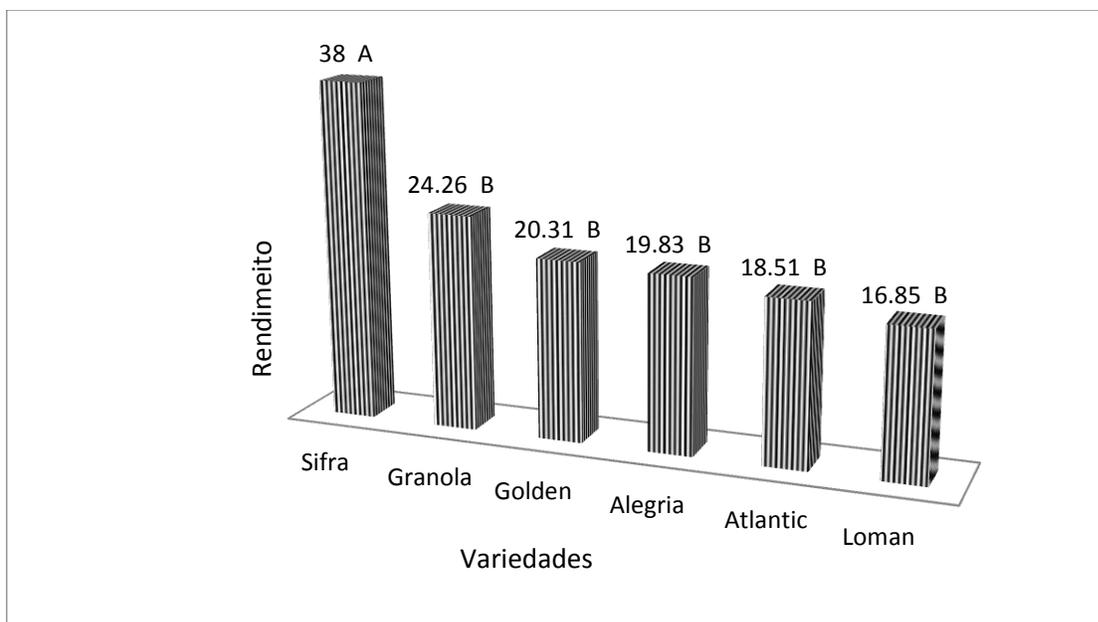
En el cuadro cinco se presenta el ANDEVA realizado para la variable rendimiento de papa de primera calidad, en el que se observa que para la variedad el p-valor es de 0.0025 el cual es menor al nivel de significancia de 0,05 determinando estadísticamente que es significativa. Es decir que en el caso de las variedades evaluadas existe al menos una variedad donde el rendimiento de papa de primera calidad es estadísticamente diferente en terrenos con infestación de nematodo dorado.

Cuadro 6 Análisis de discriminación de medias por medio de DGC en rendimiento de papa de primera calidad, de siete variedades de papa.

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sifra	38	3	1.73	A
Granola	24.26	3	1.73	B
Golden	20.31	3	1.73	B
Alegria	19.83	3	1.73	B
Atlantic	18.51	3	1.73	B
Loman	16.85	3	1.73	B

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

En el cuadro seis se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias en el cuál se pueden observar la formación de dos grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de las variedades está formado por la variedad Sifra y el segundo grupo por el resto de las variedades, en su orden las Granola, Golden, Alegría, Atlantic y Loman.



Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

Gráfica 1 Rendimiento de papa (*Solanum tuberosum L.*) de primera calidad, en toneladas / hectárea

De acuerdo al análisis de varianza efectuado, en la gráfica uno se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron entre cada una de las variedades. La clara superioridad del rendimiento de la variedad Sifra es evidente para rendimiento de primera calidad de tubérculos con un rendimiento de 38 t/ha, a diferencia de las variedades Granola y Golden que representan un 70% menos del rendimiento que la de la variedad superior. La variedad Loman es la variedad testigo, utilizado de forma generalizada por los productores de papa de la región.

Cuadro 7 Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de segunda calidad, de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	98.35	6	16.39	4.06	0.073
Bloques	25.69	1	25.69	6.36	0.0531
Variedad	72.66	5	14.53	3.6	0.0932
Error	20.21	5	4.04		
Total	118.56	11			

Coefficiente de
variación 13.18

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

El análisis de varianza efectuado a la variable rendimiento de papa de segunda calidad indica que no existió diferencia estadística en lo relacionado con las variedades evaluadas,

rechazando la hipótesis alternativa planteada en esta investigación y se establece que, esta categoría de tubérculos, todas las variedades presentaron un rendimiento similar.

Cuadro 8 Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de tercera calidad, de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.95	6	0.49	0.9	0.5593
Bloques	0.02	1	0.02	0.04	0.8405
Variedad	2.93	5	0.59	1.07	0.4728
Error	2.75	5	0.55		
Total	5.7	11			

Coefficiente de variación 33.22

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

El cuadro seis presenta el análisis de varianza, efectuado a la variable rendimiento de papa de tercera calidad indicando que no existe diferencia estadística en lo relacionado con las variedades evaluadas, rechazando la hipótesis alternativa planteada en esta investigación y se establece que, esta categoría de tubérculos, todas las variedades presentaron un rendimiento similar.

Cuadro 9 Análisis de varianza para el rendimiento total de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	733.99	6	122.33	5.87	0.0356
Bloques	40.3	1	40.3	1.93	0.223
Variedad	693.69	5	138.74	6.66	0.0289
Error	104.19	5	20.84		
Total	838.18	11			

Coefficiente de variación 11.29

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

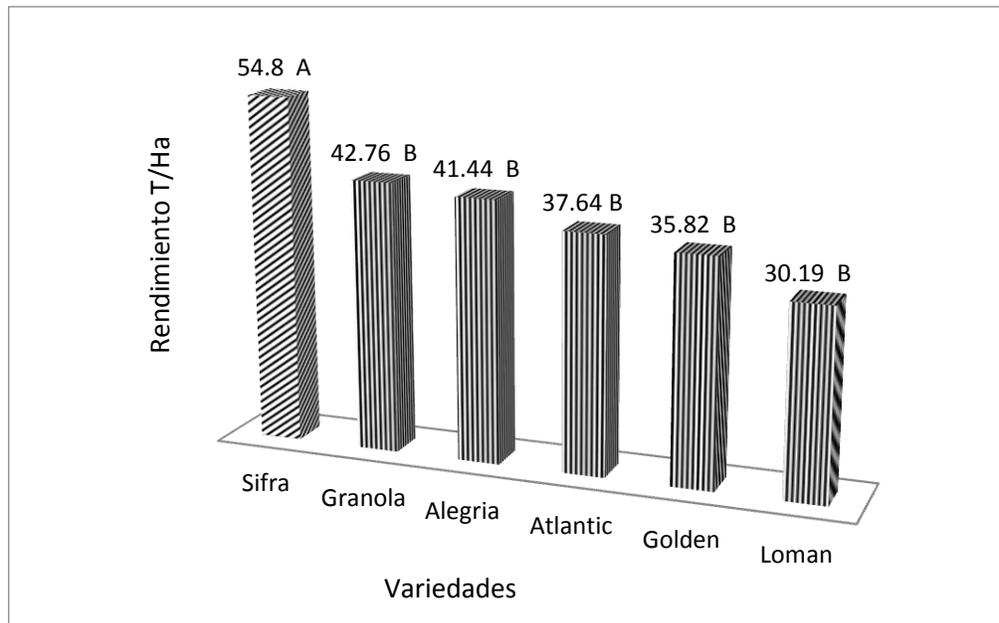
Se presenta el ANDEVA realizado al rendimiento total de tubérculos de siete variedades de papa, está definida por la sumatoria de todas las categorías. Observando el valor $p < 0.0289$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0.05 lo que demuestra que existió diferencia significativa entre las variedades evaluadas. Aprobando la hipótesis alternativa planteada para esta investigación, estableciendo que al menos una de las variedades evaluadas presenta un rendimiento diferente a las demás.

Cuadro 10 Análisis de discriminación de medias por el método DGC para el rendimiento total de las siete variedades de papa.

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sifra	54.8	3	3.23	A
Granola	42.76	3	3.23	B
Alegría	41.44	3	3.23	B
Atlantic	37.64	3	3.23	B
Golden	35.82	3	3.23	B
Loman	30.19	3	3.23	B

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

En el cuadro diez se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias, en el cuál se puede observar la formación de dos grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de las variedades está formado por la variedad Sifra y el segundo grupo por las demás variedades.



Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

Gráfica 2 Rendimiento total de papa (*Solanum tuberosum* L.), en toneladas / hectárea

En la figura dos se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron entre cada una de las variedades. Aceptando la hipótesis alternativa uno y se establece que al menos una de las variedades de papa evaluadas logró obtener mayor rendimiento en terrenos con infestación de 6 quistes de nematodo dorado / 100 gramos de suelo. La clara superioridad del rendimiento de la variedad Sifra es evidente con un rendimiento de 54.8 t/ha a diferencia de

las demás variedades evaluadas. De acuerdo a estudios realizados por el ICTA en municipios como San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Palestina de los Altos Quetzaltenango, Lavor Ovalle, Quetzaltenango y San Juan Ixcay, Huehuetenango, el genotipo que presento mayor rendimiento total de tubérculos de papa con infestaciones de nemátodo de quiste en terrenos fue el Clon ICTA 6014, con un rendimiento total de 20.71 ton/ha.

12.2. Variable número de tubérculos de papa por unidad experimental

Cuadro 11 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de primera calidad de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.4	6	0.7	4.53	0.0592
Bloques	4.70E-03	1	4.70E-03	0.32	0.5974
Variedad	0.4	5	0.08	5.38	0.0443
Error	0.07	5	0.01		
Total	0.48	11			

Coefficiente de
variación

6.5

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

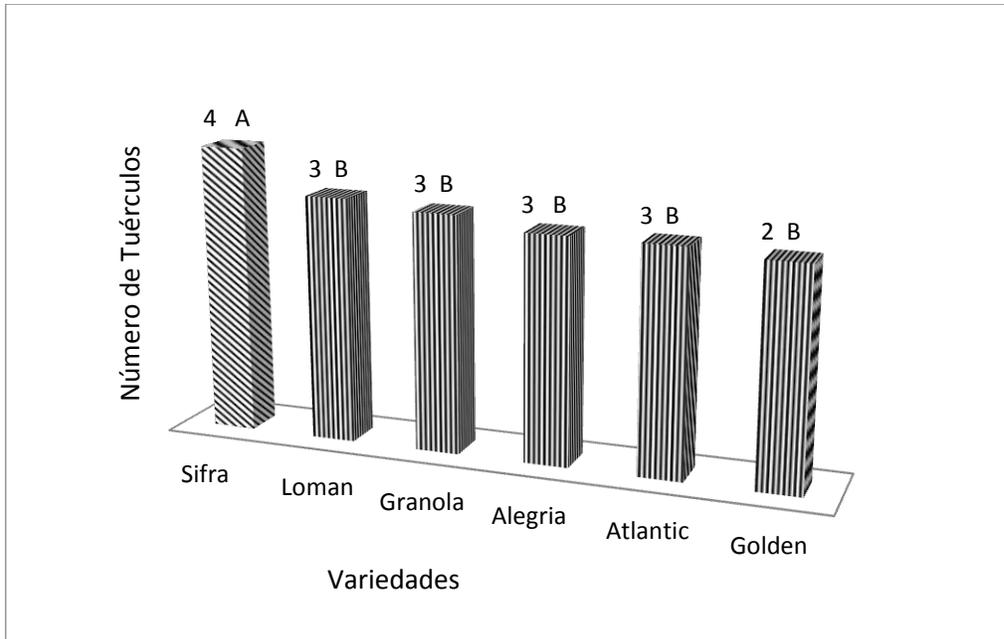
En el cuadro once se presenta el ANDEVA realizado para la variable rendimiento de papa de primera calidad, en el que se observa que la columna del valor $p < 0.0443$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0,05 determinando estadísticamente significativa. Es decir que en el caso de las variedades evaluadas existe al menos una que el número de tubérculos de primera calidad es alto en terrenos con infestación de nematodo dorado.

Cuadro 12 Análisis de discriminación de medias por el método DGC para el número de tubérculos de primera calidad de las siete variedades evaluadas.

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sifra	2.24	3	0.09	A
Loman	1.91	3	0.09	B
Granola	1.85	3	0.09	B
Alegria	1.76	3	0.09	B
Atlantic	1.75	3	0.09	B
Golden	1.7	3	0.09	B

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

En el cuadro doce se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias, en el cual se observa la formación de dos grupos. El primer y superior estadísticamente al resto de las variedades, está formado por la variedad Sifra y el segundo grupo por el resto de las variedades.



Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

Gráfica 3 Número de tubérculos de primera calidad de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

De acuerdo al análisis de varianza efectuado, la gráfica cuatro representa las diferencias estadísticas entre cada una de las variedades. La superioridad de número de tubérculos de primera calidad de la variedad Sifra es evidente con 4 tubérculos de 12 centímetros de largo por planta, a diferencia de las demás variedades. La variedad Loman es la variedad testigo, utilizado de forma generalizada por los productores de papa de la región.

Cuadro 13 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de segunda calidad de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.25	6	0.04	2.24	0.1974
Bloques	0.08	1	0.08	4.31	0.0926
Variedad	0.17	5	0.03	1.82	0.2628
Error	0.09	5	0.02		
Total	0.34	11			

Coefficiente de
variación 6.25

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

El análisis de varianza, efectuado a la variable de número de tubérculos de segunda calidad, indica que no existió diferencia estadística, lo que demuestra que el número de tubérculos que presentaron fueron cantidades similares en lo relacionado a las variedades evaluadas.

Cuadro 14 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de tercera calidad de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.24	6	0.04	0.66	0.6903
Bloques	0.01	1	0.01	0.1	0.7614
Variedad	0.23	5	0.05	0.77	0.6106
Error	0.3	5	0.06		
Total	0.54	11			

Coefficiente de
variación 15.42

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

El análisis de varianza, efectuado a la variable de número de tubérculos de tercera calidad, indica que no existió diferencia estadística, lo que demuestra que el número de tubérculos que presentaron fueron cantidades similares en lo relacionado a las variedades evaluadas.

Cuadro 15 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos total de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.2	6	0.03	0.74	0.6401
Bloques	0.80	1	0.08	1.66	0.2545
Variedad	0.13	5	0.03	0.56	0.7296
Error	0.23	5	0.05		
Total	0.43	11			
Coeficiente de variación					
	6.8				

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

El análisis de varianza efectuado a la variable número de tubérculos total, está definido por la sumatoria de todas las categorías. Determinando que el p-valor 0.7296, es mayor al nivel de significancia de la prueba 0.05, lo que demuestra que no existe diferencia significativa entre las variedades evaluadas. Rechazando para esta categoría la hipótesis alternativa uno planteada para esta investigación, lo que demuestra que el número de tubérculos que presentaron fueron cantidades similares.

Para esta variable pudimos determinar que para la clasificación de primera calidad fue la única que presento mayor cantidad de tubérculos de primera calidad, siendo la variedad Sifra.

12.3. Variable: Peso promedio de tubérculos de papa.

Cuadro 16 Análisis de Varianza para el peso promedio en gramos de tubérculos de papa en (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5120.32	6	853.39	10.25	0.0109
Bloques	8.97	1	8.97	0.11	0.756
Variedad	5111.35	5	1022.27	12.28	0.0078
Error	416.35	5	83.27		
Total	5536.67	11			

Coefficiente de
variación 7.83

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

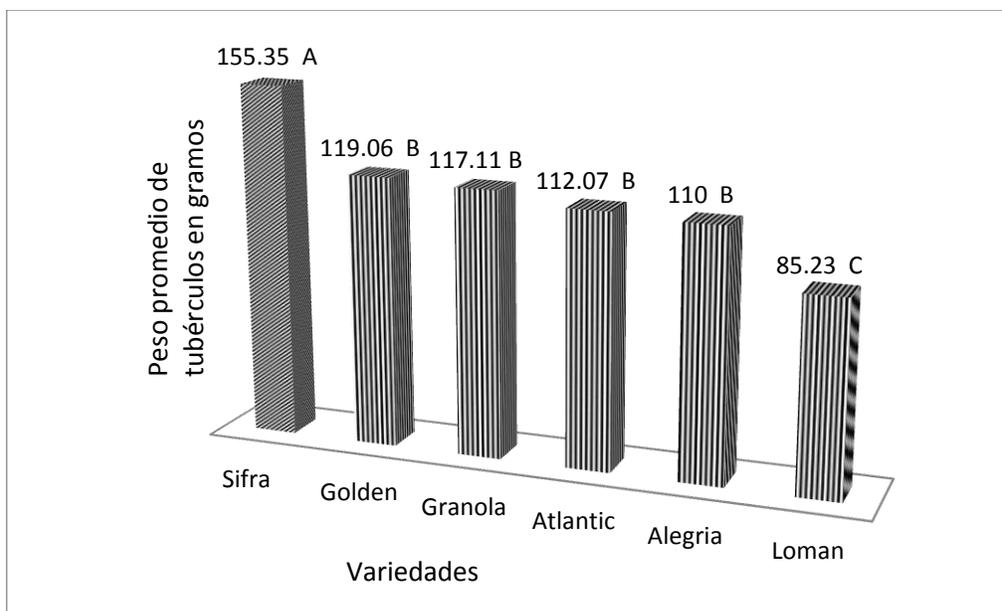
En el cuadro dieciséis se presenta el ANDEVA realizado al peso promedio en gramos de tubérculos de siete variedades de papa, observando el valor $p < 0.0078$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0.05 lo que demuestra que existió diferencia altamente significativa entre las variedades evaluadas. Rechazando la hipótesis alternativa tres, que establece densidad poblacional de nemátodos influye en el peso promedio de los tubérculos, de las variedades a evaluar.

Cuadro 17 Análisis de discriminación de medias por el método DGC al peso promedio en gramos de tubérculos de papa de siete variedades de papa.

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sifra	155.35	3	6.45	A
Golden	119.06	3	6.45	B
Granola	117.11	3	6.45	B
Atlantic	112.07	3	6.45	B
Alegria	110	3	6.45	B
<u>Loman</u>	85.23	3	6.45	C

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

En el cuadro diecisiete se presentan los resultados de los análisis de discriminación de medias, en el cuál se puede observar la formación de tres grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de las demás variedades, está formado por la variedad Sifra, el segundo grupo por las variedades: Golden, Granola, Atlantic y Alegría, el tercer grupo está formado por el testigo que es la variedad Loman.



Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

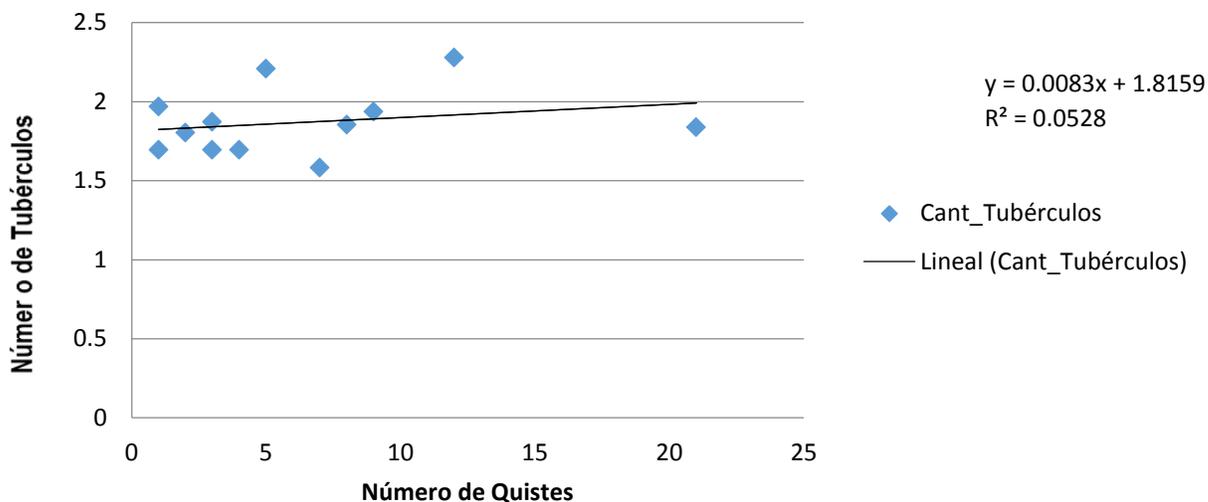
Gráfica 4 Peso promedio en gramos de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

En la Grafica cuatro se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron entre cada una de las variedades. La clara superioridad del peso promedio en gramos de los tubérculos cosechados de la variedad Sifra, obteniendo un peso de 155.25 gramos a diferencia de los cultivares, Golden, Granola, Atlantic y Alegría, la variedad que presento menor peso por promedio por gramos fue la variedad fue la variedad Loman.

Para está variable se rechaza la hipótesis alternativa tres, que la variedad Sifra no fue afectada por la población de nemátodos, que el peso promedio de tubérculos de la variedad Sifra fue de 155 gramos y la variedad más afectada por la población de nemátodos fue la variedad Loman, concluyendo que la variedad usada como testigo es la más susceptible y esta variedad que es más utilizada por los productores del altiplano de San Marcos.

12.4. Variable: Correlación entre la cantidad de tubérculos y cantidad de quistes presentes en el suelo

Se realizó una correlación lineal simple para conocer si existe una relación lineal entre la cantidad de tubérculos y la cantidad de nematodos que existen en el suelo. Para eso en el momento de la cosecha se colectaron muestras de suelo para conocer la cantidad de los nematodos.



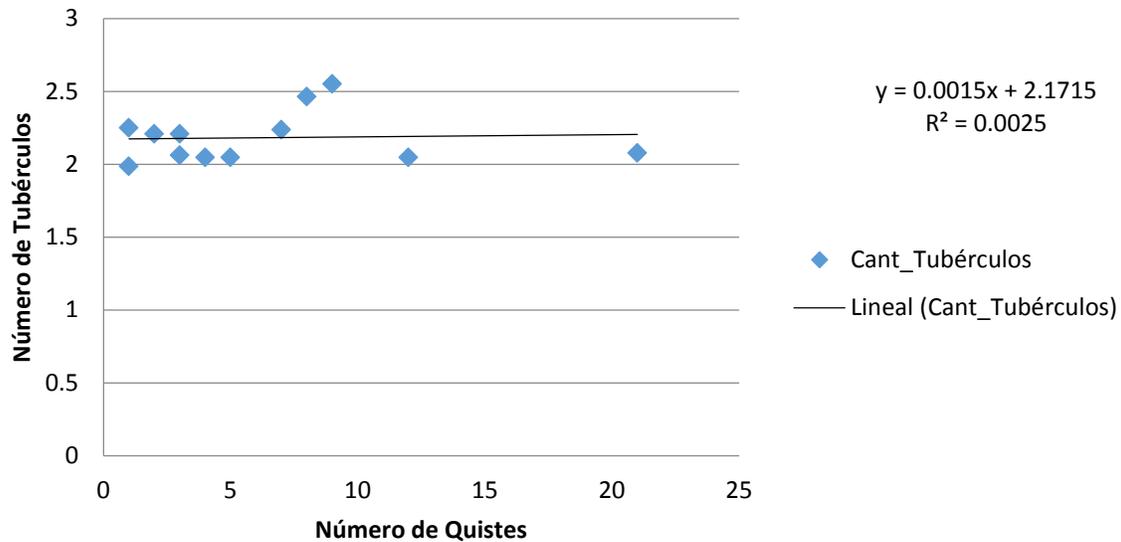
Fuente: Edwin Soto_Software Microsoft Excel_2019

Gráfica 5 Relación entre la cantidad de tubérculos de primera calidad y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.

Cuadro 18. Coeficiente de correlación de papa de primera calidad

Coeficiente de Correlación	0.22985306
Coeficiente de Determinación	0.0528

Para considerar una correlación alta esta tiene que tener un resultado cercano a uno, el cuadro quince muestra el coeficiente de correlación determinado que es de 22%, lo que indica que es una correlación baja en la relación de tubérculos de primera calidad y número de quistes presentes en el suelo, por lo que para estas variables no se establece ningún tipo de relación estadística.



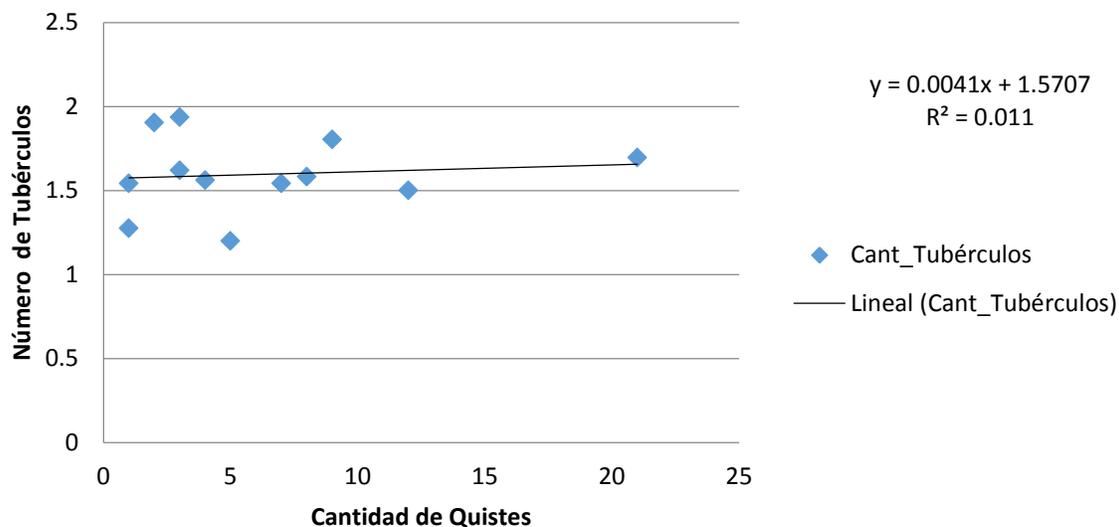
Fuente: Edwin Soto_Software Microsoft Excel_2019

Gráfica 6 Relación entre la cantidad de tubérculos de segunda calidad y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.

Cuadro 19 Coeficiente de variación de segunda calidad

Coeficiente de Correlación	0.05034602
Coeficiente de Determinación	0.0025

Para considerar una correlación alta esta tiene que tener un resultado cercano a uno, el cuadro quince muestra el coeficiente de correlación determinado que es de 5%, lo que indica que es una correlación baja en la relación de tubérculos de segunda calidad y número de quistes presentes en el suelo, no se establece una relación estadística para esta variable.



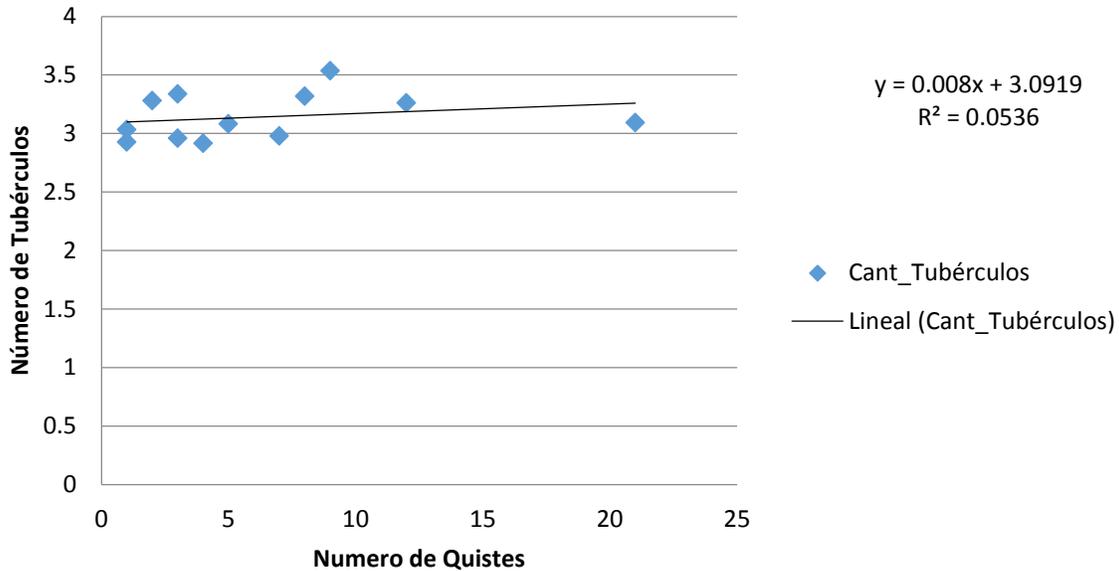
Fuente: Edwin Soto_Software Microsoft Excel_2019

Gráfica 7 Relación entre la cantidad de tubérculos de tercera calidad y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.

Cuadro 20 Coeficiente de variación de papa de tercera calidad

Coeficiente de Correlación	0.10511764
Coeficiente de Determinación	0.011

Para considerar una correlación alta esta tiene que tener un resultado cercano a uno, el cuadro quince muestra el coeficiente de correlación determinado que es de 10%, lo que indica que es una correlación baja en la relación de tubérculos de tercera calidad y número de quistes presentes en el suelo, no se establece ninguna relación estadística para esta variable.



Fuente: Edwin Soto_Software Microsoft Excel_2019

Gráfica 8 Relación entre la cantidad de tubérculos total y el número de quistes de nematodo dorado presentes en el suelo.

Cuadro 21 Coeficiente de variación del total de tubérculos de papa

Coeficiente de Correlación	0.23144551
Coeficiente de Determinación	0.0534

Para considerar una correlación alta esta tiene que tener un resultado cercano a cien por ciento, el cuadro quince muestra el coeficiente de correlación determinado que es de 23%, lo que indica que es una correlación baja en la relación del número total de tubérculos y número de quistes presentes en el suelo, no se establece una relación estadística entre las variables densidad poblacional de nematodos y número de tubérculos de papa.

Se observa que las relaciones obtenidas fueron bajas por lo que no se puede hacer una inferencia estadística, rechazando la hipótesis alternativa cuatro.

13. Conclusiones

- El genotipo de papa que presentó mayor rendimiento total y diferencia estadística con respecto al resto de los genotipos evaluados fue la variedad Sifra, en condiciones de suelos con infestación de (*Globodera rostochiensis*) con un promedio 6 quistes por 100 gramos de suelo. De tal manera que se rechaza la hipótesis nula, ya que al menos una variedad presentó un rendimiento estadísticamente diferente al resto de las variedades de papa.
- En base a la cantidad de tubérculos por planta que se recolectaron de cada variedad, se pudo determinar que la variedad que presentó mayor cantidad de tubérculos por planta fue la variedad Sifra, De tal manera que se rechaza la hipótesis nula, ya que al menos una variedad presentó un rendimiento estadísticamente diferente al resto de las variedades de papa.
- La variedad Sifra produjo la mayor cantidad de tubérculos de primera calidad, así como tubérculos de mayor peso, presentando diferencia estadística con respecto a las otras variedades, definiendo que es la variedad que menos es afectada por la presencia del nematodo de la papa en cuanto al tamaño de los tubérculos de papa.
- Se estableció que la correlación entre el número de quistes del nematodo dorado y la cantidad total de tubérculos de cada una de las variedades fue menor al 20 por ciento. Por lo que para este estudio se determinó que no existió correlación entre la densidad de nematodos del suelo y el número de tubérculos por planta.

14. Recomendaciones

- En base a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda utilizar la variedad Sifra, que es la que presentó mejores resultados de rendimiento y resistencia al ataque de nematodo de quiste, ya que presentó un mayor peso y tamaño de tubérculo.
- Proponer proyectos para promocionar el uso de la variedad Sifra en las áreas de producción de papa con niveles de infestación de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens) similares al sitio estudiado (6 quistes por 100 gramos de suelo).
- Involucrar a grupos organizados para dar a conocer los beneficios del uso de la variedad Sifra.
- Evaluar el rendimiento de la variedad de papa Sifra bajo condiciones de mayores densidades de población del nematodo dorado.
- Se recomienda realizar investigaciones con la variedad Sifra en suelos con diferentes niveles de infestación de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis*) para conocer el comportamiento y el rendimiento que presente esta variedad.

15. Bibliografía

1. Agrios, GN. 1988. Fitopatología. Trad. 2 ed. Manuel Guzmán. México, Limusa. 838 p.
2. Anaya G.B. C. Jiménez Pérez N. Rodríguez D. Greco N. 2005. Respuesta de clones avanzados de papa al nematodo quiste *Globodera rostochiensis*, y comportamiento en microparcels de un clon resistente al nematodo. Consultado el 05 de febrero del 2018.
Disponible en <http://Downloads/69721-69843-1-PB%20pdf>.
3. Cifuentes, O. 2014. Evaluación de 7 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) con resistencia a nematodos de quiste. ICTA. Informe Final 2014.
4. Comportamiento de 24 accesiones de papa (nativas, comerciales y clones promisorios) al parasitismo del nemátodo de quiste de la papa (*Globodera pallida*) en invernadero Cutuglagua-pichincha. 2010. Consultado el 06 de febrero del 2018.
Disponible en https://www.researchgate.net/profile/William_Valverde_Perez/publication/330500116_Behavior_24_potato_accessions_native_commercial_and_promising_clones_nematode_parasitism_potato_cyst_Globodera_pallida_in_greenhouse_Cutuglagua_Pichincha_Ecuador/links/577ee05508ae5f367d33e232/Behavior-24-potato-accessions-native-commercial-and-promising-clones-nematode-parasitism-potato-cyst-Globodera-pallida-in-greenhouse-Cutuglagua-Pichincha-Ecuador.pdf
5. De Jong, 2013 W. American Journal of potato research. Variety with resistance common scab and the Golden nematode, series. Consultado el 28 de Septiembre del 2016.
Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-94-007-2154-1#page-1>
6. Deguate.com, Producción de papa en Guatemala, 2004, consultado el 20 de diciembre de 2017
Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-papa-en-guatemala.shtml>.
7. Franco J. Nematodo del quiste de la papa, *Globodera* spp. (CIP) Centro internacional de la papa.
8. Franco J. Rincon, H. Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de papa. 1985. Estudios preliminares de tolerancia al nematodo del quiste de la papa *Globodera pallida* Stone. Colombia. Pag. 63-70 p. Consultado el 03 de febrero de 2018. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD688.pdf

9. Greco, N; Insera, RN; Brandonisio, A; Tirro, A; De Marinis, G. 1988. Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. Nematol. Medit. 16:69 – 73p.
10. Guatemala. 2002. Prensa Libre. Medida hondureña no afecta al país.
11. IDC (Inversiones y Desarrollo de Centroamerica, GT). 1999. Diagnóstico del sector de la papa en Guatemala. Guatemala, s.e.54p.
12. Milla Tapia A. Krausz Barrientos C. Agro Sur 2004. Detección de resistencia al nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll) en accesiones pertenecientes al germoplasma chileno papa (*Solanum tuberosum* L.) 28-34 p. consultado el 02 de febrero de 2018. Disponible en http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022004000100003&script=sci_arttext.
13. OIRSA, GT. 2002. Descripción del Proceso de análisis de riesgo de plagas. Guatemala. 13p.
14. Ramos E. (2008), Métodos y metodología de investigación. Consultado el 17 de enero del 2018. Disponible en <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigación>
15. Schluter, K. 1976. The potato cyst elrorn *Heterodera rostochiensis* Woll. In Morcco: It's distribution and economic importance. Journal of Plant Disease and Plant Protection 83:401-405 p.
16. SEGEPLAN (Secretaria General de Planificación y Programación Presidencial) Consultado 15 de Diciembre 2017 Disponible [http://ide.segeplan.gob.gt/tablas/tablas_municipal/pdfs/12 Tablas SanMarcos/tabla_44_12_pdf](http://ide.segeplan.gob.gt/tablas/tablas_municipal/pdfs/12_Tablas_SanMarcos/tabla_44_12_pdf).
17. USPADA(Unidad Sectorial de Planificación Agropecuaria y de Alimentación , GT.); BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2001. Producción y comercialización de la papa en Guatemala. Guatemala. 3 p

16. Anexos

Anexo 1 Cronograma de investigación

Tabla 1 Cronograma de la investigación. Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* woll Behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

Actividades	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Aprobación de protocolo								
Toma de muestras de suelo								
Análisis de Laboratorio.								
Preparación de suelo								
Siembra								
Riego								
Aplicaciones Foliares								
Aplicación de fungicidas								
Fertilización								
Aporque								
Toma de datos de síntomas								
Defoliación								
Cosecha								
Toma de datos								
Análisis de datos								
Análisis de muestras de suelo								
Elaboración y presentación de informe.								

Anexo 2 Costo de investigación

Cuadro 22 Costos de investigación Evaluación del rendimiento y resistencia de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la infección de nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* woll behrens) en el municipio de Tejutla, Departamento de San Marcos

Materiales

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Total
1	Variedad Granola	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
2	Variedad Atlantic	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
3	Variedad Alegría	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
4	Variedad Golden Globe	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
5	Variedad Sifra	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
6	Variedad Hodaj	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
7	Variedad Loman	Kilogramo	15	Q 5.50	Q 82.50
8	Fertilizante 15-15-15	Quintal	1	Q 175.00	Q 175.00
9	Abono orgánico	Quintal	4	Q 70.00	
10	Aplicaciones Fitosanitarias				
11	Diazinon	Litro	1	Q 225.00	Q 225.00
12	Prevalor	Litro	½	Q 150.00	Q 150.00
13	Dimetomorf	Litro	1	Q 175.00	Q 175.00
14	Thiacloprid, Beta-cyfluthrin	Litro	1	Q 200.00	Q 200.00
15	Multimineral quelatado	0.125 litros	1	Q 190.00	Q 190.00
16	Adherente	Litro	1	Q 85.00	Q 85.00
17	Cymoxanil	Kilogramo	1	Q 140.00	Q 140.00
				Total	Q 1914.00

Cuadro 23 Equipo y mano de obra

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Total
1	Arrendamiento de terreno	Unidad		Q 800.00	Q 800.00
2	Azadones	Unidad	1	Q 70.00	Q 70.00
3	Bomba	Unidad	1	Q 400.00	Q 400.00
4	Jornales	Unidad	12	Q 50.00	Q 600.00
				Total	Q 1870.00
	Costo Total de Investigación				Q 3,784.00



Quetzaltenango, 08 de enero del 2018

Señor
Josué Soto
Tesisista CUSAM

Reciba un cordial saludo. Por medio de la presente envío los resultados del procesamiento de las muestras de suelo.

Localidad: caserío Los Laureles, Tejutla San Marcos

Muestra	Altitud msnm	No. De Quistes	No. De Larvas	No. De huevos
1	2736	30	22	14
2	2741	32	20	18
3	2739	37	23	19
4	2743	75	21	35

Agradeciendo su atención, me suscribo de Ud.

Atentamente,


Inga. Agra. Jenny Calderón
Laboratorio de Protección Vegetal
ICTA - CIALO



INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS
Centro de Investigaciones del Altiplano –CIALO–: Km.3.5 Ctra. Olintepeque, Quetzaltenango; PBX.: (502) 77635097 - www.icta.gob.gt

www.maga.gob.gt

Anexo 3 Especificación de análisis de suelos antes de la siembra.

Figura 3 Resultado de análisis de suelos para identificar el lugar que presenta mayor cantidad de quistes.

Anexo 4 Evidencia Fotográfica

Figura 4 Medición de surcos.



Figura 5 Delimitación de parcelas.



Figura 6 Fertilización de Surcos.



Figura 7 Surcos fertilizados



Figura 8 Preparación de semilla de las surco Siete variedades.

Figura 9 Conteo de semilla por



Figura 10 Distribución de semillas de cada variedad
Por cada surco



Figura 11 Distribución de
tubérculos cada 30 cms



Figura 12 Fumigación para proteger la semilla semilla.



Figura 13 Tapado de



Figura 14 Plantas emergiendo 20 días
cada
después de la siembra



Figura 15 Aplicaciones foliares
ocho días



Figura 16 Identificación de variedades



Figura 17 Plantas con falta de crecimiento



Figura 18 Limpia, fertilización y aporque de plantas DDS



Figura 19 Defoliación a los cien



Figura 20 Cosecha de 16 plantas por cada parcela



Figura 21 Pesaje de tubérculos por cada clasificación y total

Figura 22 Clasificación de los tubérculos





Figura 23 **Extracción de muestras de suelo**

Figura 24 **Almacenamiento de muestras.**



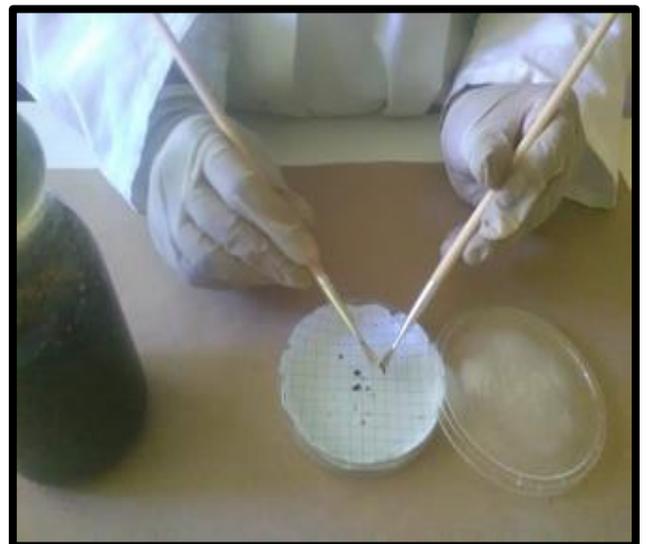
Figura 25 **Secado de muestras**

Figura 26 **Preparación de muestras**



Figura 27 **Extracción de quistes, huevos y larvas**

Figura 28 **Conteo de quistes, huevos y larvas**



Quetzaltenango, 10 de septiembre del 2018

Señor
 Josué Soto
 Tesista CUSAM

Reciba un cordial saludo. Por medio de la presente envío los resultados del procesamiento de las muestras de suelo.

Localidad: caserío Los Laureles, Tejutla San Marcos

Muestra	Tratamientos	No. De Quistes	No. De Larvas	No. De huevos
101	Granola	21	0	6
102	Sifra	5	-	-
103	Golden Globe	4	-	-
104	Atlantic	2	-	-
105	Alegría	7	-	-
106	Hodag	0	-	-
107	Loman	1	-	-
201	Granola	0	-	-
202	Sifra	2	-	-
203	Golden Globe	2	-	-
204	Atlantic	1	-	-
205	Alegría	9	-	-
206	Hodag	12	-	-
207	Loman	8	-	-
301	Atlantic	29	2	8
302	Golden Globe	3	-	-
303	Sifra	12	-	-
304	Loman	11	-	-

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS

Centro de Investigaciones del Altiplano –CIALO–: Km.3.5 Ctra. Olintepeque, Quetzaltenango; PBX.: (502) 77635097 - www.icta.gob.gt

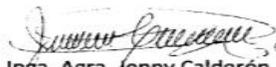
www.maga.gob.gt



Muestra	Tratamientos	No. De Quistes	No. De Larvas	No. De huevos
305	Granola	3	-	-
306	Hodag	3	-	-
307	Alegria	2	-	-

Agradeciendo su atención, me suscribo de Ud.

Atentamente,


Inga. Agra. Jenny Calderón
Laboratorio de Protección Vegetal
ICTA - CIALO



INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS
Centro de Investigaciones del Altiplano –CIALO–: Km.3.5 Ctra. Olintepeque, Quetzaltenango; PBX.: (502) 77635097 - www.icta.gob.gt

www.maga.gob.gt

Anexo 5 Especificaciones de análisis de suelos, al momento de la cosecha.

Figura 29 Resultado de análisis de muestras de suelo tomadas en el momento de la cosecha.



A: sistema de embudo matraz.



B: volumen de suelo procesado (300cc).



C: colocación del suelo en el sistema Embudo-Matraz.



D: aplicación de agua a presión a través del sistema.



E: flotación de materia orgánica y quistes del sistema Embudo Matraz.



F: quistes y materia orgánica colectados al finalizar el sistema Embudo Matraz.



G: filtrado de la muestra obtenida.



H: secado de la muestra obtenida a temperatura ambiente.



I: vaciado del material en un Earlenmeyer con acetona.



J: quistes y materia orgánica flotando en acetona.



K: colecta de quistes en bandejas de aluminio.



L: procesamiento de quistes para determinación.

Anexo 6 Método de extracción y conteo de quistes de nemátodo dorado.

Figura 30 Pasos para la extracción de nemátodos, descripción del método Fenwick modificado con acetona para la extracción de quistes.

Método de decantación de quistes de Fenwick

Al llegar las plantas a su madurez (de 90 a 120 días) se defolian y se espera hasta que el nematodo haya cumplido dos ciclos. El suelo se extrae de las unidades experimentales y se seca a temperatura ambiente del laboratorio. La separación se hará al sumergirse el suelo en acetona y los quistes flotados serán colectados y sometidos a conteo usando estereomicroscopio, se maceran

Manejo y transporte de muestras. Cada muestra se colocará en bolsas de plástico, las cuales serán identificadas claramente con la siguiente información:

- Número de muestra
- Fecha de colecta
- Localidad
- Coordenadas UTM

Las muestras serán trasladadas al laboratorio de Fitopatología Agroexpertos, donde se llevará a cabo el proceso de extracción de quistes, caracterización morfológica y molecular de los mismos.

Fase de laboratorio. La metodología por seguir en la fase de laboratorio es la siguiente:

a. Registro de muestras. A cada una de las muestras se le asignará un código en el laboratorio, y será anotado tanto en un libro de control, como en la base de datos electrónica.

b. Preparación de las muestras. Cada una de las muestras será secada a temperatura ambiente, por un período de 8 días. Esto se hará esparciendo la muestra sobre papel periódico. Para realizar el proceso de extracción de quistes, se tomarán 300g de muestra de suelo seco, el remanente, se almacenará en las bolsas de plástico que han sido previamente identificadas.

c. Extracción y asilamiento de quistes. El método utilizado para la extracción de los quistes es Fenwick modificado con flotación en acetona. Un esquema del proceso se presenta en la Figura 10. Los pasos son:

- Embudo de Fenwick modificado con una boquilla de drenaje en la parte superior del embudo. Sistema de embudo matraz (EM) (Figura 30A).
- Se colocan los tamices de 20 y 150 mesh en el drenaje del embudo. El de 20 mesh se coloca para la recolección de material grueso, y el de 150 mesh para colectar el material de flotación donde se arrastrarán los quistes y materia orgánica.
- En un beaker de con capacidad de 1000cc, se agregan 500cc de agua, se agrega suelo seco hasta que el nivel del agua ascienda a 800cc. Con esto se obtienen 300cc de suelo para realizar el análisis (Figura 30B).
- La mezcla anterior se vierte sobre el tamiz de 20 mesh, colocado en la parte superior del embudo. (Figura 30C)

-Se hace pasar agua a presión para el arrastre del suelo hasta el fondo del recipiente. En el fondo del sistema se acumula el suelo, y por la rampa del matraz, sale materia orgánica y los quistes, debido a su menor densidad (Figura 30D)

-Con una pizeta se colecta la mezcla de materia orgánica y quistes en una caja de Petri, debidamente identificada con el código de la muestra, y debe contener papel filtro, para proceder a secar el material obtenido (Figura 30E).

-El material recolectado sobre el papel filtro se seca a temperatura ambiente, por 6 a 12 horas (Figura 30F).

-La muestra deshidratada, se agrega dentro de un Erlenmeyer de 250 cc de capacidad (Figura 30G)

-Se agrega acetona de grado industrial, hasta la mitad del Erlenmeyer, se agita fuertemente, y se agrega acetona nuevamente hasta llenar el Erlenmeyer (Figura 30H).

-Se deja reposar aproximadamente 1 minuto (Figura 30I). Después de ese tiempo, los quiste y materia orgánica flotan en la superficie del Erlenmeyer (Figura 30J).

-El material se colecta y se depositan en recipientes con agua destilada, para su flotación y separación (Figura 30K).

- Se observan y separan los quistes en el estereoscopio (Figura 30L)

Identificación del género *Globodera* en la muestra de quistes. Para la identificación de los quistes del género *Globodera*, se basa en la siguiente clave dicotómica:

Tabla 2 Clave dicotómica para quistes de géneros de la familia Heteroderidae. (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2017).

1	Quiste con forma de limón	No <i>Globodera</i>
	Quiste redondo	2
2	Dos fenestras largas de igual tamaño	No <i>Globodera</i>
	Una fenestra vulval larga	<i>Globodera</i>

Los quistes de *Globodera* son redondos, con una pequeña proyección del cuello, sin cono terminal, con diámetro $\pm 450\mu\text{m}$ y un color marrón. La superficie de la cutícula posee un patrón de crestas en forma de zigzag, y una capa D distintiva. El área perineal, consiste en una circumfenestra en la vulva. El ano es subterminal, sin fenestra. Los huevos son retenidos en el quiste, no en una masa de huevos (European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2017).

a. Caracteres morfológicos. La clasificación de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* se basa principalmente en los caracteres morfométricos, como número de pliegues entre el ano y la vulva, además del radio de Granek, siguiendo la Tabla 3:

Tabla 3. Caracteres morfométricos para la identificación de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* (basado en Subbotin et al. 2010)

Especie	Mediciones del quiste	
	No. Pliegues	Radio de Granek
<i>Globodera rostochiensis</i>	16-31 (>14)	1.3-9.5 (>3)
<i>Globodera pallida</i>	8-20 (<14)	1.2-3.5 (<3)

b. Estimación de los niveles de infestación de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*.

Después de identificar *G. rostochiensis* y *pallida* en la muestra, 50 quistes (separados por especie) se deben colocar en una caja de Petri con una gota de agua, donde se deben romper y posteriormente colocar en un tubo de ensayo con 35 mL, mezclar, y aforar hasta los 50mL con agua. Se toma 1mL y se cuentan los huevos y juveniles, se repite por lo menos 3 veces la operación, se saca un promedio (ésta es la cantidad promedio de huevos por quiste). Este promedio se multiplica por el número total de quistes (de la misma especie) encontrados en la muestra y se divide entre 300 (cantidad de suelo utilizada). El resultado está expresado como huevos por gramo de suelo (Huevos/g).

Para estimar los niveles de infestación se toma como referencia la Tabla 4:

Tabla 4. Niveles de infestación del suelo por *Globodera* spp. como respuesta al número de huevos+J2 por gramo de suelo.

<i>Nivel de Infestación del suelo</i>	<i>Huevos+J2/g de suelo</i>
<i>Libre</i>	0
<i>Incipiente</i>	1-5
<i>Medio</i>	5.1-15
<i>Alto</i>	15.1-35
<i>Muy Alto</i>	>35

c. Extracción de ADN de quistes de *Globodera*. Después de realizar la identificación de las especies de *Globodera*, los quistes de *G. rostochiensis* son separados y se procede a realizar

una extracción de ADN siguiendo la metodología seguida por Bulman y Marshall (1997) para la extracción de ADN de *Globodera*:

-Macerar con un pistilo estéril 2-3 quistes de *Globodera* en 50µL de buffer TNE 2X., homogenizar la muestra y centrifugar a 10 000 rpm durante 2 minutos, recuperar el sobrenadante, el cual es utilizado directamente en la reacción de PCR, sino es así, almacenar a 4 °C hasta su uso.

-Rotular cada uno de los extractos de ADN con el número de muestra correspondiente.

c. PCR para determinación de *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*. Se realizará un PCR múltiplex, bajo la metodología de Bulman y Marshall (1997). Se pueden utilizar quistes de *Globodera*, de diferentes patotipos y orígenes geográficos diferentes. Los primers a utilizar son: el primer universal ITS5, PITSp4 y PITSr3.

Los productos de la reacción de PCR entre el primer universal ITS5 y el primer específico de *Globodera pallida* PITSp4 consta de 265bp (pares de bases). Los productos de la reacción de PCR entre el primer universal ITS5 y el primer específico de *G. rostochiensis* PITSr3 es de 434bp.

El ciclo de PCR para la identificación de *G. pallida* y *G. rostochiensis* consta de 2 minutos a 94°C; 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 30 segundos a 60°C y 30 segundos a 72°C, y 5 minutos a 72°C.

d. Gel de electroforesis y lectura de resultados. La función principal del gel de electroforesis es visualizar los productos de PCR. Esto permite determinar si el PCR fue realizado exitosamente.

Para la preparación del gel de agarosa se siguen los siguientes pasos:

-Preparar la cámara de electroforesis, sellando los bordes y colocando el peine con el número de pocillos necesarios.

-Realizar un gel de agarosa al 2%, disolviendo 1.8g de Agarosa en 90ml de TBE 1X. (La concentración del gel dependerá del tamaño de ADN que se amplifique).

-Disolver la agarosa calentando la solución y agitándola continuamente.

-Añadir 9µL de Gel Red al gel de Agarosa. Mezclar bien y agitar sin que se formen burbujas.

-Verter la solución de agarosa en la placa para geles.

-Dejar polimerizar el gel alrededor de 30 minutos. Remover cuidadosamente los peines y los topes de hule para no romper los pocillos del gel.

-Colocar el gel en la cámara de electroforesis y agregar TBE 1X hasta cubrir el gel. Los pocillos deben colocarse de manera que el ADN fluya del polo negativo al positivo.

-Las muestras deben cargarse al gel cuidadosamente para no rasgar el pocillo, se deben cargar además un control positivo, uno negativo y el marcador molecular (5µL de cada uno)

- Cerrar la cámara de electroforesis y colocar los electrodos. Encender la fuente de poder e iniciar la corrida a un voltaje de 85 voltios durante 45 minutos (Tiempo y voltaje depende del tamaño del ADN amplificado y tipo de PCR).
- Al terminar, visualizar el gel en el transiluminador a una longitud de onda de 302nm. Tomar una fotografía para su registro y anotar los resultados.
- Unicamente quistes maduros para conteo de huevos y larvas en estado Juvenil 2.

Anexo 7 Artículo científico

Universidad San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de San Marcos
Ingeniero Agrónomo Con Orientación en Agricultura Sostenible

Autores

Edwin Josué Soto González

Ing. Agr. Osman Cifuentes

Ing. Agr. Nehemías Juan Rivera

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y RESISTENCIA DE SIETE VARIEDADES DE PAPA *SOLANUM TUBEROSUM* L. A LA INFECCIÓN DE NEMÁTODO DORADO (*GLOBODERA ROSTOCHIENSIS* WOLL BEHRENS), EN EL MUNICIPIO DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

Resumen

El cultivo de papa es una fuente de ingresos económicos para los agricultores del altiplano de San Marcos, el rendimiento de este cultivo ha estado disminuyendo fuertemente en zonas productoras del occidente de Guatemala, una de las causas de este problema es la infección de nemátodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), que afecta la raíz formando quistes, también se observan síntomas en el follaje como enanismos, con los muestreos que se realizaron para esta investigación reportaron poblaciones de esta plaga superiores a 70 quistes por 100 gramos de suelo, que de acuerdo a los estándares que maneja el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) con cantidades mayores de 35 huevos el nivel de infestación es muy alto afectando la producción total. En esta zona la variedad de papa utilizada por los productores es Loman por las características físicas que esta posee, la cual no ha mostrado resistencia. Con esta investigación se evaluaron seis nuevas variedades de papa siendo Sifra, Granola, Atlantic, Golden, Hodag y Alegria y la variedad Loman que fue utilizada como testigo, con el objeto de determinar que variedad presenta resistencia al nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Wol Berns) y que tengan un rendimientos mayores de 20 t/ha. Se realizaron dos muestreos de suelos, el primero para conocer el lugar donde se encuentra mayor cantidad de población de este nemátodo y uno al final del ciclo del cultivo, para conocer la cantidad de quistes presentes al momento de la cosecha. Los resultados obtenidos mostraron que la variedad Sifra presentó mayor rendimiento, mayor número de tubérculos y tubérculos más grandes.

Palabras clave

Resistencia, nemátodos, variedades.

Summary

The cultivation of potatoes is a source of economic income for the farmers of the highlands of San Marcos, the yield of this crop has been declining strongly in producing areas of western Guatemala, one of the causes of this problem is the infection of golden nematode the potato (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), which affects the root forming cysts, symptoms are also observed in the foliage as dwarf, with the samplings that were made for this investigation reported populations of this pest greater than 70 cysts per 100 grams of soil, that according to the standards that the Institute of Agricultural Science and Technology (ICTA) handles with quantities greater than 35 eggs, the level of infestation is very high, affecting the total production. In this area, the variety of potatoes used by producers is Loman because of the physical characteristics that it has, which has not shown resistance. With this research, six new potato varieties were evaluated, Sifra, Granola, Atlantic, Golden, Hodag and Alegria and the Loman variety that was used as a control, in order to determine which variety presents resistance to the golden nematode (*Globodera rostochiensis* Wol Berns) and that have a yield higher than 20 t / ha. Two soil samplings were carried out, the first one to know the place where the largest amount of this nematode is found and one at the end of the crop cycle, to know the quantity of cysts present at the time of harvest. The results obtained showed that the Sifra variety presented higher yield, greater number of tubers and larger tubers.

Keywords

Resistance, nematodes, varieties.

Introducción

En Guatemala el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. es un cultivo que pequeños y medianos productores se dedican a su producción desde hace años, ha adquirido importancia como una hortaliza de consumo en fresco como también para la industria.

Los principales departamentos productores de este cultivo son; Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Guatemala, Sololá y Jalapa, el 89 % del total de la superficie cosechada se encuentra en estos seis departamentos; Los que poseen dos épocas de siembra bien marcadas, la época lluviosa posee mayor importancia en el altiplano occidental, y los productores que siembran en época seca, los cuáles poseen posibilidades de riego para la producción agrícola. (6)

Según DIPLAN-MAGA y del BANGUAT se constató que en el año 2013 se exportaron 464 mil toneladas métricas, generando más de 60 millones de dólares. Los principales países que se hizo llegar este producto fueron, Canadá, Estados Unidos y El Salvador.

La producción de papa en Guatemala se ha visto afectada en los últimos años, por la presencia de nemátodos formadores de quiste, presentando síntomas visibles cómo, enanismo, marchitamiento, clorosis pudiéndose confundir con deficiencia de nutrientes, y en las raíces presentando quistes en las raíces, en los cuáles se encuentran los nematodos.. No se ha determinado con exactitud las pérdidas del cultivo por la presencia de nemátodos en Guatemala. Sin embargo, Tovar (2005) reporta que en México ocasionan perdidas entre el 40% y 80%, dependiendo de la población de quistes

de nemátodo dorado de la papa en el suelo y la susceptibilidad de la variedad.

En Guatemala no se conoce que existan variedades resistentes o tolerantes a los nemátodos formadores de quiste en el cultivo de papa. La Universidad de Cornell, en Estados Unidos ha producido una serie de variedades de papa con resistencia a *Globodera sp.* Ro.1, de las cuales el ICTA en cooperación con FEDECOAG introdujo al país siete variedades a Guatemala. Se han realizado introducciones del INIA de Chile y del Comité de la papa de los Estados Unidos, clones y variedades que también cuentan con esta característica

Las variedades de papa generadas bajo otras condiciones de clima, suelo y latitud, no siempre presentan una adaptación adecuada a las condiciones de Guatemala. Es necesario evaluar la adaptación de las nuevas variedades a las condiciones agro climáticas de las zonas productoras del país.

Donde al culminar está investigación se pudo determinar que la variedad que presento mayor resistencia en los niveles de infestación presentes en estos suelos, fue la variedad Sifra, presentando un mayor peso por unidad de área, tamaño más grande de tubérculos y mayor número de tubérculos por planta.

Justificación

Debido a la importancia económica, que puede llegar hasta un millón de dólares por las exportaciones realizadas (según DIPLAN-MAGA con datos de BANGUAT 2013) y alimenticia, que posee el cultivo de la papa en nuestro país, es necesario generar tecnología y alternativas adecuadas para los agricultores del altiplano marquense, puesto que la agricultura convencional es

la que utiliza la mayor parte de los agricultores.

Se puede observar la presencia de nemátodos de quiste, en los suelos donde se establece el cultivo de la papa, por lo que es necesario conocer la existencia de variedades que presenten resistencia al ataque de esta plaga del suelo y un mayor rendimiento por parcela establecida, consiguiendo mejor calidad del producto a comercializar. Como también conocer la manera en que esta plaga es diseminada en los diferentes suelos donde se produce el cultivo de papa, que una de las maneras con las cuales se contaminan las parcelas es llevando semilla contaminada de un lugar a otro sin saber de la existencia de esta plaga; otra de las maneras que se contaminan los suelos es por medio de la escorrentía que se producen en los terrenos que no poseen buen drenaje, ya que el suelo que lleva el agua puede contaminar terrenos sanos.

Con la siguiente investigación se determinó, si las siete variedades de papa que se evaluaron por parte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), presentan alguna resistencia al ataque del nemátodo de quiste. Puesto que uno de los métodos de control de esta plaga es la rotación de cultivos y si el suelo esta infestado se recomienda dejar el suelo sin utilizarlo para la agricultura por 20 años que es el tiempo que puede pasar viable los quistes en el suelo.

Con esto se puede brindar un aporte técnico que permitirá brindar apoyo a los actores locales e institucionales, a través de la generación de información actual y detallada con respecto a la problemática del ataque de nemátodo de quiste, en el altiplano de San Marcos.

Objetivos

General: Evaluar el rendimiento y la resistencia de siete variedades de papa a la infección del nematodo dorado, bajo las condiciones agroclimáticas del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.

Específicos:

- Identificar la variedad de papa con resistencia a nemátodo dorado que presente mayor potencial de rendimiento.
- Determinar la relación entre la densidad poblacional de los nemátodos en relación al número de tubérculos por planta.
- Definir si la presencia del nematodo de quiste influye en el peso promedio de los tubérculos de papa al finalizar el ciclo.
- Determinar el efecto del nemátodo dorado sobre el número de tubérculos por planta.

Metodología

Se empleó una metodología de tipo experimental cuantitativa, en donde se cuantificó la cantidad de tubérculos, de las siete variedades que no presentaron daño por el ataque de nemátodo de quiste. Ubicados en bloques completos al azar con siete variedades y tres repeticiones de forma aleatorizada, utilizando para ello el análisis de dicho diseño y luego ser comparado con la hipótesis planteada.

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. Y con

esto se facilitó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Método hipotético-deductivo: Este se usó en el momento de dar respuesta a las hipótesis con relación a las variables como, rendimiento tamaño y cantidad de tubérculos.

Procedimiento:

Fase de gabinete inicial Esta actividad consistió en la recolección de información documentada que fundamentó la metodología técnica, modelo estadístico y referencia biofísica del lugar donde se estableció la investigación.

Extracción muestras de suelo: Se extrajeron muestras de suelo, en diferentes localidades para verificar la existencia del nemátodo dorado.

Durante el periodo que llevó la investigación se realizó un muestreo cuando las variedades que se evaluaron ya estuvieron establecidas y un análisis cuando cosecho la papa.

Análisis de resultados: Se analizaron los respectivos resultados, de los muestreos realizados, donde se tomó la decisión de donde ubicó la investigación.

De la misma manera, se tomaron y se compararon los resultados de los dos análisis de suelo realizados durante la investigación.

Fase de campo: En esta fase se desarrolló el proceso de establecimiento de la investigación a nivel de campo, para la cual se contemplaron las siguientes actividades:

Área de la investigación: La parcela se estableció en un terreno de caserío Los Laureles, de aldea Los Cerezos, del

municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.

Preparación del suelo: Se realizó la preparación del suelo, efectuando un barbecho profundo para un desarrollo adecuado del cultivo de papa. Esta actividad se realizó quince días antes de la siembra, donde de manera consecutiva se incorporó materia orgánica, a una proporción de 12 sacos por área experimental.

Siembra de los tubérculos de papa.

Se efectuó la siembra de cada uno de los tubérculos de las siete variedades a evaluadas, en el terreno previamente preparado.

Manejo agronómico.

Se realizó la primera fertilización al momento de la siembra y la primera aplicación de pesticidas con la que se protegió la semilla de las plagas y enfermedades.

Se realizaron aplicaciones al follaje con fertilizantes foliares y aplicaciones de productos como: insecticidas, fungicidas cada ocho días. De acuerdo al plan que se estableció.

Se realizó la práctica de limpieza del suelo con la cual se efectuó la segunda fertilización granulada a la base de la planta, a los 35 días después de realizada la siembra. Se realizó también la práctica de aporque, esta con el objetivo de que la planta tuviera la suficiente tierra para que no se expusieran los tubérculos al sol.

A los 100 días después de realizada de la siembra se efectuó la defoliación de la planta de papa.

La cosecha se realizó a los 112 días después de la siembra, se recolectaron los datos necesarios por la investigación.

Toma de muestras de suelo al momento de la cosecha, se realizó para conocer la cantidad de nematodos con que se terminó el ciclo del cultivo.

Proceso de laboratorio para el conteo de quistes de nemátodo dorado.

Resultados y discusión

Debido al tipo de investigación que se realizó en campo, se procedió a realizar un análisis de varianza a las diferentes variables.

Variable: Rendimiento por unidad experimental

Cuadro 1. Análisis de Varianza para el Rendimiento de papa de primera calidad, de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	605.46	6	100.91	16.8	0.0036
Bloques	2.06	1	2.06	0.34	0.5832
Variedad	603.4	5	120.68	20.09	0.0025
Error	30.03	5	6.01		
Total					
Coeficiente de variación		10.67			

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

Se presenta el ANDEVA realizado para la variable rendimiento de papa de primera calidad, en el que se observa que para la variedad el p-valor es de 0.0025 el cual es menor al nivel de significancia de 0,05 determinando estadísticamente que es significativa. Es decir que en el caso de las variedades evaluadas existe al menos

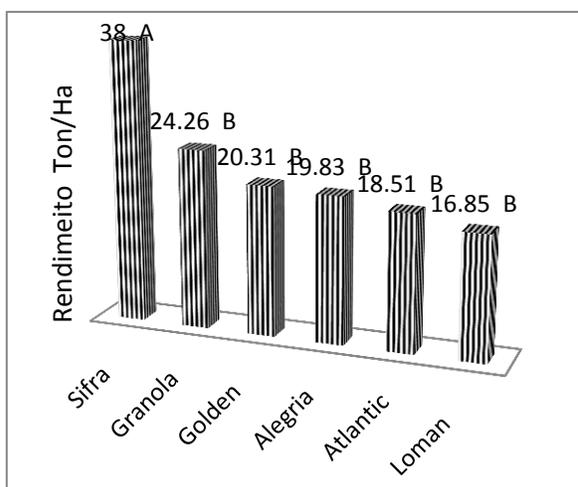
una variedad donde el rendimiento de papa de primera calidad es estadísticamente diferente en terrenos con infestación de nematodo dorado.

Cuadro 2 Análisis de discriminación de medias por medio de DGC en rendimiento de papa de primera calidad, de siete variedades de papa.

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sifra	38	3	1.73	A
Granola	24.26	3	1.73	B
Golden	20.31	3	1.73	B
Alegria	19.83	3	1.73	B
Atlantic	18.51	3	1.73	B
Loman	16.85	3	1.73	B

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

Se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias en el cuál se pueden observar la formación de dos grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de las variedades está formado por la variedad Sifra y el segundo grupo por el resto de las variedades, en su orden las Granola, Golden, Alegría, Atlantic y Loman.



Gráfica 1 Rendimiento de papa (*Solanum tuberosum L.*) de primera calidad, en toneladas / hectárea

De acuerdo al análisis de varianza efectuado, en la gráfica uno se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron entre cada una de las variedades. La clara superioridad del rendimiento de la variedad Sifra es evidente para rendimiento de primera calidad de tubérculos con un rendimiento de 38 t/ha, a diferencia de las variedades Granola y Golden que representan un 70% menos del rendimiento que la de la variedad superior. La variedad Loman es la variedad testigo, utilizado de forma generalizada por los productores de papa de la región.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el rendimiento total de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*)

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	733.99	6	122.33	5.87	0.0356
Bloques	40.3	1	40.3	1.93	0.223
Variación	693.69	5	138.74	6.66	0.0289
Error	104.19	5	20.84		
Total	838.18	11			

Coefficiente
de variación 11.29

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

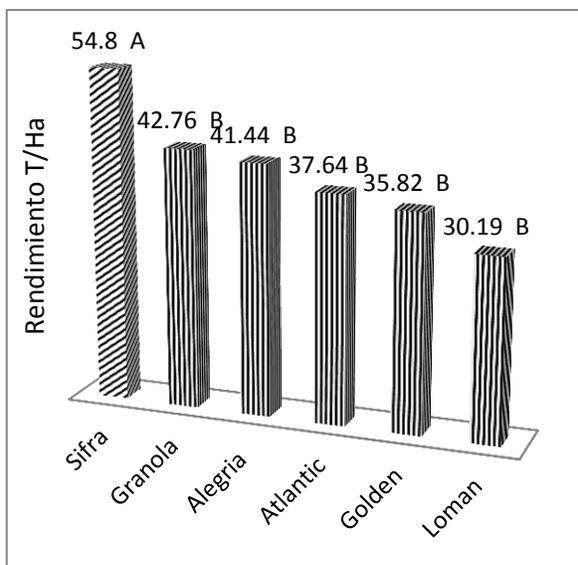
Se presenta el ANDEVA realizado al rendimiento total de tubérculos de siete variedades de papa, está definida por la sumatoria de todas las categorías. Observando el valor $p < 0.0289$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0.05 lo que demuestra que existió diferencia significativa entre las variedades evaluadas. Aprobando la hipótesis alternativa planteada para esta investigación, estableciendo que al menos una de las variedades evaluadas presenta un rendimiento diferente a las demás.

Cuadro 4 Análisis de discriminación de medias por el método DGC para el rendimiento total de las siete variedades de papa.

Variación	Medias	n	E.E.	
Sifra	54.8	3	3.23	A
Granola	42.76	3	3.23	B
Alegría	41.44	3	3.23	B
Atlantic	37.64	3	3.23	B
Golden	35.82	3	3.23	B
Loman	30.19	3	3.23	B

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

En el cuadro dos se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias, en el cuál se puede observar la formación de dos grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de las variedades está formado por la variedad Sifra y el segundo grupo por las demás variedades.



Gráfica 2 Rendimiento total de papa (*Solanum tuberosum L.*), en toneladas / hectárea

En la figura dos se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron entre cada una de las variedades. Aceptando la hipótesis alternativa uno y se establece que al menos una de las variedades de papa evaluadas logró obtener mayor rendimiento en terrenos con infestación de 6 quistes de nematodo dorado / 100 gramos de suelo. La clara superioridad del rendimiento de la variedad Sifra es evidente con un rendimiento de 54.8 t/ha a diferencia de las demás variedades evaluadas.

De acuerdo a estudios realizados por el ICTA en municipios como San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Palestina de los Altos Quetzaltenango, Labor Ovalle, Quetzaltenango y San Juan Ixcoy, Huehuetenango, el genotipo que presento mayor rendimiento total de tubérculos de papa con infestaciones de nemátodo de quiste en terrenos fue el Clon ICTA 6014, con un rendimiento total de 20.71 ton/ha.

Variable número de tubérculos de papa por unidad experimental

Cuadro 5 Análisis de Varianza correspondiente al número de tubérculos de primera calidad de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.4	6	0.7	4.53	.0592
Bloques	4.70E	1	4.70E	0.32	.5974
Variedad	-03	5	0.08	5.38	.0443
Error	0.07	5	0.01		
Total	0.48	11			

Coficiente de variación 6.5

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

En el cuadro cuatro se presenta el ANDEVA realizado para la variable rendimiento de papa de primera calidad, en el que se observa que la columna del valor $p < 0.0443$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0,05 determinando estadísticamente significativa. Es decir que en el caso de las variedades evaluadas existe al menos una que el número de tubérculos de primera calidad es alto en terrenos con infestación de nematodo dorado.

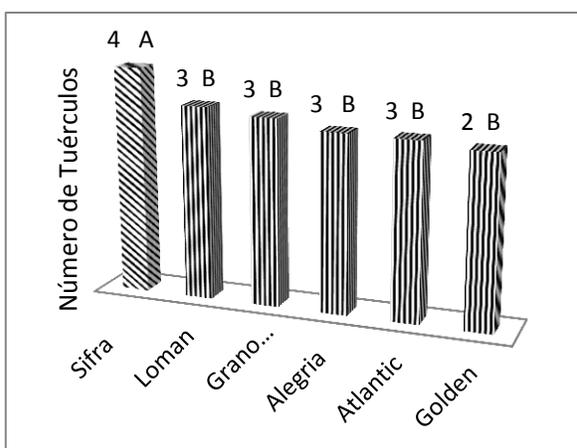
Cuadro 6 Análisis de discriminación de medias por el método DGC para el número de tubérculos de primera calidad de las siete variedades evaluadas.

Variedad	Medias	n	E.E.	
Sifra	2.24	3	0.09	A
Loman	1.91	3	0.09	B
Granola	1.85	3	0.09	B
Alegria	1.76	3	0.09	B

Atlantic	1.75	3	0.09	B
Golden	1.7	3	0.09	B

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

En el cuadro doce se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias, en el cual se observa la formación de dos grupos. El primer y superior estadísticamente al resto de las variedades, está formado por la variedad Sifra y el segundo grupo por el resto de las variedades.



Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

Gráfica 9 Número de tubérculos de primera calidad de papa (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

De acuerdo al análisis de varianza efectuado, la gráfica cuatro representa las diferencias estadísticas entre cada una de las variedades. La superioridad de número de tubérculos de primera calidad de la variedad Sifra es evidente con 4 tubérculos de 12 centímetros de largo por planta, a diferencia de las demás variedades. La variedad Loman es la variedad testigo, utilizado de forma

generalizada por los productores de papa de la región.

Variable: Peso promedio de tubérculos de papa.

Cuadro 7. Análisis de Varianza para el peso promedio en gramos de tubérculos de papa en (*Solanum tuberosum L.*) de las siete variedades evaluadas.

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	5120.	32	853.	10.	0.0109
Bloques	8.97	1	8.97	11	0.756
Variedad	5111.	35	1022.	12.	0.0078
Error	416.	35	83.	28	
Total	5536.	67	27		
Coeficiente de variación 7.83					

Fuente: Edwin Soto_Software
InfoStat_2019

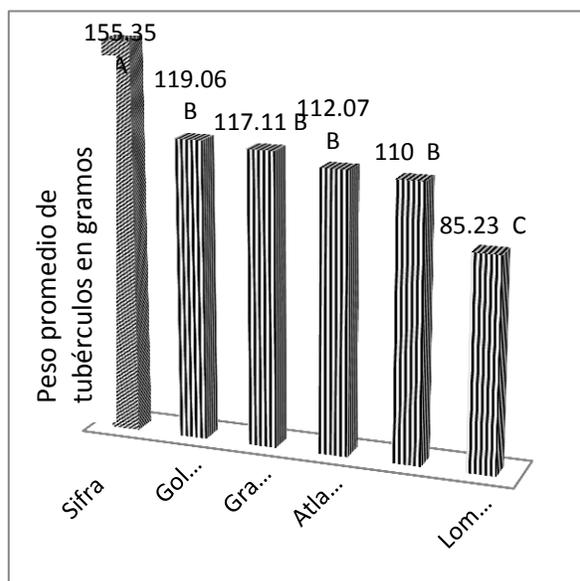
Se presenta el ANDEVA realizado al peso promedio en gramos de tubérculos de siete variedades de papa, observando el valor $p < 0.0078$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0.05 lo que demuestra que existió diferencia altamente significativa entre las variedades evaluadas. Rechazando la hipótesis alternativa tres, que establece densidad poblacional de nemátodos influye en el peso promedio de los tubérculos, de las variedades a evaluar.

Cuadro 8 Análisis de discriminación de medias por el método DGC al peso promedio en gramos de tubérculos de papa de siete variedades de papa.

Variedad	Medias	N	E.E.	
Sifra	155.35	3	6.45	A
Golden	119.06	3	6.45	B
Granola	117.11	3	6.45	B
Atlantic	112.07	3	6.45	B
Alegria	110	3	6.45	B
Loman	85.23	3	6.45	C

Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

En el cuadro diecisiete se presentan los resultados de los análisis de discriminación de medias, en el cuál se puede observar la formación de tres grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de las demás variedades, está formado por la variedad Sifra, el segundo grupo por las variedades: Golden, Granola, Atlantic y Alegría, el tercer grupo está formado por el testigo que es la variedad Loman.



Fuente: Edwin Soto_Software InfoStat_2019

Gráfica 10 Peso promedio en gramos de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) de las siete variedades evaluadas.

En la Grafica cuatro se puede observar las diferencias estadísticas que se presentaron entre cada una de las variedades. La clara superioridad del peso promedio en gramos de los tubérculos cosechados de la variedad Sifra, obteniendo un peso de 155.25 gramos a diferencia de los cultivares, Golden, Granola, Atlantic y Alegría, la variedad que presento menor peso por promedio por gramos fue la variedad Loman.

Para está variable se rechaza la hipótesis alternativa tres, que la variedad Sifra no fue afectada por la población de nemátodos, que el peso promedio de tubérculos de la variedad Sifra fue de 155 gramos y la variedad más afectada por la población de nemátodos fue la variedad Loman, concluyendo que la variedad usada como testigo es la más susceptible y esta variedad que es más utilizada por los productores del altiplano de San Marcos.

Conclusiones

- El genotipo de papa que presentó mayor rendimiento total y diferencia estadística con respecto al resto de los genotipos evaluados fue la variedad Sifra, en condiciones de suelos con infestación de (*Globodera rostochiensis*) con un promedio 6 quistes por 100 gramos de suelo. De tal manera que se rechaza la hipótesis nula, ya que al menos una variedad presento un rendimiento estadísticamente diferente al resto de las variedades de papa.
- En base a la cantidad de tubérculos por planta que se recolectaron de cada variedad, se pudo determinar que la variedad que presento mayor cantidad de

tubérculos por planta fue la variedad Sifra, De tal manera que se rechaza la hipótesis nula, ya que al menos una variedad presentó un rendimiento estadísticamente diferente al resto de las variedades de papa.

- La variedad Sifra produjo la mayor cantidad de tubérculos de primera calidad, así como tubérculos de mayor peso, presentando diferencia estadística con respecto a las otras variedades, definiendo que es la variedad que menos es afectada por la presencia del nematodo de la papa en cuanto al tamaño de los tubérculos de papa.
- Se estableció que la correlación entre el número de quistes del nematodo dorado y la cantidad total de tubérculos de cada una de las variedades fue menor al 20 por ciento. Por lo que para este estudio se determinó que no existió correlación entre la densidad de nematodos del suelo y el número de tubérculos por planta.

Bibliografía

1. Agrios, GN. 1988. Fitopatología. Trad. 2 ed. Manuel Guzmán. México, Limusa. 838 p.
2. Anaya G.B. C. Jiménez Pérez N. Rodríguez D. Greco N. 2005. Respuesta de clones avanzados de papa al nematodo quiste *Globodera rostochiensis*, y comportamiento en microparcels de un clon resistente al nematodo. Consultado el 05 de febrero del 2018.
Disponible en <http://Downloads/69721-69843-1-PB%20pdf>.

3. Cifuentes, O. 2014. Evaluación de 7 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) con resistencia a nematodos de quiste. ICTA. Informe Final 2014.

4. Comportamiento de 24 accesiones de papa (nativas, comerciales y clones promisorios) al parasitismo del nemátodo de quiste de la papa (*Globodera pallida*) en invernadero

Cutuglagua-pichincha. 2010. Consultado el 06 de febrero del 2018.

Disponible en https://www.researchgate.net/profile/William_Valverde_Perez/

publication/330500116_Behavior_24_potato_accessions_native_commercial_and_

propromis_clones_nematode_parasitism_potato_cyst_Globodera_pallida_in_

ggreenhous_Cutuglagua_Pichincha_Ecuador/links/577ee05508ae5f367d33e232/

Behavior-24-potato-accessions-native-commercial-and-promising-clones-nematode-

parasitism-potato-cyst-Globodera-pallida-in-greenhouse-Cutuglagua-

Pichincha-Ecuador.pdf

5. De Jong, 2013 W.American Journal of potato research. Variety with resistance common

scab and the Golden nematode, series. Consultado el 28 de Septiembre del 2016.

Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-94-007-2154-4#page-1>

6. Deguate.com, Producción de papa en Guatemala, 2004, consultado el 20 de diciembre de

- 2017 Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-papa-en-guatemala.shtml>.
7. Franco J. Nemátodo del quiste de la papa, *Globodera* spp. (CIP) Centro internacional de la papa.
8. Franco J. Rincon, H. Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de papa. 1985. Estudios preliminares de tolerancia al nematodo del quiste de la papa *Globodera pallida* Stone. Colombia. Pag. 63-70 p. Consultado el 03 de febrero de 2018. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD688.pdf
9. Greco, N; Inserra, RN; Brandonisio, A; Tirro, A; De Marinis, G. 1988. Life-cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematol. Medit.* 16:69 – 73p.
10. Guatemala. 2002. Prensa Libre. Medida hondureña no afecta al país.
11. IDC (Inversiones y Desarrollo de Centroamerica, GT). 1999. Diagnóstico del sector de la papa en Guatemala. Guatemala, s.e.54p.
12. Milla Tapia A. Krausz Barrientos C. Agro Sur 2004. Detección de resistencia al nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll) en accesiones pertenecientes al germoplasma chileno papa (*Solanum tuberosum* L.) 28-34 p. consultado el 02 de febrero de 2018. Disponible en http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022004000100003&script=sci_arttext.
13. OIRSA, GT. 2002. Descripción del Proceso de análisis de riesgo de plagas. Guatemala. 13p.
14. Ramos E. (2008), Métodos y metodología de investigación. Consultado el 17 de enero del 2018. Disponible en <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion>
15. Schluter, K. 1976. The potato cyst elrorn *Heterodera rostochiensis* Woll. In Morcco: It's disitribution and economic importance. *Journal of Plant Disease and Plant Protection* 83:401-405 p.
16. SEGEPLAN (Secretaria General de Planificación y Programación Presidencial) Consultado 15 de Diciembre 2017 Disponible http://ide.segeplan.gob.gt/tablas/tablas_municipal/pdfs/12_Tablas_SanMarcos/tabla_44_12_pdf.
17. USPADA(Unidad Sectorial de Planificación Agropecuaria y de Alimentación , GT.); BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2001. Producción y comercialización de la papa en Guatemala. Guatemala. 3 p

