

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**



**RESPUESTA DE ONCE CULTIVARES DE QUINUA**  
**(*Chenopodium quinoa* Willd.) AL NEMATODO DEL QUISTE**  
**(*Globodera* spp.)**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RICARDO VELAZCO REYES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO - PERÚ**

**2012**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



RESPUESTA DE ONCE CULTIVARES DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) AL NEMATODO DEL QUISTE (*Globodera* spp.)

TESIS PRESENTADA POR:

RICARDO VELAZCO REYES

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : .....  
M.Sc. JUAN LARICO VERA

PRIMER MIEMBRO : .....  
D.Sc. JUAN GREGORIO ZAPANA PARI

SEGUNDO MIEMBRO : .....  
Ing. Mg.Ag. MARILÚ CHANINI QUISPE

DIRECTOR DE TESIS : .....  
D.Sc. SILVERIO APAZA APAZA

Área: Ciencias Agrícolas

Tema: Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Cultivos Andinos,  
Tropicales, Forestales y Pasturas

FECHA DE SUSTENTACIÓN 20 DE ABRIL DEL 2012

**DEDICATORIA**

*A Dios por ser quien guía mis pasos y  
Estar siempre conmigo.*

*Con infinito amor y eterna gratitud a mi  
amado padre Benjamín Velazco Almanza  
que desde el cielo me ilumina y a mi madre  
Rafaela Reyes Ramos, que, con mucho  
esfuerzo, valiosos consejos, confianza y  
comprensión hicieron posible la  
culminación de mis estudios de Pregrado  
basado en principios y valores; que Dios me  
permita tenerlos siempre a mi lado.*

*A mis queridos hermanos, Patricia,  
Alejandrina, Rosa, Antonio, Benjamín  
Milagros por su constante apoyo y  
Aliento en el desarrollo de mi Carrera  
Profesional.*

*A mis docentes por ser los artífices del arte  
que llevo en mis venas, para poder deleitar  
a mis semejantes.*

*A mis queridos hijos Dayelly Amaral  
Y Joaquin Dubal por ser motivo y razón  
De mi vida.*

## AGRADECIMIENTOS

Mis más profundo agradecimiento, reconocimiento y gratitud:

- A la Universidad Nacional Del Altiplano por ser el alma mater de mi formación profesional.
- A la Facultad de Ciencias Agrarias, a los docentes que me brindaron su conocimiento y sus sabias enseñanzas durante mi formación profesional.
- Mi eterno agradecimiento a mi Director de Tesis D.Sc. Silverio Apaza Apaza
- A todos mis compañeros de estudios con quienes he conocido la amistad en toda su integridad.
- Finalmente, mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera ayudaron la culminación de mi Carrera Profesional y a la realización del presente trabajo de tesis.

**INDICE GENERAL**

INDICE DE CUADROS	
INDICE DE GRÁFICOS	
INDICE DE TABLAS	
RESUMEN.....	12
INTRODUCCION.....	13
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	15
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.1.1. Pregunta General: .....	16
1.1.2. Preguntas Específicas: .....	16
1.2.    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	16
1.3.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	17
1.3.1.  Objetivo General.....	17
1.3.2.  Objetivo Específicos.....	17
CAPITULO II	
MARCO TEORICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION.....	18
2.1.    MARCO TEORICO.....	18
2.1.1.  Nematodo quiste de la papa ( <i>Globodera</i> spp). .....	18
2.1.2.  Origen de la quinua.....	23
2.1.3.  Viabilidad total (VT). .....	35
2.1.4.  Método para extraer quistes del suelo.....	36
2.2.    MARCO CONCEPTUAL.....	38
2.3.    HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION .....	42
2.3.1.  Hipótesis general.....	42
2.3.2.  Hipótesis específica .....	42
CAPITULO III	
METODO DE INVESTIGACION.....	43
3.1.    METODOLOGÍA .....	43
3.1.1.  Fase de campo.....	43
3.1.2.  Fase de laboratorio.....	44
3.2.    ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
3.2.1.  Variables .....	44

3.2.2.	Codificación de tratamientos .....	45
3.2.3.	Tratamientos .....	46
3.2.4.	Diseño experimental .....	46
3.3.	OBSERVACIONES REALIZADAS.....	47
3.3.1.	Longitud de Raíz.....	47
3.3.2.	Longitud de Panoja.....	47
3.3.3.	Altura de planta.....	48
3.3.4.	Presencia de áfidos.....	49
CAPITULO IV		
CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION.....		50
CAPITULO V		
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....		51
5.1.	VIABILIDAD TOTAL DE LOS QUISTES DE ( <i>Globodera</i> spp.) EN ESTUDIO .....	51
5.2.	RESPUESTA DE LOS ONCE CULTIVARES DE QUINUA ( <i>Chenopodium quínoa</i> Willd.) SOBRE LA INFESTACION Y MULTIPLICACIÓN DEL NEMATODO DEL QUISTE ( <i>Globodera</i> spp.).....	51
5.2.1.	Primer momento de evaluación (45 días) .....	51
5.2.2.	Segundo momento de evaluación (90 días).....	54
5.2.3.	Diferencia de la población de quistes (Inicio-Final) obtenidos en el desarrollo del presente trabajo. ....	56
CONCLUSIONES.....		58
RECOMENDACIONES.....		60
BIBLIOGRAFIA.....		61
ANEXOS.....		63

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Simbología y tratamientos en estudio	45
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos, repeticiones y unidades experimentales sin aleatorizar	46

**INDICE DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1.</b> Longitud de raíz en 11 cultivares de quinua.	47
<b>Gráfico 2.</b> Longitud de panoja en 11 cultivares de quinua.	48
<b>Gráfico 3.</b> Altura de planta en 11 cultivares de quinua.	48
<b>Gráfico 4.</b> Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua en estudio (45 días).	52
<b>Gráfico 5.</b> Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua en estudio.	54
<b>Gráfico 6.</b> Número de quistes al inicio y final del trabajo de investigación en los once cultivares de quinua.	57
<b>Gráfico 7.</b> Resultado de la diferencia INICIO-FINAL de menor a mayor en los once cultivares de quinua en estudio.	57

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua (45 días).	51
<b>Tabla 2.</b> Análisis de varianza para Número de nematodos por cultivares a los 45 días de evaluación.	53
<b>Tabla 3.</b> Prueba de DUNCAN para Número de nematodos por cultivares (45 días).	53
<b>Tabla 4.</b> Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua (90 días).	54
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza para Número de nematodos por cultivares (90 días).	55
<b>Tabla 6.</b> Prueba de DUNCAN para Número de nematodos por cultivares (90 días).	56
<b>Tabla 7.</b> Diferencia del número de quistes entre la población inicial (30 quistes) menos la población final (90 días).	57
<b>Tabla 8.</b> Diferencia en número de quistes de nematodos en los 11 cultivares de quinua INICIO-FINAL	65

## RESUMEN

El trabajo se realizó en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, en el periodo comprendido de setiembre a diciembre del 2010 teniendo como objetivo general: Determinar el comportamiento del nematodo del quiste (*Globodera* spp.) en los once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y como objetivos específicos: a) Encontrar la viabilidad total de los quistes de (*Globodera* spp.) en estudio b) Conocer la respuesta de los once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre la invasión y multiplicación del nematodo del quiste (*Globodera* spp.). Para el desarrollo de la investigación se consideraron dos fases: a) De campo, la misma que consistió en acopiar semilla de quinua, conseguir los quistes de *Globodera* spp., preparar el sustrato para las macetas, sembrar las semillas de quinua e inocularlos con 30 quistes de *Globodera* spp cada maceta b) De laboratorio, consistió en evaluar las macetas a los 45 y 90 días para el efecto se retiraron inicialmente las bolsas de polietileno y se procedió a observar las raíces con ayuda de una lupa de 12 x de aumento, luego se tomaron muestras de 100 g de suelo por maceta la que fue procesado a través del método del embudo de Fenwick para determinar la presencia o ausencia de los quistes. El estudio se instaló y se condujo bajo el Diseño Completamente al Azar, con once tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento haciendo un total de 44 unidades experimentales (macetas). Llegando a las siguientes conclusiones: a) Determinado la viabilidad total de los quistes de *Globodera* spp., se pudo comprobar que el número de huevos viables promedio por quiste fueron de 410 huevos. b) Los cultivares de quinua que revelaron un comportamiento de susceptibilidad fueron: Pasankalla, Ayara 1 y Salcedo INIA. Los cultivares que mostraron un comportamiento de resistencia fueron: Sayaña, Coito y Sajama. En los dos momentos de su evaluación (45 y 90 días).

**Palabras clave:** Nemátodo fitoparsito, resistencia, susceptibilidad y viabilidad.

## INTRODUCCION

Puno es una región con gran potencial agroalimentario gracias a sus condiciones agroecológicas, a su biodiversidad y al conocimiento ancestral de su población sobre el uso de la flora y fauna nativa. Estas características le dan ventajas comparativas para la producción de granos andinos, especialmente la quinua.

La Región Puno es el principal productor nacional de quinua, ventaja que no está siendo aprovechada para la generación de exportaciones directas por parte de las empresas regionales si bien la actividad económica está en crecimiento gracias al esfuerzo de la iniciativa privada de los agricultores y transformadores, así como el trabajo de instituciones públicas y privadas de promoción y desarrollo, debemos estar preparados para una exportación incidiendo en el problema de plagas y enfermedades que inciden en este cultivo con el propósito de disponer de un cultivado con características deseables de exportación.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) constituye uno de los cultivos de mayor importancia en el altiplano boliviano por su tolerancia a condiciones medio ambientales extremas y su comprobado valor en la alimentación humana. La quinua se encuentra ampliamente difundida en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, dónde existe una amplia variabilidad genética. Sin embargo, en esta región altiplánica se ha determinado la presencia de nematodos fitoparásitos, tales como *Globodera* spp. en papa, *Nacobbus aberrans* en papa y quinua, y *Thecavermiculatus andinus* en diversos cultivos andinos (Franco *et al.*, 1998.).

*Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp, son los nematodos que causan pérdidas económicas tanto directas por los menores rendimientos que se obtienen e indirectas por los gastos de control (rotaciones. degradación de los suelos. aplicación de nematicidas. descanso de los suelos) y pérdida de la fertilidad de los suelos (Ramos *et al.*, 1998).

Esta situación es aún más compleja ya que en la actualidad en los campos destinados al cultivo de la quinua existen síntomas que se aprecian a simple vista tales como amarillamiento, enanismo entre otros. Sin embargo, estos síntomas pueden o no ser

causados por nematodos, para el efecto se debe proceder a realizar el proceso de diagnóstico con el propósito de saber si realmente el nematodo quiste de la papa (*Globodera* spp) es el nematodo fitoparásito que ataca al cultivo de la quinua.

De no incidir (*Globodera* spp) en el cultivo de la quinua podría convertirse en una alternativa biológica y/o ecológica para el manejo de esta plaga a través de la rotación con este cultivo pudiéndose constituir incluso en la más efectiva si se demuestra ser un cultivo no hospedante que estimula únicamente la eclosión de los nematodos o que, aun cuando permitan la invasión a sus raíces, el ciclo de vida del nematodo sea interrumpido y no ocurra su multiplicación, es decir que posea el efecto de cultivo trampa.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Salas *et al.*, (1984) al publicar el compendio de enfermedades de los cultivos del departamento de Puno, respecto a la incidencia de nematodos en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) recomiendan que son necesarios mayores estudios para conocer el rol que juegan estos nematodos como: *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida* y *Thecavermicultus*, en ese sentido y con el propósito de generar mayores conocimientos respecto a la respuesta del cultivo de la quinua frente a la incidencia del nematodo del quiste (*Globodera* spp.) es que se realizó el presente trabajo de investigación.

Considerando que existen alrededor de 80 000 especies descritas en la bibliografía científica y que existen más de 100 generos de nematodos que se asocian con enfermedades de plantas es que a menudo se tornan en uno de los problemas fitosanitarios más difíciles de controlar en desmedro de la producción agrícola y por ende de la economía agraria. Ocasionando pérdidas cualitativas (desmejoran la calidad de los productos) y cuantitativas (reducción en los rendimientos o aumento de costos de producción) en la casi totalidad de los cultivos alimenticios o industriales que se explotan en las diversas zonas agroecologicas del planeta tierra, es necesario seguir desarrollando trabajos de investigación respecto al comportamiento de estos fitoparásitos en la agricultura (Agrarios, 2008).

Respecto a las pérdidas económicas causadas por la incidencia de nemátodos en el cultivo de la quinua para nuestra Región aún no se tiene reportes pero es importante darnos cuenta que durante las diversas fases de la poscosecha se producen pérdidas considerables ya sea en peso o en la calidad del producto, las causas mayormente son: recolección tardía que posibilita el ataque de pájaros y otros animales; secado insuficiente que permite el desarrollo de mohos e insectos; la trilla inadecuada por rotura de granos favoreciendo el desarrollo ulterior de insectos y microorganismos;

por malas condiciones de almacenamiento; mal desamargado, embalaje inapropiado y defectuoso o malas condiciones de transporte. Cuyas pérdidas pueden variar entre el 10%-37% dependiendo del nivel tecnológico utilizado, sin embargo, hasta ahora no se disponen de datos sobre el nivel real de pérdidas de poscosecha (Sven-E & Mujica, 1999.).

De lo expuesto, surgen las siguientes interrogantes que intentamos despejar con la presente investigación

### 1.1.1. Pregunta General:

- ✓ ¿Cuál será el comportamiento del nematodo del quiste, (*Globodera* spp), en los once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en estudio?

### 1.1.2. Preguntas Específicas:

- ✓ ¿Cuál será la viabilidad total de los quistes de *Globodera* spp, en estudio?
- ✓ ¿Cuál será la respuesta de los once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en estudio sobre la invasión y multiplicación del nematodo del quiste (*Globodera* spp)?

## 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Franco *et al.*, (1999) al efectuar estudios relacionados a los cultivos trampa como alternativa para reducir las poblaciones de *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en papa logro identificar como líneas no hospedantes las líneas de quinua 1431, 1588 y la quinua forrajera 1180 considerándolas como plantas trampa, al respecto el efecto de planta trampa probablemente se deba a un mecanismo de resistencia o propiedades antagónicas intrínsecas de las raíces y exudados radiculares de éstas plantas que interrumpen el ciclo biológico del nematodo.

Franco *et al.*, (1998) .... que *Globodera* spp., comúnmente conocido como el "nematodo quiste de la papa", causa severas pérdidas en los rendimientos de este cultivo y posee un reducido rango de plantas hospedantes (i. e. *Solanaceae*) que permiten su desarrollo y multiplicación. Sin embargo, en la búsqueda de cultivos no hospedantes que reduzcan marcadamente las densidades de este nematodo en el suelo, se han evaluado numerosas cultivares y/o líneas de diversos cultivos andinos. De esta forma se han identificado cinco líneas de quinua que poseen, sea un efecto de "plantas trampa" o de "antagónicas".

### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

#### 1.3.1. Objetivo General.

Determinar el comportamiento del nematodo del quiste (*Globodera* spp.) en once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

#### 1.3.2. Objetivo Específicos.

- ✓ Encontrar su viabilidad total de los quistes de (*Globodera* spp.) en estudio.
- ✓ Conocer la respuesta de once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre la invasión y multiplicación del nematodo del quiste (*Globodera* spp.)

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION

#### 2.1. MARCO TEORICO

##### 2.1.1. Nematodo quiste de la papa (*Globodera* spp).

La Etimología del genero *Globodera* proviene del latín GLOBUS=globo, y del griego DERAS=PIEL. (Mohammad, 2000. )

##### 2.1.1.1. Historia de *Globodera* spp.

La primera evidencia del nematodo del quiste se remonta al año de 1881 donde Kuhn reporto la presencia del parásito atacando al cultivo de la papa en Alemania. Sin embargo, en América latina, centro de origen del nematodo, fue reportado por primera vez por Bazán de Segura, en 1952. De aquella oportunidad a la actualidad se han realizado importantes trabajos de investigación en el extranjero y en nuestro país (González & Franco, 1993).

En 1881, en Alemania, durante la campaña contra *Heterodera schachtii* (nematodo de la remolacha), Kuhn observó quistes en las raíces de papa y consideró que se trataba de una subraza de la misma especie. En 1914, en Alemania, Zimmerman lo catalogó como un nematodo peligroso para dicho cultivo, nombrándolo, *Heterodera schachtii solana*. Wollenweber, en 1923, comparó quistes de este organismo con los encontrados en la remolacha, y observó diferencias, por lo que concluyó que se trataba de una especie diferente, a la que llamo *Heterodera schachtii rostochiensis*. (Cepeda, 1996).

Posteriormente, en 1940, Franklin realizó un minucioso trabajo en el que reconoce a *Heterodera rostochiensis* como una nueva especie. Para Skarbilovich, 1959, ubica a los nematodos de quistes esféricos y piriformes como especies del género *Heterodera*, subgénero *Globodera*, y a los quistes

con cono vulgar (citriformes) dentro del género *Heterodera*, subgénero *Heterodera*. En 1976, Mulvey y Stone, con base en consideraciones detalladas de nematodos enquistados y diferencias morfológicas y biológicas de hembras maduras, quistes y machos, propusieron que el subgénero *Globodera* se elevara a la categoría de género, debido a la forma esférica peculiar y ausencia de cono vulgar de sus hembras enquistadas. Por otra parte, aquellos nematodos piriformes enquistados, que anteriormente se incluían en el género *Heterodera*, se agruparon dentro del género *Punctodera*, en tanto que los quistes citriformes mantuvieron el nombre de *Heterodera*. (Cepeda, 1996).

#### **2.1.1.2. Distribución geográfica del nematodo del quiste.**

Las dos especies del nematodo del quiste se originaron en la zona andina de América del Sur y coevolucionaron con su hospedante preferido, las subespecies de *Solanum tuberosum*, de tal forma que en la actualidad el parásito se halla bien establecido y es un problema endémico en todos los lugares donde está presente. Probablemente la papa haya sido cultivada en los valles interandinos por miles de años e introducida a Europa entre 1850 y 1900, y con ella el nematodo del quiste (*Globodera* spp.). *G. rostochiensis* se ha citado en Venezuela, *G. pallida* en Colombia y Ecuador y ambas especies se han encontrado en Perú, Bolivia y Chile. La situación de Argentina es aún discutible. En la actualidad, luego de ciertos cambios en su distribución, es *G. rostochiensis* la que aún predomina en Europa y en otros países del mundo, en los cuales ha sido introducida por el flujo constante de tubérculos-semillas desde Europa (González & Franco, 1997).

#### **2.1.1.3. Ubicación taxonómica.**

Según la revisión que realizaron Luc y Cols en 1988 de la familia Heteroderidae, la ubicación taxonómica de este género es (Luc y Cols, 1988 citado por Cepeda 1996). Clase: Secernentea, Von Linstow 1905, Dougherty 1958; Subclase: Diplogasteria, Chitwood y Chitwood 1937; Orden: Tylenchida, Thorne 1949; Suborden: Tylenchina, Chitwood 1950; Superfamilia: Tylenchoidea, Orley 1880; Familia: Heteroderidae, Filipjev,

Schuermans y Stekhonven 1941; Subfamilia: Heteroderinae, Filipjev, Schuurmans y Stekhonven 1941; Género: *Globodera*, Skarbilovich, 1959.

#### **2.1.1.4. Biología.**

A diferencia de los insectos, las larvas de los nematodos pasan por las diferentes 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 (Franco *et al.*, 1998.)

En una planta hospedante eficiente, un individuo de *Globodera* spp. pasa por once estadios en su desarrollo antes de ser adulto. La hembra fertilizada, inicia la producción de huevos hasta que muere y se convierte en quiste, estructura generalmente, de aproximadamente 0.5 mm de diámetro de color marrón y que protege a los huevos. A esta característica se le atribuye su nombre de nematodo quiste de la papa (NQP). (Franco *et al.*, 1993. )

Al final de la etapa de embriogénesis del huevo, se nota un nematodo joven que corresponde al primer estadio juvenil (J1). A este estadio se considera la etapa pasiva del ciclo biológico por la capacidad de sobrevivir mucho tiempo en el suelo, mientras se encuentre dentro del huevo. Los J1 que no emergen permanecen en el huevo en forma latente protegidos por el quiste, por lo menos 10 años antes de morir (Franco *et al.*, 1993).

Al sembrar un hospedante eficiente en un suelo infestado, las sustancias químicas del exudado radicular estimulan a que el nematodo, aun dentro del huevo mude su cutícula por primera vez para convertirse en el segundo estadio juvenil (J2), estadio infectivo que usualmente contienen los quistes con huevos viables (Franco *et al.*, 1993).

Las larvas recién emergidas son atraídas por la rizósfera de la planta y penetran las raíces cerca de la punta o en algunos sitios de nuevas raíces laterales (Cepeda, 1996)

Dentro de las raíces el nematodo joven, muda su cutícula por segunda vez y se convierte en el tercer estadio Juvenil (J3), durante este periodo desarrolla

el primordio genital, aun cuando los sexos no se pueden diferenciar (Franco *et al.*, 1993).

La tercera muda conduce a la formación del cuarto estadio y ya se pueden identificar por el sexo. Los machos y hembras del cuarto estadio permanecen enrollados dentro de la cutícula del tercer estadio. Finalmente se produce la cuarta muda y los adultos quedan identificados por su sexo (Franco *et al.*, 1993).

Si hay pocos nematodos y la comida es abundante, la población será predominantemente de hembras, por el contrario, si hay una fuerte infestación de nematodos y la disponibilidad de comida es limitada, prevalecerá una población de machos (Cepeda, 1996)

Los machos conservan su forma alongada como de gusano, abandonan la raíz, localizan hembras que están rompiendo la superficie radicular y se aparean con ellas (Cepeda, 1996)

Conforme el nematodo madura, el cuerpo de la hembra se hincha, rompe las células radicales y sale de la raíz, a excepción de la cabeza y el cuello, que quedan inmersos en el tejido radical. Los machos maduros dejan la raíz y fertilizan a las hembras sedentarias. Los machos tienen 10 días de vida y no se alimentan durante este tiempo (Cepeda, 1996)

Las hembras del genero *Globodera* spp., después de la fertilización, produce y retiene en el interior de su cuerpo de 200 a 600 huevos. Cuando las plantas infestadas son extraídas del suelo, se pueden observar las hembras en forma de perlititas, blancas o amarillas dependiendo de la especie, prendidas a las raíces (Franco *et al.*, 1993).

Para proteger a los huevos la cutícula se va transformando en una cubierta dura del color blanco o amarillo al marrón oscuro. Esta estructura es el quiste y su formación constituye un ejemplo de adaptación defensiva a condiciones no favorables de humedad, temperatura y descomposición

química que le permite al NQP permanecer en el suelo por muchos años en ausencia de su hospedante (Franco *et al.*, 1993).

Se ha observado que no todos los huevecillos eclosionan en una temporada, algunos por razones que se desconocen permanecen en reposo y no eclosionan en varias temporadas. De 60 a 80% de huevecillos de un quiste eclosionarán el primer año, y el mismo porcentaje de huevecillos remanentes eclosionará cada año después; algunos lo harán sin la presencia de un hospedero. En climas templados se ha observado que las poblaciones declinan en 30% por año cuando no hay hospedantes presentes (Cepeda, 1996)

#### **2.1.1.5. Rango de hospederos.**

Cepeda (1996) sostiene que el rango de hospedantes es muy restringido, centrándose principalmente en los Solanáceas.

*Globodera* spp., parasita individuos de las familias *Solanaceae* y *Compositae* siendo casi cosmopolita. Los Nematodos quiste de la papa (*G. rostochiensis* y *G. pallida*) son una amenaza para los productores de papa en Europa y otras partes del mundo. (Mohammad, 2000. )

#### **2.1.1.6. Síntomas.**

La planta no presenta síntomas específicos en la parte aérea. Es común que haya un crecimiento deficiente, enanismo, amarillamiento y senescencia temprana. La única característica específica se da en las raíces y, a veces, en los tubérculos; el cuerpo esférico de las hembras (0.5 a 1.0 mm de diámetro), que son blancas o amarillas. Las hembras finalmente toman un color marrón, y se convierten en quistes llenos de huevos cuya viabilidad persiste por varios años. La plaga se disemina cuando los quistes son llevados con la tierra adherida a los tubérculos, maquinaria, recipiente y herramientas de campo (CIP., 1996.)

### 2.1.2. Origen de la quinua.

La quinua se habría originado en el hemisferio norte (México y Estados Unidos), en base a estudios de los *Chenopodium* cultivados, concluyendo que *Ch. nuttalliae* y *Ch. quinoa*, son específicos con sus formas silvestres acompañantes, sugiriendo cambios en la nomenclatura existente, como son incluir dentro de *Ch. quinoa* ssp. *milleanum* las diferentes subespecies de *Ch. hircinum* y a la especie mexicana cultivada reducirla como una subespecie de *Ch. berlandierii*, del mismo modo sugiere que la quinua se habría derivado directamente de algún tipo silvestre en los Andes (Wilson, 1976; citado por Mújica, 1989 ).

El origen de *Ch. quinoa* aún es complejo, especialmente porque están involucradas muchas posibilidades. Se sugiere la participación de dos especies diploides en el origen de *Ch. quinoa*, y es *Ch. hircinum* y de *Ch. nuttalliae* el silvestre *Ch. berlandieri* respectivamente (Wilson y Heiser 1979; citado por Mújica 1989).

Desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que muestran mayor diversidad y variación genética (Mujica & Canahua., 1989. )

#### 2.1.2.1. Taxonomía de la quinua

La quinua es una planta de la familia *Amarantacea*, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata*. El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Amarantacea* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies, dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias (Mujica, 2006.) Reino: Vegetal.- Sub Reino: Phanerogamae.- División: Angiospermae.- Clase: Dicotyledoneae.- **Sub clase: Archychlamydeae.-** Orden: Centrospermales.- Familia: *Amarantaceae*.- Genero: *Chenopodium*.-

Sección: Chenopodia; Subsección: Cellulata; Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

### 2.1.2.2. Descripción botánica

Mujica & Canahua, (1989.) hace una descripción botánica de quinua de la siguiente forma: se caracteriza por ser erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 200cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm.

La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, en casos de sequía alcanza una longitud de 1.80 cm. de profundidad, y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta.

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla, en el altiplano las quinuas son de tallo único, la coloración del tallo es variable, desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo, o púrpura. El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm. de diámetro.

Las hojas son alternas y están formadas por pecíolo y lámina, de forma romboidal, triangular o lanceolada, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés, presentando bordes dentados, aserrados o lisos, variando el número de dientes con los genotipos. La coloración de la hoja es muy variable: del verde al rojo con diferentes tonalidades y puede medir hasta 15 cm. de largo por 12 cm. de ancho.

La inflorescencia es una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos, así como por la disposición de las flores y por qué el eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa o compacta.

La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm. de longitud por 5 a 30 cm. de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia.

Las flores son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por una corola formada por once piezas florales tetraploides, sepaloideas, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, lo que indica que podría tener hábito autógamo como alógamo.

El fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsoventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral (Mujica & Canahua., 1989. )

### **2.1.2.3. Fenología de la quinua**

La fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales, que servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales, riegos, control de plagas y enfermedades, aporques, identificación de épocas críticas; asimismo le permite evaluar la marcha de la campaña agrícola y tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha, puesto que el estado del cultivo es el mejor indicador del rendimiento. La quinua presenta fases fenológicas bien

marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, se han determinado doce fases fenológicas (Mujica & Canahua., 1989. ) las siguientes:

*a) Emergencia.*

Es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra, siendo susceptibles al ataque de aves en sus inicios, pues como es dicotiledónea, salen las dos hojas cotiledonales protegidas por el epispermo y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves, por la succulencia de los cotiledones.

*b) Dos hojas verdaderas.*

Es cuando fuera de las hojas cotiledonales, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata*.

*c) Cuatro hojas verdaderas.*

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo, es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabrotica* de color.

*d) Seis hojas verdaderas.*

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino.

*e) Ramificación.*

Se observa once hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "Colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle.

*f) Inflorescencia.*

Se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra.

*g) Panojamiento.*

Se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales.

*h) Inicio de panojamiento.*

Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón.

*i) La floración o antesis.*

Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta  $-2^{\circ}\text{C}$ , debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los  $38^{\circ}\text{C}$  se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

*j) Grano lechoso.*

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente.

*k) Grano pastoso.*

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Q'hona q'hona (*Eurisacca quinoa*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano.

*l) Madurez fisiológica.*

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, Ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

**2.1.2.4. Variedades botánicas.**

Según Huntziker (1943), citado por Solano (1993.), las cultivares botánicas de quinua son:

- *Chenopodium quinoa* var. *viridescens* (Fruto con pericarpio blanco).
- *Chenopodium quinoa* var. *rubescens* (Pericarpio rojo ladrillo).
- *Chenopodium quinoa* var. *lutescens* (Pericarpio dorado)
- *Chenopodium quinoa* var. *melanospermum* (Pericarpio negro), “quinua ayara”, especie silvestre con gran contenido de saponina.

**2.1.2.5. Variedades cultivadas.**

Las variedades que más se cultivan en el Perú son las siguientes (Mujica, *et al.*, 2004):

*a) Amarilla de Marangani:*

Planta erecta poco ramificada, con periodo vegetativo tardío de 160 a 180 días, panoja glomerulada, grano grande, color anaranjado (2.5 mm) con alto contenido de saponina, resistente al mildiu (*Peronospora farinosa*) y de alto potencial de rendimiento que supera los 6,000 kg/ha.

*b) Salcedo – INIA:*

Variedad obtenida en 1997 de la cruce de Sajama por Blanca de Juli, por selección masal y panoja surgió de la generación F8. Planta erecta con altura

de 1.07 m., panoja grande glomerulada, con periodo vegetativo de 160 días (precoz), tamaño de grano grande, color blanco libre de saponina (dulce), con rendimiento promedio de 3 100 kg/ha.

c) *Quillahuaman INIA:*

Planta erecta sin ramificación, con 1.60 m., de altura, panoja semilaxa, amarantiforme, con periodo vegetativo de 150 a 160 días, tamaño de grano mediano, color blanco, bajo contenido de saponina, resistente al vuelco, de amplia adaptación que va desde el nivel del mar hasta los 3 400 msnm con alto potencial de rendimiento de 3 500 kg/ha.

d) *Kancolla:*

Seleccionada a partir del ecotipo local de la zona de Cabanillas, Puno, con 0.80m de altura, de ciclo vegetativo tardío más de 170 días, grano blanco, tamaño mediano, con alto contenido de saponina, panoja generalmente amarantiforme resistente al frío, granizo y mildiu. Rendimiento promedio de 2 500 kg/ha, muy difundido en el altiplano peruano.

e) *Blanca de Juli:*

Selección efectuada a partir del ecotipo local, semitardío con 160 días de periodo vegetativo, 0.80 m de altura (mediano), panoja intermedia, grano blanco y pequeño, semidulce en rendimiento que supera los 2 300 kg/ha.

f) *Cheweka:*

Variedad semitardía con periodo vegetativo de 165 días, altura de 1.20 m, panoja laxa, grano pequeño, color blanco, dulce, resistente al frío y exceso de humedad en el suelo con rendimientos hasta de 2 500 kg/ha.

g) *Witulla:*

Selección a partir de ecotipo local procedente de Ilave, cultivo generalizado de zonas altas, plantas pequeñas de 0.70 m., de altura, color rojo o morado

e intermedia, color rosado de periodo vegetativo largo con más de 180 días, grano mediano con alto contenido de saponina, con un rendimiento de 1 800 kg/ha.

*h) Sajama (boliviana):*

Obtenida de la cruce de una variedad dulce (559 de Patacamaya) por Real Salinas (variedad amarga por selección masal y panoja surco) con altura de 0.96 m, periodo vegetativo de 160 días de grano grande (2.2 a 2.5 mm) de color blanco y bajo contenido de saponina (dulce) con rendimiento promedio de 2 100 kg/ha.

*i) Coito:*

Es de amplia base genética ya que es un compuesto de 13 accesiones de 12 localidades, comúnmente conocidos como: Quytu jiwras, fue obtenido como resultado de las pruebas de identificación, adaptación y eficiencia desarrollados en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), y de evaluaciones participativas en campos, con agricultores de las comunidades campesinas, Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Kallachoco y Corcoroni de los distritos de Cabana, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con clima frio seco, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4 a 15°C. Con un rendimiento promedio de 3.01 t/ha (INIA., 2008.)

*j) Kamiri:*

Obtenida de la cruce S-67 (línea de la var. Sajama) x Real 488 de Salinas de Garci Mendoza, mediante selección masal y panoja surco, de hábito de crecimiento erecto, panoja glomerulada, con altura de planta de 97 cm, color de planta verde, con 160 días de período vegetativo, de grano grande (2.2 a 2.5 mm), dulce y blanco, susceptible al ataque de heladas y Mildiow, con un

rendimiento de grano promedio de 2500 kg/ha.  
([http://laquinua.blogspot.com/2007\\_10\\_01\\_archive.html](http://laquinua.blogspot.com/2007_10_01_archive.html)).

*k) Pasankalla:*

Tiene el origen en la accesión Pasankalla, conocida en la región con los nombres de: Kccitu pasankalla, aku jiura, pasankalla, kañiwa quinua y kaliwa jiura, colectada el año de 1978 en la localidad Caritamaya (Acora, Puno). El proceso de selección de la variedad se inició el año 2000 hasta el 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con un clima frío seco, precipitación de 400 a 500 mm y una temperatura de 4 a 15°C. Cuyo rendimiento de grano potencial es de 4.5 t/ha y en campo de los agricultores de 3.5 t/ha. (INIA., 2006.)

*l) Sayaña:*

Obtenida en 1992, producto de la cruce de Sajama x Ayara, de crecimiento erecto, semi-precoz, con una altura de planta de 1.10 m, de color de planta púrpura, a la madurez la panoja se torna de color Anaranjado, con panoja glomerulada, grano de color amarillo pálido de tamaño grande, sin saponina, con rendimientos de 1950 Kg/ha, tolerante a las heladas y medianamente al ataque de mildi.

([http://laquinua.blogspot.com/2007\\_10\\_01\\_archive.html](http://laquinua.blogspot.com/2007_10_01_archive.html)).

*m) Ayara:*

La quinua Ayara, conocida como la quinua negra por su color característico tiene beneficios anti depresivos, según investigaciones. - Contiene un alto grado de litio en forma natural, que es usado en forma química en fármacos. Además de tener un alto grado de nutrientes y proteínas, la quinua es un potente y beneficioso anti depresivo natural, la quinua negra de la especie "Ayara" contiene un alto grado de litio en forma natural, que es usado en forma química en diversos fármacos recetados para la depresión.

Hasta algún tiempo las poblaciones antiguas y las de las zonas rurales preparaban el conocido “quispiño” a base de esta quinua negra de la especie Ayara para ser ofrecida a los deudos durante el velorio y el entierro de sus seres queridos. De este modo, el dolor que sentían los deudos por la pérdida de ese ser querido iba disminuyendo debido a la gran cantidad de ingesta de este alimento en base a la quinua negra o “Ayara”.

Esta especie de quinua tiene tradiciones milenarias, sobre todo en este tipo de rituales fúnebres, los mismos incas habrían descubierto mucho tiempo antes los valores estimulantes y antidepresivos de este cereal. Sin embargo, pese a este increíble descubrimiento, no existe una gran producción de esta especie, que llega a crecer en forma silvestre en algunas zonas de la región Puno.

Actualmente el kilo de la especie de quinua “Ayara” se encuentra en 27 nuevos soles, de ahí su riqueza. Sin embargo, el Proyecto Quinua ha iniciado la producción de semillas de esta especie a gran escala para que los productores de quinua en la región inicien con el cultivo de este anti depresivo.

(<http://www.losandes.com.pe/Regional/20101016/42197.html>).

#### **2.1.2.6. Principales enfermedades en el cultivo de la quinua.**

La quinua se cultiva en los Andes peruanos a grandes altitudes. Aun así está expuesta a una serie de enfermedades que afectan principalmente la parte aérea de la planta, esto es follaje, tallo y panoja, en los que producen síntomas evidentes. Entre las enfermedades reportadas figuran el mildiu causado por *Peronospora farinosa*, la mancha foliar por *Ascochyta hyalospora* y manchas del tallo y las hojas causadas por especies de *Phoma*. Si bien es importante reconocer las enfermedades por los síntomas que producen es aún más importante conocer la resistencia varietal a las mismas y la variabilidad genética de los patógenos como medios para controlarlas (Ames & Danielsen, 1999.)

Salas *et al.*, (1984) reportó las siguientes enfermedades para el cultivo de la quinua:

- ✓ *Ascochyta hyalospora* (Cooke & Ellis) Boerema *et al.* “mancha foliar”. Síntomas: En hojas, lesiones cremas con borde marrón y con puntitos negros (picnidias) en el centro. En el tallo, lesiones alargadas negruzcas. Área de distribución generalizada.
- ✓ *Nacobbus* sp., “falso Nematodo del nudo”. Síntomas. Pequeños nódulos o agallas de trecho en trecho en las raíces. Área: Distribución generalizada en el anillo circunlacustre.
- ✓ *Peronospora farinosa* Fr., “mildiu”. Signo: Pelusilla afelpada gris violácea en el envés de las hojas que corresponden a áreas onduladas amarillentas en el haz. Área: Distribución generalizada.
- ✓ *Phoma dimorphospora* (Speg.) Aa & Mest, “mancha ojival del tallo”. Síntomas: Lesiones ojivales (2-3 cm) en el tallo con el centro blanco-grisáceo con puntitos negros y borde marrón oscuro, rodeadas de un halo acuoso. Lesiones que causan tallos quebradizos. Área: Distribución generalizada.
- ✓ *Phoma exigua* var. *Foveata* (Foister) Boerema, “podredumbre marrón del tallo”. Síntomas: Lesiones necróticas alargadas (5-15 cm) algo chupadas en el tallo de color marrón oscura, con puntitos negros (picnidios) en su interior. Área: Distribución generalizada.
- ✓ *Pseudomonas* sp., “mancha bacteriana”. Síntomas: Tallos de aspecto húmedo, fofos, con heridas alargadas profundas o superficiales. Hojas con manchas cloróticas apicales o manchas húmeda grasosas inicialmente y marrones con bordes acuoso al final. Área: Distribución generalizada.

- ✓ *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, “esclerotiniosis”. Síntomas: Esclerotes negros, aplanados, grandes, sobre lesiones negruzcas húmedas en la base del tallo. Área: Palermo-Juli, Camacani.
  
- ✓ *Thecavermiculatus andinus* n. sp. “Nematodo de la oca”. Signo: Perlitas blancas pequeñas (hembras) adheridas a las raíces. El Nematodo no cambia de coloración. Área: Zonas circundantes al lago Titicaca.
  
- ✓ Virus. Síntomas: Mosaico. Área: Distribución generalizada.

Para el caso de los nematodos como son: *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida* y *Thecavermiculatus* recomendaron realizar mayores estudios para conocer el rol que estos nematodos juegan en este cultivo.

Danielsen & Ames (2000.) mencionan que *Peronospora farisona* Fr., mildiu es el agente causal en la enfermedad de la quinua considerando como parásito obligado (biotópico), ataca las hojas, tallas e inflorescencias y panojas, infecta durante cualquier estado fenológico del cultivo.

Los daños son mayores en platas jóvenes, provoca defoliación, afectando el normal desarrollo y fructificación de la quinua.

### 2.1.3. Viabilidad total (VT).

Se entiende como viabilidad total (VT) a la cantidad de huevos que se hallan presentes en un quiste. Esto corresponde al 100% del contenido.

Procedimiento:

- ✓ Tomó al azar 25 quistes, dependiendo de la población y colocó en un triturador de quistes de Huijsman.
- ✓ Se agregó 5 cc de agua y luego proceder a triturar.

- ✓ Transfirió los huevos y juveniles en un vaso, ajustando el volumen de agua a 40, 30 y 10 cc, según la población.
- ✓ Luego se homogenizó la suspensión con flujo de aire.
- ✓ Enseguida tomar con una pipeta 1 cc de la suspensión para luego verter en una placa de contaje. Operación que se realizará por 3 veces.
- ✓ Finalmente, un estereoscopio proceder al conteo del número de huevos y juveniles de cada repetición.

Con los datos logrados a través del procedimiento recomendado se aplica la fórmula para determinar la viabilidad total promedio por quiste.

$$VT = \frac{Y \times \text{Vol. de } H_2O}{N^{\circ} \text{ de quistes}}$$

Donde:

VT = Viabilidad total (Número de huevos/quiste).

$\hat{y}$  = Promedio de huevos y estados juveniles en tres alícuotas.

Vol. de H<sub>2</sub>O = Volumén de água utilizada.

Nº quistes = Número de quistes triturados (González y Franco, 1993).

## 2.1.4. Método para extraer quistes del suelo

### 2.1.4.1. Método modificado de Fenwich (1940)

Procedimiento:

- a) Coloque los 100 gr. de suelo seco sobre el tamiz del embudo del equipo de Fenwich y coloque el tamiz de 175  $\mu$ m para recibir lo que rebalsa de la jarra.

- b) Lave el suelo colocado en el tamiz del embudo, hasta que solo queden retenidos piedras, restos de raíces y material orgánico. Las partículas pesadas del suelo se van depositando en la parte inferior de la jarra. Algunas partículas pequeñas de suelo, quistes y restos orgánicos flotan, rebalsan, salen a través de la aleta de la jarra y se depositan en el tamiz 175  $\mu$ m y agua pasan a través del tamiz. Los quistes y restos orgánicos quedan retenidos en el tamiz. Retire el tapón de la parte inferior de la jarra para desaguarla y deje limpio el equipo.
- c) Coloque un pedazo de 10x10 cm de tela calada (organza o tul fino) sobre un círculo de metal y malla metálica, soldados a la parte superior de un soporte de metal.
- d) Los quistes y material orgánico que quedaron en el tamiz de 17  $\mu$ m concéntrelos en un solo lado del tamiz y con una pipeta y un embudo transfíralos a un erlenmeyer de 500 ml. Los quistes, restos orgánicos flotan, algunas partículas de suelo y restos orgánicos quedan retenidos en la tela, el agua pasa a través de la tela. Doble los bordes de la tela, asegúrelos con un clip y puede hacerlos secar a temperatura ambiente o con un desecador.
- e) Cuando los quistes y restos orgánicos están secos, se puede usar el mismo principio del método para separarlos, es decir hacer flotar los quistes y sedimentar los restos orgánicos. Para esto se transfieren a la fiola de 250 ml (puede utilizarse un embudo para que esta operación sea más fácil). Llene hasta la mitad de la fiola, con agua o un líquido más denso como por ejemplo acetona, para que los quistes se separen de los restos orgánicos, llene con el líquido usado, hasta 1 ó 2 cm. del borde superior de la fiola. La mayoría de los restos orgánicos se depositan en la parte inferior de la fiola, los quistes y algunos restos organitos flotan y se sitúan en la superficie del líquido.

- f) Si usa acetona en la separación de los quistes, puede realizar las siguientes operaciones para recuperar la acetona. Coloque un embudo sobre el frasco de 500ml y un papel filtro enrollado en forma de cono dentro del embudo (el papel filtro puede estar rayado en cuadrados). Decante los quistes y restos orgánicos que están en la superficie de la acetona, haciendo rotar la fiola para que no retenga quistes. Los quistes quedan retenidos en el papel filtro y la acetona pasara al frasco. Cuando no queden quistes en la fiola, agite, haga rotar la fiola y decante los restos orgánicos sobre un embudo de mayor diámetro, que contenga papel facial y que este colocado sobre un frasco de 2 a 5 litros. Los restos orgánicos quedan retenidos en el filtro y la acetona se recupera en el frasco.

Para facilitar esta operación y analizar muestras en serie se puede instalar una batería de embudos.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### **Ciclo biológico:**

Sucesión de formas que se producen en el crecimiento y desarrollo del microorganismo.

### **Ciclo de enfermedad:**

Todos los eventos incluidos en el desarrollo de la enfermedad, incluyendo las etapas de desarrollo del patógeno y el efecto de la enfermedad sobre el hospedero.

### **Ciclo de vida:**

La fase o etapas sucesivas del crecimiento y desarrollo de un organismo que se lleva a cabo entre la aparición y reaparición de una misma etapa de su desarrollo.

### **Control:**

El acto de combatir cualquier peste hasta un punto en que los daños que causan dejan de tener importancia económica. También en el caso en que los daños evitados compensan por los gastos en se ha incurrido.

**Control biológico:**

Control de las enfermedades de las plantas modificando las interacciones biológicas del ecosistema, especialmente con el uso de enemigos naturales del patógeno.

**Cultivar:**

Variedad de plantas, selección. (Cv.)

**Estilete:**

Estructura en forma de lanza hueca sujeta con fuertes músculos que es retractable y que caracteriza a los nematodos parásitos de plantas. Funciona como boca y a la vez como órgano de penetración, succión para alimentarse del contenido de las células.

**Ecotipo:**

En Biología, ecotipo es una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico.

**Inoculo:**

Patógeno o partes de él, que ocasiona enfermedad: partes de los patógenos que entran en contacto con el hospedero.

**Inocular:**

Acción que pone en contacto un patógeno con una planta hospedera o con un órgano de esta.

**Invasión:**

Diseminación de un patógeno en su hospedero.

**Infecioso:**

Capaz de infectar y propagarse de una planta a otra.

**Infectar:**

Invadir o penetrar como fase inicial de una enfermedad.

**Infectividad:**

Se llama así a la suspensión o inhibición de la facultad de infectar, producida por algún agente, y muy principalmente por el antisuero correspondiente.

**Infestación:**

Acción de infestar.

**Infestado:**

Zona o campo que contiene numerosos insectos, ácaros, nematodos, etc. Se aplica también a la superficie del suelo o de una planta que se encuentra contaminada con bacterias, hongos, etc.

**Infesta:**

Invasión por un organismo no microscópico a un organismo vivo, un cultivo, o sus productos en condiciones de almacenamiento.

**Manejo Integrado:**

Se consideran las piezas fundamentales sobre las que deben marchar el manejo integrado de nematodos el uso de cultivares resistentes, cultivares susceptibles y tolerantes, la rotación de cultivos, complementando con otras alternativas de manejo como la remoción del suelo, sanidad de los tubérculos y semillas, la eliminación de plantas voluntarias, la aplicación de enmiendas orgánicas y productos químicos, no hospedantes contribuirán a mejorar los rendimientos.

**Nematodo fitoparásito:**

Son aquellos nematodos equipados con una lanza o aguja filuda y hueca propulsada por un fuerte músculo denominado estilete, que tiene la habilidad de punzar y succionar los líquidos de las células para alimentarse.

**Patógeno:**

Agente que provoca enfermedad.

**Quiste:**

Zoospora enquistada (en hongos); en nematodos, los restos de las hembras adultas del género *Heterodera*, *Globodera* que contiene huevos.

**Síntoma:**

Reacciones o alteraciones internas y externas que sufre una planta como resultado de su enfermedad.

**Susceptible:**

No inmune, es decir, sujeto a la infección.

**Variedad:**

Grupo de individuos cultivados que se distinguen por algunos caracteres importantes para los fines de la agricultura, horticultura o silvicultura y que, cuando se reproducen (sexual o asexualmente) retienen sus características distintivas.

**Viabilidad:**

Un microorganismo viable es un microorganismo que está vivo y tiene la capacidad de reproducirse.

## 2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION

### 2.3.1. Hipótesis general

El comportamiento del nematodo del quiste (*Globodera* spp.) en los once cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es diferente.

### 2.3.2. Hipótesis específica

- ✓ La viabilidad total de los quistes de *Globodera* spp., en estudio es de 500 huevos vidas.
  
- ✓ La respuesta de once cultivares de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd.) sobre la invasión y multiplicación del nematodo del quiste (*Globodera* spp.) es igual.

## CAPITULO III

### METODO DE INVESTIGACION

#### 3.1. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo se consideraron dos fases (campo y evaluación) las mismas que se detallan a continuación:

##### 3.1.1. Fase de campo

Consistió en obtener semillas de quinua las mismas que fueron donadas por el Proyecto Quinua de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, procediéndose luego a determinar el poder germinativo de cada cultivo en el Laboratorio de Fitopatología de la UNAP Facultad de Ciencias Agrarias, habiéndose determinado que tuvieron un poder germinativo promedio del 95%. Los quistes de *Globodera* spp., fueron obtenidos del Centro de Investigación y Producción Camacani de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNAP., empleando el método modificado de Fenwick..

Posteriormente se procedió a sembrar los cultivares de quinua en estudio para el efecto se adecuaron bolsas de polietileno transparentes de 30\*14 cm con una capacidad de 1 Kg. aproximadamente los cuales fueron llenados con suelo franco arenoso, humedecido a capacidad de campo y libres de este nematodo, luego fueron envueltos con plástico de color negro para evitar la formación de algas y facilitar la evaluación durante su desarrollo del cultivo. Se colocaron en cada maceta aproximadamente cinco semillas de quinua las que fueron raleadas a la emergencia de la plántula quedando solamente una planta por maceta hasta el momento de las evaluaciones.

Posteriormente cada maceta fueron inoculados con 30 quistes por maceta/planta previo examen de la viabilidad de estos quistes (410 huevos/quiste). Para ello se procedió a remover suavemente el suelo para homogenizar la distribución de los quistes, previo a la inoculación los 30

quistes por maceta fueron colocados dentro del mortero para posteriormente ser triturados levemente con el propósito de facilitar la eclosión de los quistes y luego ser inoculados a la maceta.

A partir de este momento se tomaron en cuenta los días de evaluación es decir los 45 y 90 días.

### 3.1.2. Fase de laboratorio

Consistió en evaluar las macetas a los 45 días la primera evaluación y a los 90 días, la segunda evaluación las mismas que consistieron en retirar la bolsa de polietileno con mucho cuidado y observar la raíz con ayuda de una lupa de 12x de aumento para ver si había o no quistes adheridos a la raíz, luego se procedió a tomar la longitud de la raíz, longitud de panoja, altura de planta y desmenuzar el nudo de la maceta para una muestra de 100 gramos de suelo/maceta/ planta para procesarlo a través del método modificado de Fenwick y determinar el número de quistes presentes en 100 gramos de suelo.

## 3.2. ANALISIS ESTADISTICO

### 3.2.1. Variables

#### *Variable independiente*

Cultivares de quinua

- ✓ Sajama
- ✓ Ayara 1
- ✓ Sayaña
- ✓ Ayara 2
- ✓ Witulla
- ✓ Salcedo INIA
- ✓ 03-21-072RM
- ✓ Kancolla

- ✓ Kamiri
- ✓ Pasankalla
- ✓ Coito

***Variable dependiente***

Número de quistes de *Globodera* spp., por 100 gr. de suelo por planta de quinua a los 45 y 90 días.

**3.2.2. Codificación de tratamientos**

En el presente estudio los tratamientos estuvieron conformados por ocho cultivares (Ayara 1, Ayara 2, Kamiri, Sayaña, Salcedo, Kancolla, Sajama y Pasankalla) y tres ecotipos (03-21-072 y coito, Witulla) (Mujica, *et al.*, 2004).

**Cuadro 1.** Simbología y tratamientos en estudio

Nº Orden	Código	Tratamientos	Descripción
1	T1	Pasankalla	Variedad
2	T2	Sajama	Variedad Boliviana
3	T3	Kancolla	Variedad
4	T4	Salcedo INIA	Variedad
5	T5	Sayaña	Variedad Boliviana
6	T6	Coito	Ecotipo
7	T7	Kamiri	Variedad Boliviana
8	T8	03-21-072RM	Ecotipo
9	T9	Witulla	Ecotipo
10	T10	Ayara 1	Variedad Nativa
11	T11	Ayara 2	Variedad Nativa

### 3.2.3. Tratamientos

**Cuadro 2.** Tratamientos, repeticiones y unidades experimentales sin aleatorizar

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
R1	T1R1	T2R1	T3R1	T4R1	T5R1	T6R1	T7R1	T8R1	T9R1	T10R1	T11R1
R2	T1R2	T2R2	T3R2	T4R2	T5R2	T6R2	T7R2	T8R2	T9R2	T10R2	T11R2
R3	T1R3	T2R3	T3R3	T4R3	T5R3	T6R3	T7R3	T8R3	T9R3	T10R3	T11R3
R4	T1R4	T2R4	T3R4	T4R4	T5R4	T6R4	T7R4	T8R4	T9R4	T10R4	T11R4

### 3.2.4. Diseño experimental

Para comparar el comportamiento del cultivo de quinua frente a la inoculación de *Globodera* spp, se instaló y condujo bajo el diseño completamente al azar. Donde los tratamientos fueron los once cultivares de quinua; con cuatro repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 44 unidades experimentales (macetas) por cada momento de evaluación (45 y 90 días). Los correspondientes análisis se realizaron empleando el paquete estadístico SAS. Versión 8.2.

El diseño propuesto se aplicó por dos veces es decir para cada momento de evaluación (45 y 90 días).

#### 3.2.4.1. Modelo estadístico lineal

En este diseño el valor de cada unidad experimental  $Y_{ij}$  se aplicó según el siguiente Modelo Estadístico Lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}, \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es una observación en la j-ésima unidad experimental, sujeto al i-ésimo tratamiento.

$\tau_i$  = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Es el efecto de la media general o constante común.

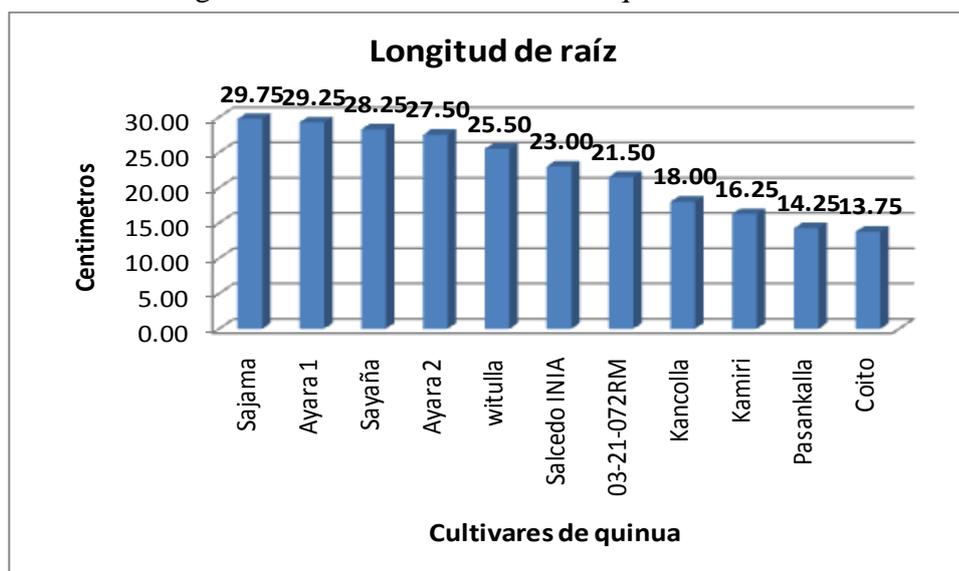
$\varepsilon_{ij}$  = Efecto verdadero de la j-ésima unidad experimental (replica), sujeta al i-ésimo tratamiento (error experimental).

### 3.3. OBSERVACIONES REALIZADAS

#### 3.3.1. Longitud de Raíz

Tomando en cuenta los datos del anexo 1, tabla 1, se realizó el gráfico uno con el propósito de conocer y mostrar el comportamiento de los cultivares en estudio en función a la longitud de la raíz debido a la incidencia del nematodo quiste (*Globodera* spp.). donde se puede apreciar que los cultivares Sajama, Ayara1, Sayaña, y Ayara2 resultaron tener la mayor longitud de raíces 29.75 cm, 29.25 cm, 28.25 cm, y 27.50 cm respectivamente; superando a los demás que van de 25.50 cm a 13.50 cm.

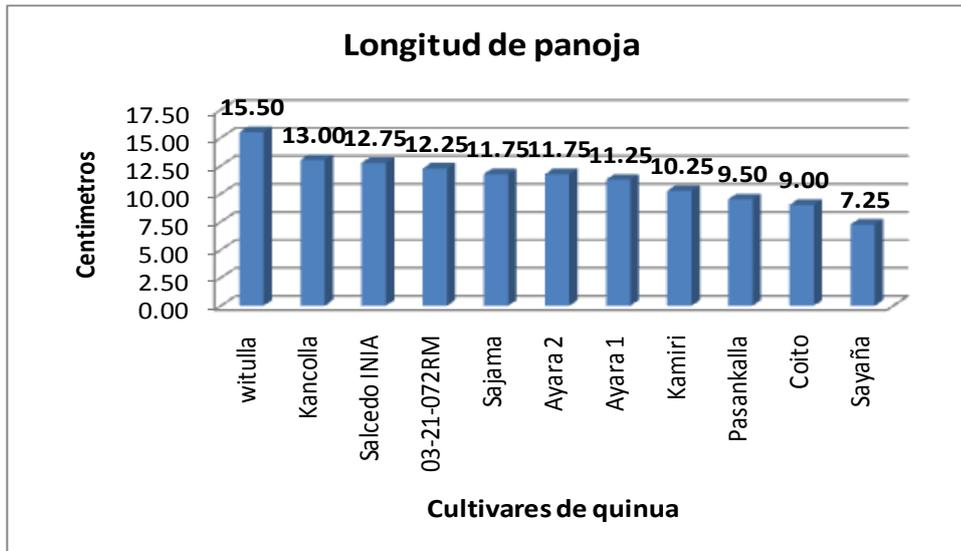
**Gráfico 1.** Longitud de raíz en 11 cultivares de quinua.



#### 3.3.2. Longitud de Panoja.

Con los datos del anexo 1, tabla 2, se realizó el gráfico 2 con la intención de conocer y mostrar la longitud de panoja de los cultivares en estudio debido a la incidencia del nematodo quiste (*Globodera* spp.). en la cual se aprecia que los cultivares con mayor longitud de panoja lo poseen Witulla, Kancolla y Salcedo INIA con 15.50 cm., 13.00 cm, y 12.75 cm respectivamente, superando a los demás con longitudes de raíces que van de 12.25 cm a 7.25 cm.

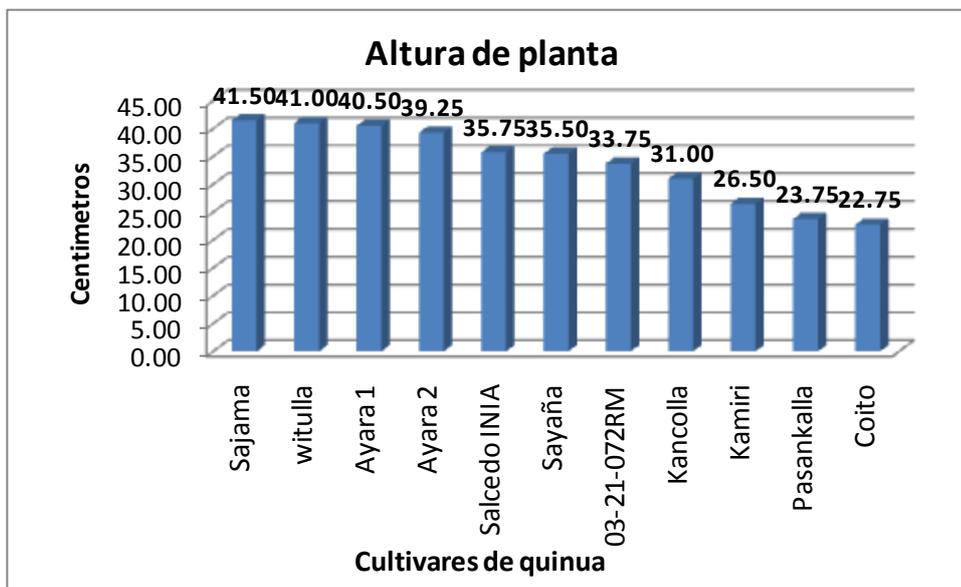
**Gráfico 2.** Longitud de panoja en 11 cultivares de quinua.



**3.3.3. Altura de planta.**

Tomando los datos del anexo 1, tabla 3, se realizó el gráfico tres con la finalidad de conocer y mostrar la altura de planta de los cultivares en estudio debido a la incidencia del nematodo quiste (*Globodera* spp.). donde los cultivares con mayor altura de planta lo poseen Sajama, Witulla, y Ayara1 con 41.50 cm, 41.00 cm, y 40.50 cm respectivamente, superando a los demás con alturas que van de 39.25 a 22.75 cm.

**Gráfico 3.** Altura de planta en 11 cultivares de quinua.



### 3.3.4. Presencia de áfidos

Se observó la presencia de una sola plaga conformada por pulgones o áfidos de la especie *Myzus* sp., al momento de la evaluación en los cultivares Sajama, Kancolla y Salcedo. Siendo los áfidos considerados como una plaga ocasional y secundaria, con importancia relativa, durante la etapa final de maduración de los granos en las panojas (Bravo, 2010)

## CAPITULO IV

### CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

El presente trabajo de investigación se concluyó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Nacional del Altiplano Puno ubicada geográficamente entre las coordenadas  $15^{\circ}50'15''$  latitud sur y  $70^{\circ}01'18''$  longitud oeste del meridiano de Greenwich.

## CAPITULO V

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 5.1. VIABILIDAD TOTAL DE LOS QUISTES DE (*Globodera spp.*) EN ESTUDIO

Se determinó la viabilidad total de los quistes de *Globodera spp.*, utilizados en el presente estudio con el propósito de saber la cantidad de huevos viables que se hallan presentes en un quiste para el efecto se trabajó con el procedimiento recomendado para estos casos por (Franco y González, 1993). Pudiéndose determinar que el número de huevos viables promedio por quiste fueron de 410 huevos por quiste.

#### 5.2. RESPUESTA DE LOS ONCE CULTIVARES DE QUINUA (*Chenopodium quínoa* Willd.) SOBRE LA INFESTACION Y MULTIPLICACIÓN DEL NEMATODO DEL QUISTE (*Globodera spp.*)

##### 5.2.1. Primer momento de evaluación (45 días)

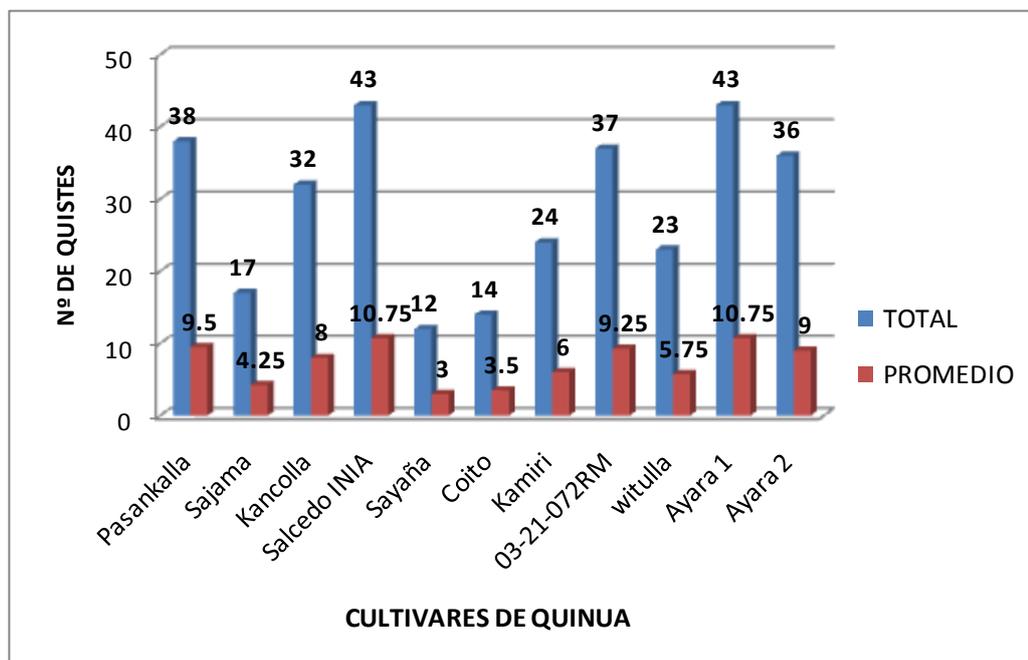
En la tabla 1 y gráfico 4, se muestran los resultados del número total de quistes y el promedio de quistes como resultado de 4 repeticiones presentes en los 11 cultivares de quinua, al realizar la evaluación y conteo de quistes por 100 gramos de suelo.

Se puede apreciar en la tabla 1 que los cultivares Salcedo INIA y Ayara1 resultaron tener el mayor número de quiste, seguido del 03-21-07RM y Ayara2.

**Tabla 1.** Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua (45 días).

	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
TOTAL	38	17	32	43	12	14	24	37	23	43	36
PROMED.	9.5	4.25	8	10.75	3	3.5	6	9.25	5.75	10.75	9

**Gráfico 4.** Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua en estudio (45 días).



En la tabla 2 del ANVA, para el número de nematodos por cultivares de quinua a los 45 días se observa que hubo diferencias altamente significativas para los cultivares, esto nos indica que entre los 11 cultivares hay diferencias en la cantidad de quistes de *Globodera* spp., debido probablemente a las características propias de cada cultivar que ha podido influir sobre los nematodos en la raíz o porque el incremento de la población y el daño causado por *Globodera* spp. dependen de varios factores siendo quizás el más importante el hospedante (planta de quinua). Pues tenemos plantas que son muy sensibles y otras que toleran la presencia de altas densidades poblacionales de nematodos (Stirling, 1991.)

Por otro lado el  $CV=16.42\%$  nos explica que los datos son confiables.

Como en la fuente de variabilidad los cultivares mostraron alta significancia estadística al 0.01, por tanto se hará la prueba de medias de DUNCAN a un nivel del 0.01 de probabilidad.

**Tabla 2.** Análisis de varianza para Número de nematodos por cultivares a los 45 días de evaluación.

FV	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0.05	0.01	
Cultivares	10	12.92345847	1.29234585	7.03	2.08	2.88	**
Error	33	6.06993411	0.18393740				
Total correcto	43	18.99339258					

CV=16.42%

La tabla 3, nos muestra que los cultivares Ayara1 y Salcedo INIA poseen la mayor cantidad de quistes de nematodos ambos con valores de 10.75 respectivamente, a esto se suman Pasankalla con 9.50, 03-21-072RMA con 9.25, Kancolla con 8.00, y Kamiri con 6.00, los cuales son estadísticamente superiores a los demás cultivares en estudio; al final se ubican Coito y Sayaña con 3.5 y 3.0, sumándose a estas Kamiri con 6.0, Witulla con 5.75 y Sajama con 4.25 respectivamente, los cuales tuvieron el menor número de quistes en promedio al realizar el conteo a los 45 días de evaluación. Resultados que son avalados debido a que se ha demostrado la potencialidad del empleo de líneas o cultivares seleccionados de quinua y otros cultivos andinos que poseen el efecto de "trampa" o de "antagonismo" a ciertos nematodos fitoparásitos (i.e. *Globodera* spp.) de ahí que es necesario efectuar estudios complementarios sobre el efecto de estos sobre la quinua (i.e. pérdidas por *T. andinus* y *N. aberrans*) y el rol de la quinua en el manejo integrado de los mismos (Franco, J., 1999.)

**Tabla 3.** Prueba de DUNCAN para Número de nematodos por cultivares (45 días).

Orden de mérito	Cultivares	Datos reales	Datos transformados $\sqrt{x}$	Sig. 0.01
1	Ayara1	10.75	3.27	a
2	Salcedo INIA	10.75	3.25	a b
3	Pasankalla	9.50	3.08	a b
4	03-21-072RM	9.25	3.01	a b
5	Ayara2	9.00	2.98	a b
6	Kancolla	8.00	2.77	a b c
7	Kamiri	6.00	2.45	a b c d
8	Witulla	5.75	2.32	b c d
9	Sajama	4.25	2.05	c d
10	Coito	3.50	1.85	d
11	Sayaña	3.00	1.69	d

**5.2.2. Segundo momento de evaluación (90 días).**

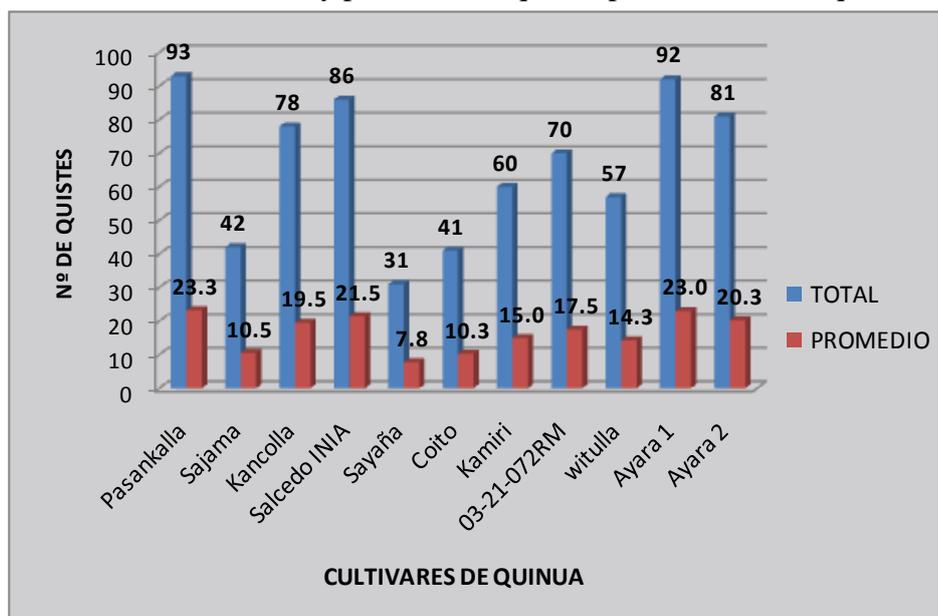
En la tabla 4 y gráfico 5, se muestran los resultados del número total y el promedio de quistes presentes en los 11 cultivares de quinua, promedio que corresponde a las 4 repeticiones al realizar el conteo a los 90 días de evaluación.

En el cual se aprecia que los cultivares Pasankalla y Ayara1 resultaron tener el mayor número de quiste, seguido de Salcedo INIA y Ayara2. Resultados que son respaldados por (Guíñez y Gonzáles, 1993) quienes sostienen que ciertos factores medioambientales pueden incidir en el grado de severidad del ataque, como la textura, humedad y temperatura del suelo, la nutrición de la planta y la presencia de otros organismos del suelo, dañinos a las plantas que interactúan con los nematodos.

**Tabla 4.** Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua (90 días).

	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
TOTAL	93	42	78	86	31	41	60	70	57	92	81
PROMED.	23.3	10.5	19.5	21.5	7.8	10.3	15.0	17.5	14.3	23.0	20.3

**Gráfico 5.** Número total y promedio de quistes por cultivares de quinua en estudio.



En la tabla 5 del ANVA, se observa que hubo diferencias altamente significativas para los cultivares, indicándonos que entre los 11 cultivares hay diferencias en la cantidad de quistes de nematodos, debido a las características propias de cada cultivar que ha influido sobre los nematodos en la raíz.

Por otro lado el CV=12.255% nos explica que los datos son confiables.

Como los cultivares dentro de la fuente de variabilidad tubo alta significancia estadísticas al 0.01, por procedió a efectuar la prueba de medias de DUNCAN a un nivel del 0.01 de probabilidad.

**Tabla 5.** Análisis de varianza para Número de nematodos por cultivares (90 días).

FV	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.
					0.05	0.01	
Cultivares	10	19.45737617	1.94573762	8.10	2.08	2.88	**
Error	33	7.92307795	0.24009327				
Total correcto	43	27.38045411					

CV=12.25%

La tabla 6, nos muestra que los cultivares Pasankalla y Ayara1 poseen la mayor cantidad de quistes de nematodos ambos con valores de 23.25 y 23.00 respectivamente, a esto se agregan Salcedo INIA con 21.50, Ayara 2 con 20.25, Kancolla con 19.50, 03-21-072RM con 17.50, y Kamiri con 15.00, los cuales son estadísticamente superiores a los demás cultivares en estudio; por último se ubican Coito y Sayaña con 10.25 y 7.75, sumándose a estas Sajama con 10.50 y Witulla con 14.25 respectivamente, los cuales tienen menor número de quistes en promedio al realizar el conteo a los 90 días. Resultados que son respaldados por (Ortuño *et al.*, 2000) quienes señalan que la quinua, además de ser un producto con propiedades para la alimentación humana se está constituyendo en un cultivo de exportación. El poder incluir líneas de quinua identificadas como especies no hospedantes o cultivos trampas, se constituiría en un cultivo de rotación el que permitiría disminuir poblaciones de nematodos en el suelo.

**Tabla 6.** Prueba de DUNCAN para Número de nematodos por cultivares (90 días).

Orden de mérito	Cultivares	Datos reales	Datos transformados $\sqrt{x}$	Sig. 0.01
1	Pasankalla	23.25	4.82	a
2	Ayara1	23.00	4.79	a b
3	Salcedo INIA	21.50	4.59	a b
4	Ayara2	20.25	4.49	a b
5	Kancolla	19.50	4.35	a b
6	03-21-072RM	17.50	4.16	a b c
7	Kamiri	15.00	3.86	a b c
8	Witulla	14.25	3.73	b c d
9	Sajama	10.50	3.23	c d
10	Coito	10.25	3.19	c d
11	Sayaña	7.75	2.78	d

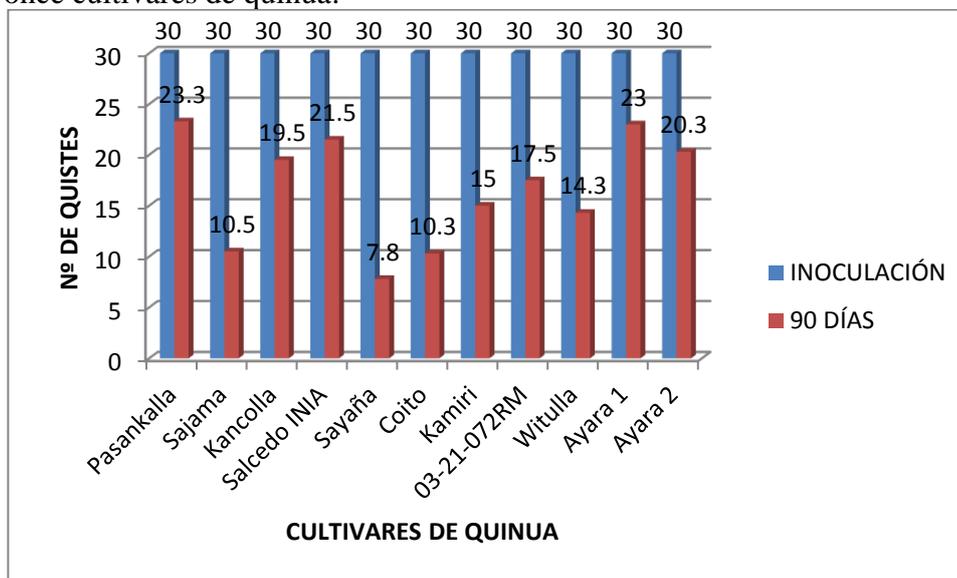
### 5.2.3. Diferencia de la población de quistes (Inicio-Final) obtenidos en el desarrollo del presente trabajo.

Se efectuó una diferencia entre el número de quistes inoculados por maceta/planta al inicio del trabajo (30 quistes con una viabilidad total de 410 huevos/quiste) menos el número de quistes (promedio de cuatro repeticiones) obtenidos a la conclusión del presente trabajo es decir a los 90 días con el propósito de dar mayores luces en los resultados ya que estadísticamente a los 45 y 90 días de evaluación no hay mucha diferencia, realizando la diferencia correspondiente INICIO – FINAL, se obtuvieron los siguientes resultados, se pueden observar en la tabla 5 y gráficos 6 y 7, como posibles cultivos resistentes los cultivares Pasankalla con 6.7, Ayara 1 con 7.0 y Salcedo INIA con 8.5 quistes promedio asimismo como posibles cultivares susceptibles al ataque de este fitoparásitos estarían Sayaña con 22.2, Coito con 19.7 y Sajama con 19.5 quistes promedio. Debido presumiblemente a que permitieron una reducida invasión en algunos casos presentando su ciclo de desarrollo incompleto y reducido número de quistes. O quizá presentando el efecto de planta trampa el cual se deba probablemente a un mecanismo de resistencia o propiedades antagónicas intrínsecas de las raíces y exudados radiculares de plantas que interrumpen el ciclo biológico del nematodo. (National Academy of Sciences , 1986.)

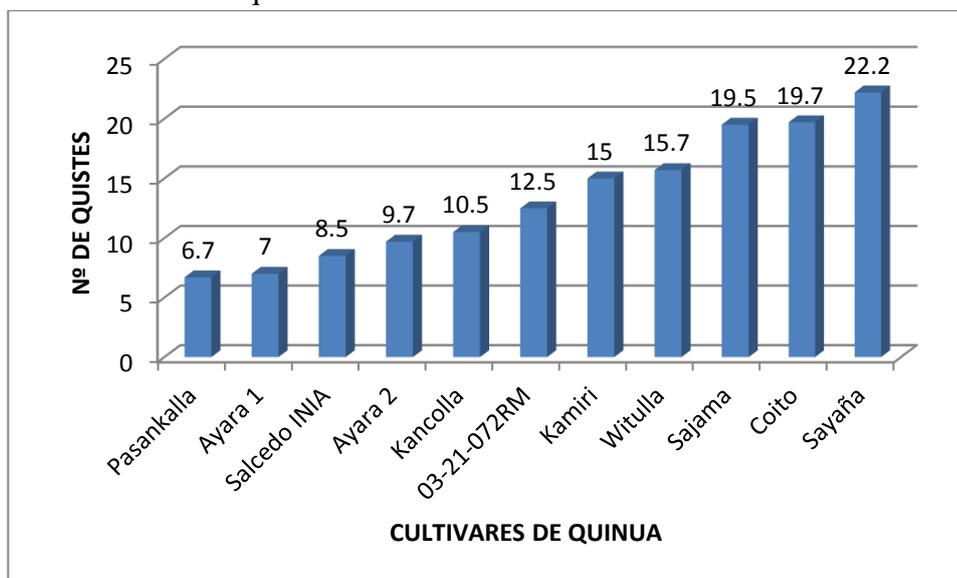
**Tabla 7.** Diferencia del número de quistes entre la población inicial (30 quistes) menos la población final (90 días).

	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	Witulla	Ayara 1	Ayara 2
Inoculación (Inicio)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Promedio (4 repeticiones a los 90 días)	23.3	10.5	19.5	21.5	7.8	10.3	15.0	17.5	14.3	23.0	20.3
Diferencia	6.7	19.5	10.5	8.5	22.2	19.7	15.0	12.5	15.7	7.0	9.7

**Gráfico 6.** Número de quistes al inicio y final del trabajo de investigación en los once cultivares de quinua.



**Gráfico 7.** Resultado de la diferencia INICIO-FINAL de menor a mayor en los once cultivares de quinua en estudio.



## CONCLUSIONES

1. Determinando la viabilidad total de los quistes de *Globodera* spp., se pudo comprobar que el número de huevos viables promedio por quiste fueron de 410 huevos por quiste.

a) Primer momento de evaluación (45 días), mostraron un comportamiento de susceptibilidad los cultivares: Ayara 1 con 10.75, Salcedo INIA con 10.75, Pasankalla con 9.50, 03-21-072 RM con 9.25, Ayara 2 con 9.00, Kancolla con 8.0 y Kamiri con 6.0 quistes promedio.

b) Mostraron un comportamiento de resistencia los cultivares: Sayaña con 3.0, Coito con 3.50, Sajama con 4.25, Witulla con 5.75 y Kamiri con 6.0 quistes promedio.

a) Segundo momento de evaluación (90 días), mostraron un comportamiento de susceptibilidad los cultivares: Pasankalla con 23.25, Ayara 1 con 23.0, Salcedo INIA con 21.50, Ayara 2 con 20.25, Kancolla con 19.50, 03-21-072 RM con 17.50 y Kamiri con 15.0 quistes promedio.

b) Mostraron un comportamiento de resistencia los cultivares: Sayaña con 7.75, Coito con 10.25, Sajama con 10.50 y Witulla con 14.25 quistes promedio.

2. Realizando una diferencia entre el número de quistes al inicio menos el número de quistes al final (90 días), se pudo determinar lo siguiente: cultivares que mostraron susceptibilidad Pasankalla con 6.7, Ayara 1 con 7.0 y Salcedo INIA con 8.5 quistes promedio.

Cultivares que mostraron un comportamiento de resistencia fueron: Sayaña con 22.2, Coito con 19.7 y Sajama con 19.5 quistes promedio.

3. Llegándose a la conclusión que:

a) Los cultivares de quinua que revelaron un comportamiento de susceptibilidad son: las cultivares Pasankalla, Ayara 1 y Salcedo INIA.

- b) Los cultivares que mostraron un comportamiento de resistencia fueron Sayaña, Coito y Sajama. Debido a su comportamiento como tales en los dos momentos de evaluación más la diferencia inicio-final.

## RECOMENDACIONES

1. Los resultados obtenidos en el presente trabajo con investigaciones realizadas a nivel de campo emplearlos en los centros experimentales de la UNA Puno.
2. Recomendar los cultivares de quinua que resultaron como resistentes para aquellos campos de cultivo con problemas de la infestación del suelo con *Globodera* spp.
3. A la Universidad Nacional del Altiplano, a la facultad de Ciencias Agrarias, incentivar las investigaciones de este tipo, ya que la región de Puno es un productor de primer nivel en cuanto a la quinua, y los resultados servirán para mejorar los cultivos.

## BIBLIOGRAFIA

- Agrarios. (2008).
- Ames, T., & Danielsen, S. ( 1999.). *Primer Taller Internacional sobre Quinoa*. La Molina. Lima, Perú.
- Bravo, P. R. (2010). *anejo Agroecológico de Plagas Andinas*. Puno, Perú.: Editorial Altiplano E.I.R.L.
- Cepeda, M. S. (1996. ). *Nematología agrícola*. México D.F.: Editorial Trillas. 305 p.
- CIP. (1996.). *Principales enfermedades, Nematodos e Insectos de la Papa*. . Lima, Perú.: Editorial Stella.
- Danielsen, S.; Ames, T. . (2000. ). *El Mildiu (Peronospora farinose Fr.) de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd) en la zona andina*. Lima, Perú: Centro Internacional de la papa.
- Fenwich, D. W. (1940. ). *Investigation on the of larval from cyst of potato eelwer Heterodera Rostochiensis, Well,m physical condition and their influence on larval mergence in the laboratory*.
- Franco, J. (1999.). *El cultivo de la quinoa y los nemátodos fitoparasitos en la región andina de Bolivia*. Cochabamba, Bolivia.: PROINPA.
- Franco, J., G., M., & Ortuño., N. (1999. ). *Los Cultivos Trampa como alternativa para reducir las poblaciones de Nacobbus aberrans y Globodera spp. en papa*. . Cochabamba, Bolivia.: Fundación para la Promoción de productos Andinos (PROINPA). .
- Franco, J.; González, A.; Matos, A. . (1993. ). *Manejo Integrado del nematodo quiste de la papa*. Lima. Perú. : CIP. 172 p.
- Franco, J.; Oros, R; Main, G. (1998.). *Trap crops: An effective component for Integrated Management of potato nematodos in the Andean región*.
- González, A., & Franco, J. (1993. ). *Manual de técnicas y métodos para estudios del nematodo quiste de la papa Globodera spp*. . Lima. Perú.: CIP - PROINPA. 87 p.
- González, A.; Franco, J. (1997.). *Los Nematodos en la producción de semilla de papa*. Lima. Perú.: Manual de Capacitación. Fasc. 3.9 – 97. CIP. 13 p.
- INIA. (2006.). *Quinoa Pasankalla*. Puno. Perú: Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Estación Experimental Agraria Illpa-.
- INIA. (2008.). *Quinoa Coito*. Puno, Perú.: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Experimental Agraria Illpa.
- Mohammad, R. (2000. ). *Tylenchida parasites of plants and insects*, . 2nd edition. CAB Internacional.
- Mujica, A. (2006.). *Uso y valor nutritivo de los granos andinos y sus parientes silvestres en el Altiplano – Peruano*. Puno-Perú.
- Mujica, A., & Canahua. (1989. ). *Fonología del cultivo de la quinoa. En curso taller de fitopatología de cultivos andinos y uso de la información..* Puno, Perú.: Agro meteorología Pica. INIA.
- Mujica, A.; S.E. Jacobsen,; J. Izquierdo,; J.P. Marathee. ( 2004. ). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. . Santiago de Chile. 313 p.
- National Academy of Sciences . (1986.). *Control de Nematodos Parásitos de Plantas. Primera reimpresión*. México.: Edit. Limusa.
- Ortuño, N.; Franco, J.; Balderrama, F.; Blanco, R.; Main, G. . (2000. ). *Identificación de quinuas resistentes de nematodos en Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: PROINPA.

- Ramos, J., Frnaco, J., Oruño, N., Oros, R., & Main, G. (1998). *Indicidencia y Severidad de Nacobbus Aberrans y Globodera Spp, en el cultivo de la papa en Boliva: Pérdidas en el valor bruto de su producción*. Chochabamba Bolivia: IBTA/PROINPA.
- Salas, B., Otazu, V., & Vilca, A. (1984.). *Enfermedades de cultivos del departamento de Puno. . Centro de Desarrollo Rural de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.*
- Solano, L. M. ( 1993.). *Botánica Sistemática. . Puno, Perú.: Copias Mimeografiadas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano.*
- Stirling, G. (1991.). *Biological control of plant parasitic nematodes*. London.: CAB internacional. .
- Sven-E, J., & Mujica, A. (1999.). *Primer Taller Internacional sobre Quinua*. La Molina. Lima, Perú.

## ANEXOS

**Tabla 1.** Longitud de raíz (cm) de los 11 cultivares de quinua en estudio.

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	16.0	46.0	25.0	14.0	30.0	7.0	18.0	23.0	21.0	31.0	30.0
2	14.0	16.0	11.0	32.0	28.0	19.0	16.0	21.0	30.0	28.0	25.0
3	15.0	22.0	15.0	18.0	30.0	15.0	14.0	19.0	24.0	28.0	26.0
4	12.0	35.0	21.0	28.0	25.0	14.0	17.0	23.0	27.0	30.0	29.0
<b>Total</b>	<b>57.0</b>	<b>119.0</b>	<b>72.0</b>	<b>92.0</b>	<b>113.0</b>	<b>55.0</b>	<b>65.0</b>	<b>86.0</b>	<b>102.0</b>	<b>117.0</b>	<b>110.0</b>
<b>Prom.</b>	<b>14.25</b>	<b>29.75</b>	<b>18.00</b>	<b>23.00</b>	<b>28.25</b>	<b>13.75</b>	<b>16.25</b>	<b>21.50</b>	<b>25.50</b>	<b>29.25</b>	<b>27.50</b>

**Tabla 2.** Longitud de panoja (cm) de los 11 cultivares de quinua en estudio.

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	8.0	12.0	13.0	12.0	6.0	5.0	10.0	11.0	10.0	9.0	7.0
2	10.0	10.0	14.0	12.0	8.0	10.0	12.0	13.0	19.0	13.0	17.0
3	12.0	12.0	13.0	14.0	8.0	12.0	10.0	12.0	15.0	11.0	9.0
4	8.0	13.0	12.0	13.0	7.0	9.0	9.0	13.0	18.0	12.0	14.0
<b>Total</b>	<b>38.0</b>	<b>47.0</b>	<b>52.0</b>	<b>51.0</b>	<b>29.0</b>	<b>36.0</b>	<b>41.0</b>	<b>49.0</b>	<b>62.0</b>	<b>45.0</b>	<b>47.0</b>
<b>Prom.</b>	<b>9.50</b>	<b>11.75</b>	<b>13.00</b>	<b>12.75</b>	<b>7.25</b>	<b>9.00</b>	<b>10.25</b>	<b>12.25</b>	<b>15.50</b>	<b>11.25</b>	<b>11.75</b>

**Tabla 3.** Altura de planta (cm) de los 11 cultivares de quinua en estudio.

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	24.0	58.0	38.0	26.0	36.0	12.0	28.0	34.0	31.0	40.0	37.0
2	24.0	26.0	25.0	44.0	36.0	29.0	28.0	34.0	49.0	41.0	42.0
3	27.0	34.0	28.0	32.0	38.0	27.0	24.0	31.0	39.0	39.0	35.0
4	20.0	48.0	33.0	41.0	32.0	23.0	26.0	36.0	45.0	42.0	43.0
<b>Total</b>	<b>95.0</b>	<b>166.0</b>	<b>124.0</b>	<b>143.0</b>	<b>142.0</b>	<b>91.0</b>	<b>106.0</b>	<b>135.0</b>	<b>164.0</b>	<b>162.0</b>	<b>157.0</b>
<b>Prom.</b>	<b>23.8</b>	<b>41.5</b>	<b>31.0</b>	<b>35.8</b>	<b>35.5</b>	<b>22.8</b>	<b>26.5</b>	<b>33.8</b>	<b>41.0</b>	<b>40.5</b>	<b>39.3</b>

**Tabla 4.** Número de quistes de nematodos en los 11 cultivares de quinua en estudio a los 45 días de evaluación.

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	22	8	28	14	7	11	15	19	8	24	24
2	26	12	11	28	8	9	15	13	19	20	16
3	23	10	15	18	9	13	18	16	13	22	19
4	22	12	24	26	7	8	12	22	17	26	22
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>42</b>	<b>78</b>	<b>86</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>57</b>	<b>92</b>	<b>81</b>
<b>Prom.</b>	<b>23.25</b>	<b>10.5</b>	<b>19.5</b>	<b>21.5</b>	<b>7.75</b>	<b>10.25</b>	<b>15</b>	<b>17.5</b>	<b>14.25</b>	<b>23</b>	<b>20.25</b>

**Tabla 5.** Número de quistes de nematodos en los 11 cultivares de quinua en estudio a los 45 días de evaluación. (Datos transformados)

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	9	3	12	6	2	4	5	11	2	10	9
2	11	5	5	12	3	3	7	6	10	12	6
3	10	4	5	13	5	5	6	12	5	9	11
4	8	5	10	12	2	2	6	8	6	12	10
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>17</b>	<b>32</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>43</b>	<b>36</b>
<b>Prom.</b>	<b>9.5</b>	<b>4.25</b>	<b>8</b>	<b>10.75</b>	<b>3</b>	<b>3.5</b>	<b>6</b>	<b>9.25</b>	<b>5.75</b>	<b>10.75</b>	<b>9</b>

**Tabla 6.** Número de quistes de nematodos en los 11 cultivares de quinua en estudio a los 90 días de evaluación.

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	3.00	1.73	3.46	2.45	1.41	2.00	2.24	3.32	1.41	3.16	3.00
2	3.32	2.24	2.24	3.46	1.73	1.73	2.65	2.45	3.16	3.46	2.45
3	3.16	2.00	2.24	3.61	2.24	2.24	2.45	3.46	2.24	3.00	3.32
4	2.83	2.24	3.16	3.46	1.41	1.41	2.45	2.83	2.45	3.46	3.16
<b>Total</b>	<b>12.31</b>	<b>8.20</b>	<b>11.10</b>	<b>12.98</b>	<b>6.80</b>	<b>7.38</b>	<b>9.78</b>	<b>12.06</b>	<b>9.26</b>	<b>13.09</b>	<b>11.93</b>
<b>Prom.</b>	<b>3.08</b>	<b>2.05</b>	<b>2.77</b>	<b>3.25</b>	<b>1.70</b>	<b>1.85</b>	<b>2.45</b>	<b>3.01</b>	<b>2.32</b>	<b>3.27</b>	<b>2.98</b>

**Tabla 7.** Número de quistes de nematodos en los 11 cultivares de quinua en estudio a los 90 días de evaluación. (Datos transformados)

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21-072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	4.69	2.83	5.29	3.74	2.65	3.32	3.87	4.36	2.83	4.90	4.90
2	5.10	3.46	3.32	5.29	2.83	3.00	3.87	3.61	4.36	4.47	4.00
3	4.80	3.16	3.87	4.24	3.00	3.61	4.24	4.00	3.61	4.69	4.36
4	4.69	3.46	4.90	5.10	2.65	2.83	3.46	4.69	4.12	5.10	4.69
<b>Total</b>	<b>19.28</b>	<b>12.92</b>	<b>17.38</b>	<b>18.37</b>	<b>11.12</b>	<b>12.75</b>	<b>15.45</b>	<b>16.65</b>	<b>14.92</b>	<b>19.16</b>	<b>17.95</b>
<b>Prom.</b>	<b>4.82</b>	<b>3.23</b>	<b>4.35</b>	<b>4.59</b>	<b>2.78</b>	<b>3.19</b>	<b>3.86</b>	<b>4.16</b>	<b>3.73</b>	<b>4.79</b>	<b>4.49</b>

**Tabla 8.** Diferencia en número de quistes de nematodos en los 11 cultivares de quinua  
INICIO-FINAL

Rep.	Pasankalla	Sajama	Kancolla	Salcedo INIA	Sayaña	Coito	Kamiri	03-21- 072RM	witulla	Ayara 1	Ayara 2
1	4.69	2.83	5.29	3.74	2.65	3.32	3.87	4.36	2.83	4.90	4.90
2	5.10	3.46	3.32	5.29	2.83	3.00	3.87	3.61	4.36	4.47	4.00
3	4.80	3.16	3.87	4.24	3.00	3.61	4.24	4.00	3.61	4.69	4.36
4	4.69	3.46	4.90	5.10	2.65	2.83	3.46	4.69	4.12	5.10	4.69
<b>Total</b>	<b>19.28</b>	<b>12.92</b>	<b>17.38</b>	<b>18.37</b>	<b>11.12</b>	<b>12.75</b>	<b>15.45</b>	<b>16.65</b>	<b>14.92</b>	<b>19.16</b>	<b>17.95</b>
<b>Prom.</b>	<b>4.82</b>	<b>3.23</b>	<b>4.35</b>	<b>4.59</b>	<b>2.78</b>	<b>3.19</b>	<b>3.86</b>	<b>4.16</b>	<b>3.73</b>	<b>4.79</b>	<b>4.49</b>

**FOTOGRAFÍAS:****Fotografía 1.** Quistes de *Globodera* spp., para inocular las macetas de quinua.**Fotografía 2.** Raleo de las macetas de estudio.

**Fotografía 3.** Material biológico (30 quistes por cajita) listo para inocular.



**Fotografía 4.** Quistes de *Globodera* spp., para su trituración en mortero.



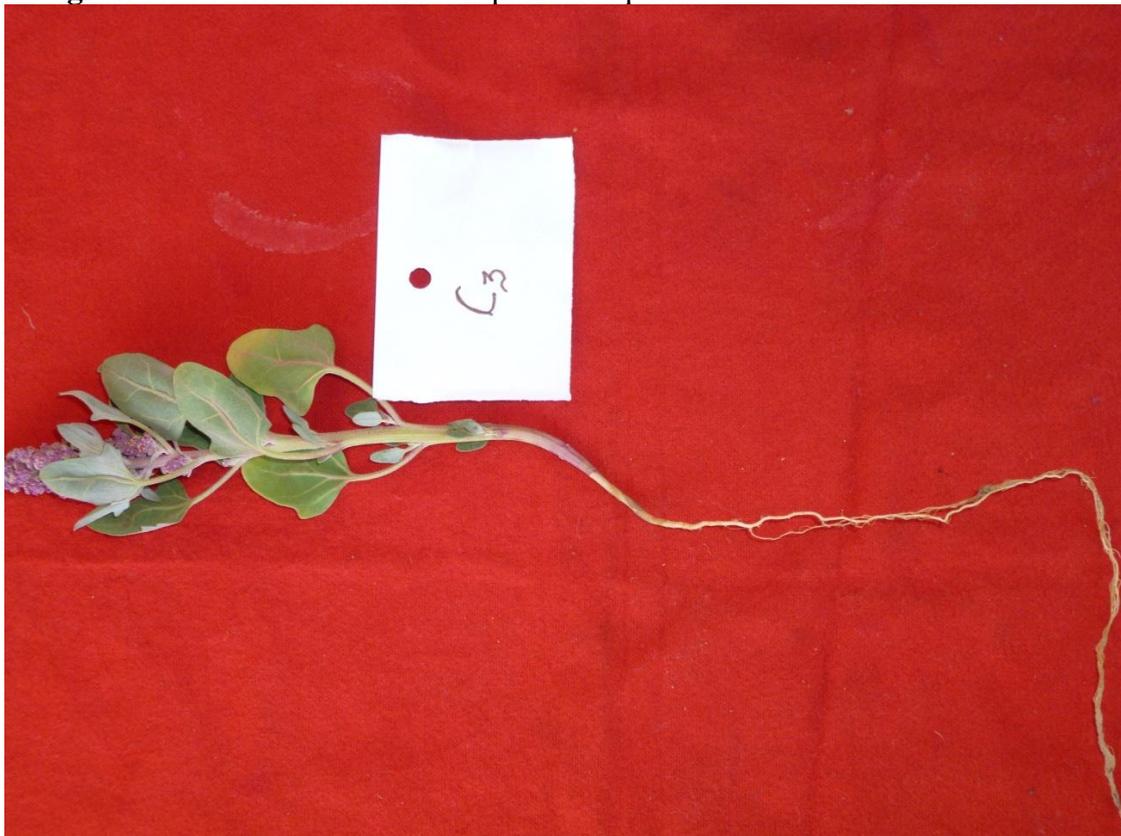
**Fotografía 5.** Sistema radicular de la quinua en observación



**Fotografía 6.** Evaluación del sistema radicular de la quinua.



**Fotografía 7.** Sistema radicular de la planta de quinua



**Fotografía 8.** Toma de muestra de suelo para su procesamiento en Fenwich



**Fotografía 9.** Pesada de la muestra de suelo (100 g)



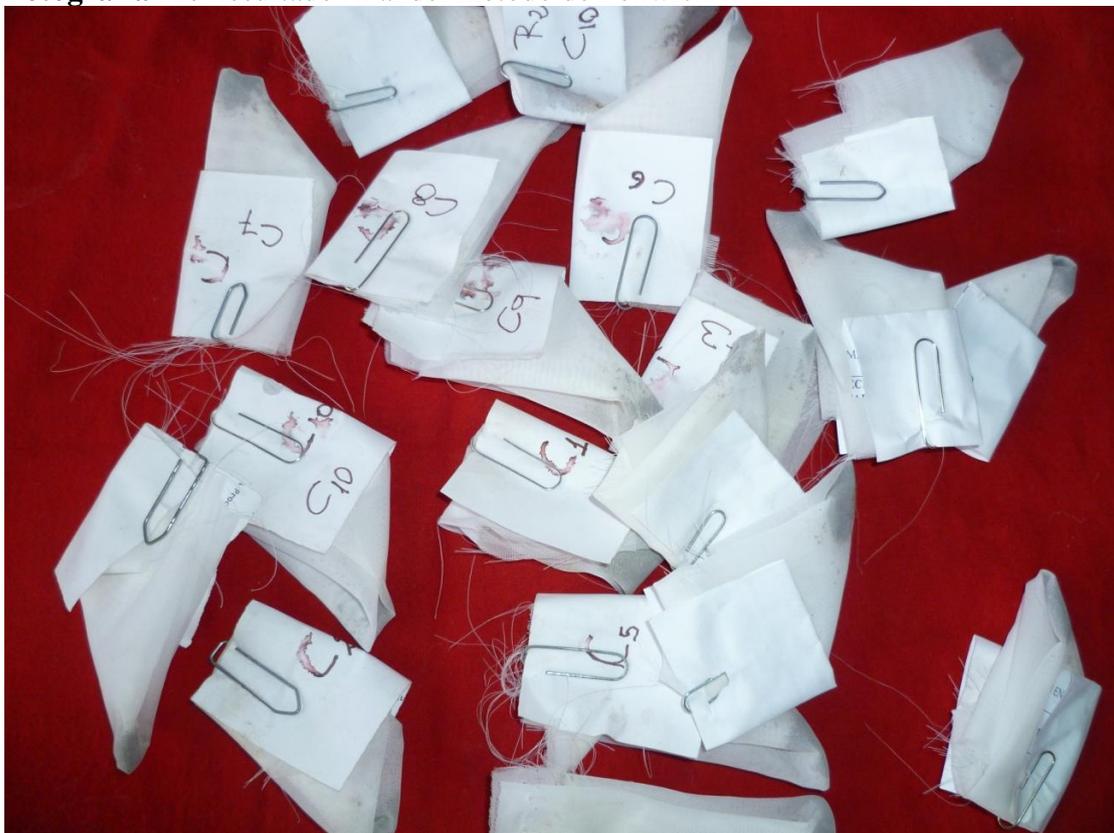
**Fotografía 10.** Lavado muestra de suelo en embudo de Fenwich



**Fotografía 11.** Obtención de quistes método de Fenwick



**Fotografía 12.** Resultado final del método de Fenwick



**Fotografía 13.** Conteo de quistes por 100 g de suelo.



**Fotografía 14.** Conteo de quistes por muestra de 100 g de suelo.

