

INTRODUCCIÓN

La papa *Solanum tuberosum L.*, es uno de los cultivos en los que se ha realizado el mayor estudio científico demostrando la importancia económica y social que tiene el mismo. Muchos cultivos agrícolas tales como el maíz (*Zea mays*), los ajíes (*Capsicum*) y la yuca (*Cassava*), se dispersaron tan rápidamente después del descubrimiento de América en 1492 (Hawkes, 1994).

En Bolivia es el tercer rubro más significativo después de la soya y el maíz y tiene una trascendencia económica para los agricultores, ya que involucra a más del 60% de los productores y consumidores del Altiplano y Valles de Cochabamba, Potosí, La Paz, Tarija, Chuquisaca, Oruro y Santa Cruz por encima de los 2500 m.s.n.m. (Watson y Almanza, 1994). Como también en regiones a menor altitud como el Triángulo de Bermejo de 650 a 1100 m.s.n.m. y la Llanura Chaqueña a 650 m.s.n.m. en el Departamento de Tarija (Casso, 2006). Además que tiene un significado cultural urbano y rural por su consideración en la alimentación diaria de la población.

En nuestro país una gran parte de las semillas de papa, que emplean los agricultores, provienen del sistema tradicional o sistema informal. En este sistema se utilizan tubérculos que no siempre tienen las características deseables de una "buena semilla" y no hay ninguna garantía de que el insumo utilizado tenga buena calidad comercial, ya que los agricultores paperos disponen como semilla a los tubérculos cosechados en la campaña anterior, guardándolos para el siguiente ciclo (Hidalgo, 1997).

La papa es un excelente hospedante para los nematodos, entre los más comunes son *Nacobbus aberrans* conocido como "Nematodo del rosario de la papa" y *Globodera spp.*, o "Nematodo quiste de la papa" en las zonas productoras de papa (sobre los 2500 m.s.n.m.) y en territorios aptos para la producción de semilla de papa en la región andina de Latinoamérica, en especial Bolivia y Perú, donde son consideradas como plagas fundamentales (Franco *et. al.*, 1993).

En nuestro país *N. aberrans* afecta los rendimientos totales en un porcentaje de 33 a 88%, *Globodera spp.* de 5 a 58%, así como la cosecha de tubérculos grandes, estimándose pérdidas que llegan a 52 y 16 millones de dólares por año en el valor bruto de la producción de papa (Franco *et. al.*, 2004).

Los nematodos atacan a raíces y tubérculos, las plantas enfermas no evidencian síntomas específicos en la parte aérea, con excepción de un desarrollo apical pobre, que es resultado de un sistema radicular igualmente pobre (Hooker, 1980). Los medios de diseminación de estas especies lo constituyen el suelo adherido a las herramientas de trabajo, animales, agua y el viento, donde el principal factor de dispersión es la utilización de tubérculos infectados (Hooker, 1980).

Cuando infectan a los tubérculos, se establecen debajo de la epidermis allí sobreviven por mucho tiempo y se difunden a otros campos semilleros y una vez que se introducen en el suelo, es imposible erradicarlos por completo y sólo es posible disminuir su población con un programa de manejo integrado (Franco *et. al.*, 1992).

También, en campos del sistema formal de producción de semillas, que sólo cubre el 2% de la demanda nacional, la presencia de *N. aberrans*, ocasiona el descenso de categoría o su total descalificación. El resto de tubérculos-semillas que se utilizan para cubrir la demanda nacional proviene del sistema informal (Rojas, *et. al.*, 1997).

Además que se promueve la descalificación de los campos según normas de nuestro país para la certificación de semilla de papa en el sistema formal, estableciendo una tolerancia de cero a *N. aberrans* y *Globodera spp.*, en la categoría Básica, Registrada y Certificada, mientras que la categoría Fiscalizada se establece a partir de la inhabilitación de las categorías anteriores por presencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.* (Normas de Certificación en Bolivia, 1999).

Al respecto, la presente investigación procura averiguar sobre la presencia o ausencia de nematodos que pueden ser diseminados mediante los tubérculos semillas del sistema informal de diferentes zonas productoras y que son comercializados en el Mercado Campesino, como principal centro de abasto de la ciudad de Tarija, los mismos que

pueden ser dispersados a terrenos libres de estos microorganismos.

El presente trabajo, se constituye de gran importancia, ya que posibilitará la obtención de información que permita tomar decisiones en cuanto a la aplicación de medidas control de nematodos y que las mismas puedan ser adoptadas por los propios trabajadores semilleros de zonas paperas e inclusive instituciones vinculadas al desarrollo agropecuario, tema sobre el cual está enfocado el presente trabajo.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar los tubérculos semillas producidos en el sistema informal procedentes de cuatro zonas productoras comercializados en el Mercado Campesino, como posibles fuentes de diseminación de los nematodos *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

Objetivos específicos

- Evaluar en muestras de tubérculos-semillas de papa del sistema informal la incidencia de los nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*, por zona productora y variedad, con el método de la licuadora más tamizado.
- Determinar el potencial de diseminación de *N. aberrans* en tubérculos semillas comercializados en el Mercado Campesino, mediante la prueba del bioensayo.
- Determinar el nivel de infección y el grado de severidad de *N. aberrans*, mediante bioensayos.
- Identificar los géneros y especies de nematodos presentes en muestras de tubérculos-semillas.

Hipótesis

Los tubérculos-semillas de papa comercializados en el Mercado Campesino, constituyen medios de propagación de los nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*, para posteriores siembras.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. El cultivo de la papa

1.1.1. Historia y situación actual de la papa

La papa (*Solanum tuberosum L.*), es uno de los cultivos en los que se ha realizado el mayor estudio científico demostrando la importancia económica y social que tiene esta actividad. Muchos cultivos de América, tales como el maíz, los ajíes y la yuca, se dispersaron tan rápidamente después de su descubrimiento en 1492.

Se descubrió recién en la conquista de Pizarro al Perú en 1535 y recién hubo una primera observación registrada de papa en el año 1537. Fue domesticada hace unos 10.000 años y cultivada hace 7.000 años en la región del Lago Titicaca, al sur del Perú y norte de Bolivia, de allí se expandió hacia Venezuela y Chile (Hawkes, 1994).

Para su difusión los tubérculos fueron trasladados desde Perú hasta Panamá, luego a Colombia trasbordados a La Habana y reembarcados hasta España. Llegaron a Europa el año 1570, con el fin de propagarlas y venderlas al mercado de España, se dispersó a Italia en el siglo XVI y luego a Francia. En el siglo XVII hacia Alemania, Checoslovaquia, Polonia, Rusia y Holanda. En Norte América la papa fue conocida en el año 1621, enviada desde Inglaterra (Hawkes, 1994).

Entre las plantas dicotiledóneas, la papa es la más significativa para la alimentación humana, ocupa el cuarto lugar entre los principales especies alimenticias del mundo y superada por gramíneas como el trigo, maíz y el arroz (Vigliola, 1986). Está por encima de todos los cultivos de raíces y tubérculos, seguida por la yuca y la batata (Hawkes, 1994).

En Bolivia, este cultivo, tiene una importancia económica para los agricultores, ya que involucra a más del 60% de la población del Altiplano y Valles interandinos y

mesotérmicos de los departamentos de Cochabamba, Potosí, La Paz, Tarija, Chuquisaca, Oruro y Santa Cruz que se hallan por encima de los 2.500 m.s.n.m. (Watson y Almanza, 1994). Como asimismo en regiones a menor altitud como el Triángulo de Bermejo de 650 a 1.100 m.s.n.m. y la Llanura Chaqueña a 650 m.s.n.m. en el Departamento de Tarija (Casso, 2006). Además por el significado cultural urbano - rural, y un componente imprescindible en la alimentación diaria de la población (Gonzales y Cadima, 2003; Casso, 2006).

A nivel nacional la superficie sembrada de tubérculos y raíces se registra en 209.834 hectáreas donde la papa alcanza 180.416 hectáreas cultivadas y 29.418 hectáreas corresponden al cultivo de yuca. La producción de papa alcanza 975.418 toneladas y un rendimiento promedio de 5,4 tn/ha. En el Departamento de Tarija la superficie cultivada logra 9.485 hectáreas de tubérculos y raíces de las cuáles 8.796 hectáreas son de papa y 689 hectáreas de yuca (Instituto Nacional de Estadística INE, proyección para el año 2010).

1.1.2 Taxonomía y morfología de la planta de papa

1.1.2.1 Taxonomía

Todas las especies de papa cultivadas como silvestres pertenecen a la Sección Petota.

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

La especie *Solanum tuberosum*, fue clasificada por Hawkes 1956, en dos sub especies: *Solanum tuberosum ssp. andígena*, originaria de los Andes que tuberiza en días cortos por encima de los 2000 metros de altitud y *Solanum tuberosum ssp, tuberosum* que tuberiza en días cortos como en días largos (Huaman1986, citado por Ramos 1994).

1.1.2.2 Características morfológicas de la planta de papa

La papa es una planta dicotiledónea, herbácea, anual, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos (Huamán, 1986). Muere al final de su ciclo pero continúa potencialmente perenne debido a su capacidad de reproducción de los tubérculos formados. (Hooker, 1980).

1.1.2.2.1 Sistema radicular

Cuando la planta de papa crece a partir de una semilla botánica, forma una raíz axonomorfa con ramificaciones laterales fibrosas tiene hipocótilo, cotiledones y epicótilo de las cuales desarrollan el tallo y follaje (Hooker, 1980). En cambio, cuando crecen los tubérculos, primero constituyen raíces adventicias en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, entre el tubérculo-semilla y superficie del suelo (Huamán, 1986).

La papa tiene un sistema radicular débil, poco profundo, con frecuencia no más de 40 a 50 centímetros, por lo cual necesita de un suelo en buenas condiciones para su cultivo (Beukema y Van Der Zaag 1990, mencionados por Ramos 1994).

1.1.2.2 Follaje

Está conformado por hojas y tallos. Las hojas están distribuidas en forma de espiral sobre el tallo. Son alternas, compuestas, imparipinnadas, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal, en número de 5 a 9, pueden ser enteros, agudos, ovados o cordados. Las hojas están provistas de pelos de diversos tipos los cuáles también se encuentran presentes en las demás partes aéreas de la planta (Huamán, 1986, señalado por Ramos 1994).

Las plantas que provienen de semilla verdadera tienen un sólo tallo principal, mientras que las plantas que provienen de tubérculos-semillas producen varios tallos según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales (Huamán, 1986 mencionado por Ramos 1994).

1.1.2.3 Estolones

Los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos (Huamán, 1986). Morfológicamente son tallos modificados con entrenudos elongados y ensanchados en la punta, con escamas de hojas dispuestas en espiral. Cuando desarrollan los tubérculos ellos lo hacen en la región sub apical del estolón, su longitud varía en función de la variedad, duración del día, temperatura (Van Der Zaag, 1990 nombrado por Ramos 1994).

Las flores se agrupan en inflorescencias cimosas puede ser de color blanco, morado, azul y rojo en diferentes tonos e intensidades. El fruto llamado baya es de forma esférica a oval, de color verde a amarillento o castaño rojizo a violeta, tiene dos lóculos donde se descubren las semillas (Huaman1986, citado por Olivera 2004).

Las semillas son planas, ovaladas y pequeñas. Están envueltas en una capa llamada testa, que protege al embrión y un tejido nutritivo de reserva denominado endosperma. El embrión tiene forma curva y orientada hacia el punto de unión con la placenta, tiene dos polos opuestos, uno la radícula y la plúmula contiene dos cotiledones. Las semillas son conocidas como semilla *verdadera* o *botánica*, para distinguir las de los tubérculos-semillas (Huaman1986, citado por Olivera 2004).

1.1.2.2.4 Tubérculos

Los tubérculos son tallos modificados con un eje acortado y engrosado, constituyen los órganos más importantes de la planta, en ellos esta acumulada el 75 a 85% del total de materia seca producida por la planta (Cutter, 1992 citado por Ramos 1994).

Los tubérculos se forman como consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que resulta de un rápido desarrollo y división celular, que constituye aproximadamente 64 veces de aumento en el volumen de la célula (Hooker, 1980).

Un tubérculo tiene dos extremos: El basal que está ligado al estolón, que se llama *talón* y el extremo opuesto que se llama extremo *apical* o *distal*. Los ojos del tubérculo morfológicamente corresponden a los nudos de los tallos, las cejas representan las hojas y las yemas del ojo que reemplazan las yemas axilares. Los ojos sobre la superficie del tubérculo se reparten en forma de espiral, están concentrados en el extremo apical, en las axilas de las hojas escamosas llamadas “cejas”.

Las yemas de los ojos pueden llegar a extenderse para formar un nuevo sistema de tallos principales, tallos laterales y estolones. Generalmente cuando el tubérculo ha madurado, las yemas de los ojos están en un estado de reposo y por ello, no pueden desarrollarse. Al cabo de cierto tiempo, según la variedad, las yemas del ojo apical son las primeras en salir del reposo. Esta característica se denomina *dominancia apical*. Más tarde las yemas de los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes (Huamán, 1986).

En un corte longitudinal el tubérculo, presenta del extremo exterior hacia el interior los siguientes elementos: El *peridermo* o piel que es una delgada capa protectora, su color varía entre blanco, crema, amarillo, naranja rosado o morado, algunos tubérculos tienen dos colores. En la superficie de la piel se encuentran las lenticelas, que son poros respiratorios, por las cuáles se efectúa el intercambio de gases entre el tubérculo y el ambiente (Huamán, 1986) ya que el pasaje de CO₂, O₂ y agua es muy difícil y el peridermo es relativamente impermeable (Vigliola, 1986). En condiciones húmedas, las lenticelas aumentan de tamaño hasta verse como puntos blancos prominentes de unos 0.5 mm de diámetro (Hooker, 1980).

La *corteza* esta debajo de la piel. Es una banda delgada de tejido de reserva, que contiene proteínas y almidones. El *sistema vascular* conecta los ojos del tubérculo entre sí y al tubérculo con otras partes de la planta. Dentro del anillo vascular se localiza el *parénquima de reserva*, tejido principal de almacenamiento que ocupa la mayor parte del tubérculo. La *medula* constituye la parte central del tubérculo que junto con los elementos de la corteza constituyen la carne del tubérculo (Huamán, 1986).

Los **brotos** crecen de las yemas que se hallan en los ojos del tubérculo. El color del brote es una característica varietal, pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados. El extremo basal del brote forma la parte subterránea del tallo y se caracteriza por la presencia de lenticelas. Después de la siembra, esta parte rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales. El extremo apical del brote da origen a las plantas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo (Huamán, 1986).

1.2. Sistemas de producción de semilla de papa

La semilla es el insumo agrícola más importante, ya que de ella depende en gran medida la productividad y por lo tanto el acceso a alimentos y a mejores ingresos de

la familias productoras. La semilla puede ser adquirida de sistemas convencionales o formales, de sistemas campesinos o informales y de sistemas no convencionales que tienen elementos de los sistemas convencionales y campesinos, es decir, algunos elementos del sistema son reglamentados por el estado, mientras que otros son definidos directamente por agricultores y comerciantes.

1.2.1. Sistema tradicional o informal

La mayor parte de las semillas de papa y principalmente los tubérculos-semillas que usan los agricultores de la mayoría de los países en desarrollo, provienen del sistema tradicional. En este sistema los agricultores aprovechan tubérculos que no siempre tienen las peculiaridades deseables de una "Buena semilla" y no hay ninguna garantía de que el insumo que se utiliza tenga buena calidad comercial (Hidalgo, 1997).

Los sistemas informales o "Campesinos" se caracterizan por que no son regulados por el estado. Están basados en la reutilización de la semilla por parte del agricultor y por la presencia de comerciantes que compran y venden semilla (Thiele (1997). Aquí el estado no juega ningún rol y todo el proceso de producción y comercialización está definido directamente por los agricultores y negociantes (Alonso, 2011).

Del sistema tradicional forman parte los campesinos que guardan su propia semilla para la campaña(s) siguiente(s). Los agricultores paperos vuelven a usar como semilla los tubérculos cosechados en la campaña anterior, especialmente si los tubérculos iniciales proceden de una semilla de clase (certificada o no) guardan los tubérculos-semillas para el ciclo siguiente, según la tasa de renovación predominante (Hidalgo, 1997).

En los países en desarrollo, más del 90% de los tubérculos-semillas destinados la producción de papa provienen del sistema tradicional. Los bajos rendimientos promedio que se logran se atribuyen especialmente a la falta de uniformidad en la calidad de los tubérculos-semillas manejados. En situaciones de altura mayor a 3000

m.s.n.m., o condiciones de aislamiento, algunas de estas semillas “corrientes” son de buena calidad debido a la baja degeneración que ocurre en estas zonas, muchas otras son de muy baja calidad lo que provocan los bajos rendimientos (Hidalgo, 1997).

1.2.2. Sistema formal de producción

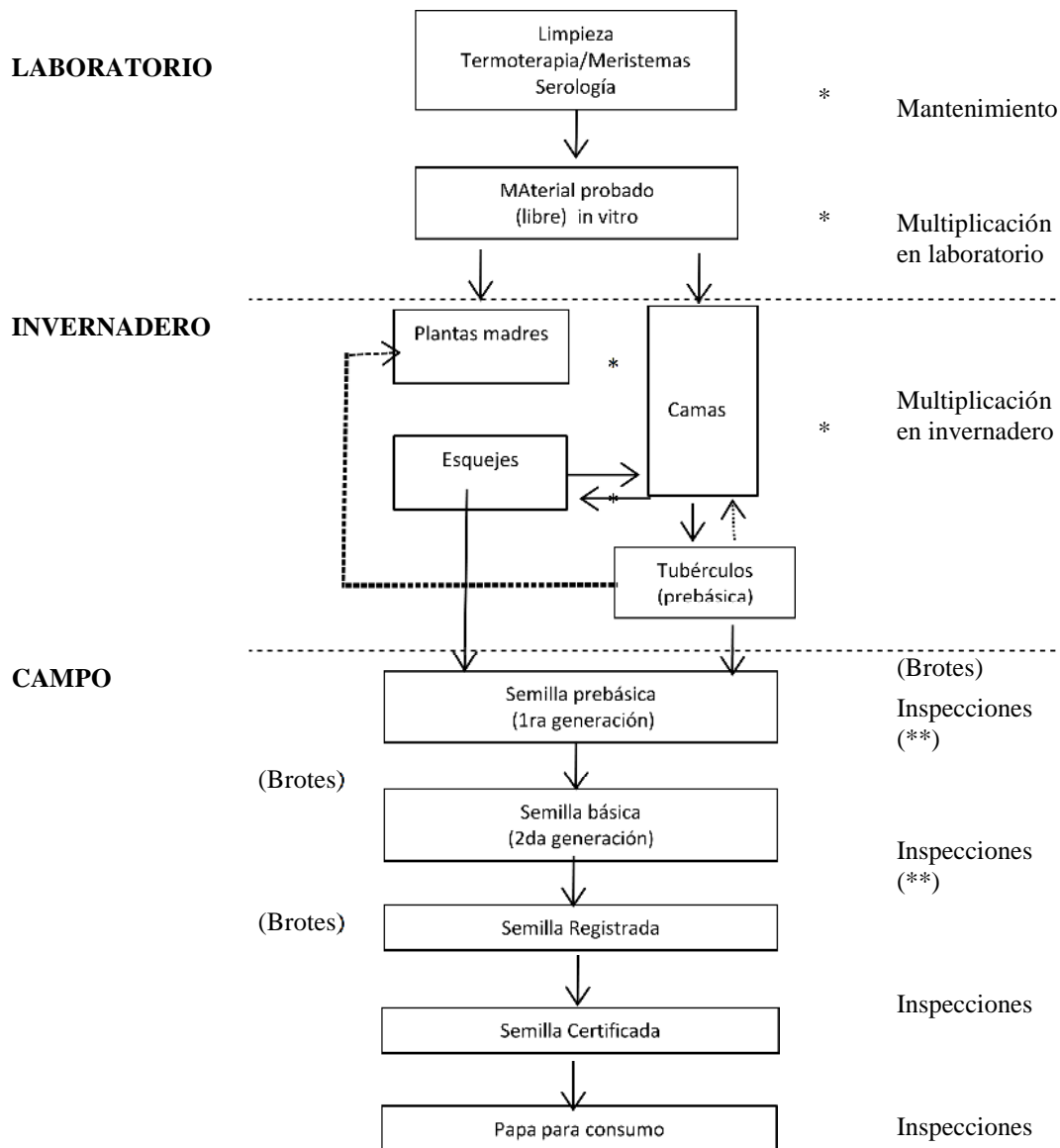
El sistema formal de obtención de semilla, se caracteriza por ser regulado por el estado, quién define las normas que rigen su producción y comercialización mediante un sistema de certificación. En el proceso de producción de tubérculos-semillas es preciso contar con un programa de certificación como parte fundamental del proceso de producción y así garantizar la calidad del producto (Hidalgo, 1997).

La certificación está basada en un conjunto de normas legales, establece pautas para medir la calidad del producto y de sus productores, dispone de un mecanismo para revisar, aceptar y regular la obtención de tubérculos-semillas. Está relacionada con instituciones, el personal de organismos del sector oficial y también con aspectos técnicos del proceso productivo propiamente.

Con la certificación, el órgano certificador da fe de que los productores han cumplido con las normas y que el producto reúne características especificadas en la reglamentación oficial de semillas. El proceso de certificación protege los derechos de los usuarios y ayuda a los productores para que puedan producir sus materiales según las normas instauradas (Hidalgo, 1997).

El esquema general del proceso moderno de producción de tubérculos-semillas en el sistema formal, donde los productores de papa y especialmente los de categorías altas (prebásica y básica) son agricultores especializados y autorizados para producir semillas, es ilustrado en la Figura N°1. Disponible en [http://www.conceptos básicos sobre la producción de semillas de papa y de sus instituciones](http://www.conceptos_básicos_sobre_la_produccion_de_semillas_de_papa_y_de_sus_instituciones).

Figura N° 1: Esquema general del proceso moderno de producción de Tubérculos-semillas de papa



* Control de Calidad por ELISA

** ELISA es opcional

Hidalgo 1997, Señala igualmente, que en países donde coexisten ambos sistemas de producción, los sistemas tradicionales compiten fuertemente con los sistemas formales, porque ofrecen un producto de menor precio, pero no necesariamente de buena calidad. En general los países donde se produce papa cuentan con lugares especiales donde se obtiene semilla certificada y/o asimismo la semilla informal de buena calidad; estos son en las zonas más altas en los países con montañas.

1.2.2.1. Componentes básicos de un programa formal de producción de semillas

Un programa eficiente de producción de semillas es el fruto de la interrelación de factores que posibilitan a los usuarios disponer de un producto de buena calidad, a precio razonable y en el momento oportuno.

La obtención de tubérculos-semillas como asimismo la producción de semilla sexual, extractada de [http://www.conceptos básicos sobre la producción de semillas de papa y de sus instituciones](http://www.conceptos basicos sobre la produccion de semillas de papa y de sus instituciones), requiere de los siguientes componentes:

- ***Fuentes de generación y transferencia de tecnología.*** Un programa de producción de semillas se enriquece con los resultados de las investigaciones sobre el cultivo en general llevados a cabo por las instituciones oficiales del estado, institutos, universidades, por estaciones experimentales.
- ***Fuentes de producción de semilla.*** Las variedades que se usan deben estar libres de patógenos y mantenerse in vitro. A partir de material de alta sanidad se producen la categoría inicial denominada semilla prebásica, que es de la más alta sanidad y pureza, a partir de ella se generan otras categorías dentro del proceso de producción.
- ***Empresas o asociaciones productoras comerciales de semilla.*** La multiplicación sucesiva de las categorías siguientes dentro del esquema de certificación la llevan a cabo empresas o agricultores privados agrupados en asociaciones de agricultores.

- **Agencia/Institución para el control de calidad.** En el caso de la producción de tubérculos-semillas, se realiza cumple varias multiplicaciones sucesivas para alcanzar volúmenes grandes con pruebas de control de calidad. En las primeras categorías, y principalmente a nivel de material inicial in vitro y en la producción de semilla prebásica, estas pruebas deben ser hechas con el mayor rigor por la entidad productora de semillas. En las multiplicaciones de campo en el sistema formal, el control de calidad es llevada a cabo por un organismo, público o privado, encargado de dar la certificación respectiva.

1.3. Los nematodos en el cultivo de la papa

Entre los microorganismos que habitan en el suelo, están los nematodos que parasitan plantas con más de 1.400 especies. Los nematodos son organismos microscópicos que viven en el suelo, tienen el cuerpo alargado, cilíndrico o fusiforme, se alimentan de raíces de especies de plantas a las que se han denominado hospedantes (Hooker, 1980).

El cultivo de papa es un excelente hospedante para los nematodos que llegan a más de 68 especies consideradas como la plaga más importante en sectores de clima frío y templado que infectan al cultivo de la papa (Hooker, 1980). Los más comunes en las secciones productoras de papa (sobre los 2500 m.s.n.m.) y en zonas aptas para la producción de semilla de papa (sobre los 2800 m.s.n.m.) son *Nacobbus aberrans* conocido como “Nematodo del rosario de la papa” y *Globodera spp.*, comprendido como “Nematodo quiste de la papa” (Franco *et. al.*, 1993).

1.3.1. Importancia económica de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.* en el cultivo de la papa

El nematodo “Rosario de la papa” (*Nacobbus aberrans*) y el “Quiste de la papa” (*Globodera spp.*), representan los problemas nematológicos más importantes para el cultivo de la papa en la región andina de Latinoamérica especialmente Bolivia y Perú. Ocasionan pérdidas en los rendimientos difíciles de estimar y más aún cuando actúan en forma combinada, la severidad de los daños varían con el grado de infestación del terreno, la población del nematodo, variedad de papa cultivada y las condiciones de medio ambiente (Franco *et. al.*, 1993; Franco, 1994).

En nuestro país el nematodo *N. aberrans* provoca disminución de los rendimientos totales en un porcentaje de 33 a 88%, *Globodera spp.* de 5 a 58%, así como la cosecha de tubérculos grandes, estimándose pérdidas entre 52 y 16 millones de dólares por año en el valor bruto de la producción de papa (Franco *et. al.*, 2004).

Así mismo, la presencia de *N. aberrans*, en campos del sistema formal de producción de semillas, que solamente cubre el 2% de la demanda nacional, ocasiona el descenso de categoría o su total descalificación. El resto de tubérculos-semillas que se utilizan para cubrir la demanda nacional proviene del sistema informal, por lo que es importante determinar el potencial de diseminación de *N. aberrans* en tubérculos-semillas procedentes de las ferias regionales que constituyen una de las principales fuentes de comercialización (Rojas, *et. al.*, 1997).

La normativa para la certificación de semillas establece que la presencia de nematodos en terrenos de producción de semilla de papa del sistema formal, determinará la pérdida de su valor para producir semilla, ya que estas normas instauran una tolerancia de cero a *N. aberrans* y *Globodera spp.*, en la categoría Básica, Registrada y Certificada, y la categoría Fiscalizada se instituye a partir de la descalificación de las categorías anteriores por existencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.* En tanto que la inspección en almacén no posibilita la permanencia

de *G. pallida* y *G. rostochiensis* quedando descalificados los lotes de semilla (Normas de Certificación en Bolivia, 1999).

1.3.2. Origen y distribución de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

La localización geográfica, características de transporte de los lugares de Perú y Bolivia fortalecen la teoría de que el nematodo “Quiste de la papa” *Globodera spp.* es originario de Perú y Bolivia. (Franco *et.al.*, 1993) al igual que *Nacobbus aberrans* (Hooker 1980, Evans y Trudgill 1992, citados por Ramos 1994).

Las primeras especies de *Nacobbus* fueron descritas como *Anguillulina aberrans* Thorne, 1935, extraído de una planta nativa *Atriplex confertifolia* colectada al oeste del Lago Utah (EEUU). Más tarde Thorne y Allen, 1944; proponen el género *Nacobbus* basados en ciertas peculiaridades morfológicas de hembras y machos y la producción de agallas en las raíces de sus hospedantes (Thorne y Allen 1944, citados por Franco *et. al.* 1992).

N. aberrans fue descrito como *N. batatiformis* Thorne y Schuster, 1956, quien lo encontró en plantas de remolacha azucarera (*Beta bulgaris*) en Nebraska, Estados Unidos. En Inglaterra, como *N. serendipiticus* en tomate, en el vivero de Berkshire, descubierto por Franklin, 1959. Lordello *et. al.*, 1961, descubrieron a *N. serendipiticus bolivianus*, en raíces de papa (*Solanum andigenum*) coleccionada en el valle de Cochabamba en Bolivia a 3200 m.s.n.m. Luego Sher, 1970; al no hallar diferencias morfológicas en *N. aberrans*, *N. batatiformis*, *N. serendipiticus* y *N. serendipiticus bolivianus*, los consideró sinónimos de *N. aberrans* (Ramos 1994).

El nematodo *Globodera spp.*, fue reportado por primera vez por Kühn, 1881, en Alemania 40 años después de su introducción (Franco *et.al.*, 1993). En el Continente Americano, en los países de Colombia, Ecuador y Perú se han encontrado solamente *Globodera pallida*, en el sur de Perú se localizan las dos especies. En Argentina y

Chile son conocidas poblaciones de *G. rostochiensis* y *G. pallida*. En Venezuela se han visto únicamente *G. rostochiensis* (Franco *et. al.*, 1993).

N. aberrans está presente en Holanda, Italia, Rusia, India y EEUU de Norteamérica (Hooker, 1980). En América Latina se topa encuentra afectando cultivos de papa en el norte de Chile, en Perú, Bolivia, el noroeste Argentino (Tucumán, Catamarca, Jujuy), Ecuador y México, bajo diversas condiciones ecológicas (Franco 1994).

El nematodo *Globodera spp.*, tropieza en la mayoría de los países de Europa, en Sudamérica, *Globodera pallida* está identificada en Colombia, Ecuador y gran parte del Perú; mientras que *G. rostochiensis* está vigente en Chile, Venezuela, Centro América, México y Estados Unidos. En el sur del Perú, Bolivia y Argentina, las dos especies se encuentran normalmente juntas (Hooker, 1980, Franco *et. al.*, 1993).

En Bolivia predomina *G. rostochiensis* detectándose por primera vez en la Isla del Sol del Lago Titicaca, en zonas del Altiplano Norte y en regiones paperas de la Cordillera del Tunari en Cochabamba (Alandia, y Bell 1955) y *Nacobbus aberrans* en la localidad de Koari en Cochabamba a una altura de 3200 m.s.n.m. (Franco *et. al.*, 1992). Posteriormente en diversas zonas productoras de papa de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Potosí, Chuquisaca, Oruro y Tarija, particularmente en regiones sobre los 3.000 m.s.n.m. (Caero 1985, citado por Iriarte 1995).

En Tarija el año 1991, se determinó la presencia de *Nacobbus aberrans*, en el valle de Iscayachi (Diagnóstico del cultivo de papa, 1993). Cinco años después, se observó que de 83 parcelas de agricultores el 72%, estaban infestadas por este nematodo y se encontró a *Globodera spp.* con una incidencia de 55%, constituyéndose este sector el único potencial como área productora de semilla certificada (Casso, 1995).

1.3.3. Síntomas de parasitismo de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

Los nematodos parásitos de papa, atacan a raíces y tubérculos, las plantas enfermas no evidencian síntomas específicos en la parte aérea, con excepción de un desarrollo

apical pobre, resultado de un sistema radicular asimismo pobre. (Hooker, 1980). Los nematodos dañan a la planta ligeramente, cuando al momento de alimentarse de ella inyectan en la planta una secreción de saliva originando el ennegrecimiento de la zona afectada (Agrios, 1996).

Nacobbus aberrans, provoca síntomas visibles debido a la ocurrencia de ensanchamientos, nódulos o agallas individuales que se producen en las raíces. Su tamaño depende de la densidad de nematodos, tamaño de la raíz, raza, nematodo y tipo de hospedante. Debido a que las agallas se forman a manera de hinchazones a lo largo de la raíz, en Bolivia y Perú es conocido con el nombre de “Rosario de la papa” o “Falso nematodo del nudo de la raíz” (Hooker, 1980; Franco *et. al.*, 1992).

Si bien *N. aberrans* penetra a los tubérculos, éste pasa desapercibido, debido a que se aloja en los primeros dos milímetros de la superficie sin ocasionar síntomas visibles (Hooker, 1980).

En cambio, *Globodera spp.*, no causa síntomas específicos en la parte aérea de la planta, sin embargo los daños causados en raíces hacen que la planta enferma muestre síntomas similares a los originados por deficiencia de agua o elementos minerales. El follaje se torna amarillento y en condiciones de sequía se evidencia una severa marchitez. Las hembras de *Globodera rostochiensis* se desarrollan pasando por una fase amarillo-dorado antes de tomar su coloración castaña de donde proviene el nombre de “Nematodo dorado”. Las hembras de *G. pallida* son de color blanco o crema. Esta secuencia de colores ocurre durante el desarrollo de la hembra hacia la formación del quiste, luego todas las hembras maduras alcanzan un color marrón (Franco *et. al.*, 1994).

1.3.4. Taxonomía de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

Los géneros *Nacobbus* y *Globodera*, según, Sosa-Moss, 1990 y Agrios, 1991; son clasificados de la siguiente manera:

Reino	<i>Animal</i>
Phylum	<i>Nemathelminthes</i>
Clase	<i>Nematoda</i>
Sub clase	<i>Secernentea</i>
Orden	<i>Tylenchida</i>
Sub orden	<i>Tylenchina</i>
Superfamilia	<i>Tylenchoidea</i>

Diferenciándose ambas especies en estudio a partir de la familia, Cuadro N° 1:

**Cuadro N° 1: Clasificación taxonómica de *Nacobbus aberrans* y
Globodera spp. a partir de la familia**

Clasificación	<i>Nacobbus aberrans</i>	<i>Globodera spp.</i>
Familia	<i>Pratylenchoidea</i>	<i>Heteroderidae</i>
Sub familia	<i>Nacobbinae</i>	<i>Heteroderinae</i>
Género	<i>Nacobbus</i>	<i>Globodera</i>
Especie	<i>aberrans</i> (Thorne, 1935) (Thorne y Allen 1944)	<i>rostochiensis</i> (Wollenweber, 1923) Beherens, 1975 <i>pallida</i> (Stone, 1972) Beherens, 1975

Fuente: Sossa-Moss (1990); Agrios (1991), Franco *et. al.*, (1993).

Las características taxonómicas más utilizadas para distinguir las especies *G. rostochiensis* y *G. pallida* se refieren a las medidas en la longitud del cuerpo y del estilete, distancia de la válvula del bulbo medio al poro excretor, las diferencias entre la forma del nódulo del estilete y el número de anillos entre el ano y la fenestra en la hembra o quiste. Cuadro N° 2:

Cuadro N° 2: Principales características de hembras, quistes y segundo estado juvenil, para identificar especies de *Globodera spp.*

Características	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
Hembra:		
Longitud del estilete	22,9 ± 1.2 μ	27,4 ± 1.2 μ
Color	amarillo dorado	blanco o crema
Quiste		
Distancia del ano al borde de la ventana	65.5 ± 10.3 μ	49,9 ± 13.4 μ
Forma de la ventana	circular	oval
Longitud de la ventana	generalmente < 19	generalmente >19
Quistes		
Número de líneas entre ano y la ventana	generalmente > 14	generalmente < 14
Macho		
Longitud de espícula	36 ± 2 μ	40 ± 2 μ
Segundo estado juvenil		
Longitud del cuerpo	468 ± 20 μ	486 ± 23μ
Longitud del estilete	19.3 ± 0.69 μ	21.2 ± 0.68 μ
Longitud de labios	4.73 ± 0.2 μ	5.22 ± 0.4 μ
Forma del nódulo del estilete	dirigido hacia atrás	dirigido hacia adelante
Contorno de la región labial	redondo	angular
Longitud de la cola	43.9 ± 11.6 μ	51.1 ± 2.8 μ
Distancia de la punta de la cabeza al poro excretor	100.5 ± 2.4 μ	108.6 ± 4.1 μ
Distancia de la válvula del bulbo medio al poro excretor	31.0 ± 2.4 μ	36.8 ± 2.8 μ

Fuente: Franco *et. al.*, (1993).

La diferencia más obvia entre ambas especies es la secuencia del color desde el estado de hembra inmadura a la formación del quiste. Las hembras inmaduras de *G. rostochiensis* son blancas y luego se tornan amarillas hasta doradas. En *G. pallida* son blancas, no pasan por la fase dorada, para concluir en la conformación de quiste de color marrón en ambos casos (Franco *et. al.*, 1993, citado por Iriarte 1995).

1.3.5. Morfología y ciclo biológico de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

1.3.5.1. Morfología y ciclo biológico de *Nacobbus aberrans*

La característica más importante de *Nacobbus aberrans* es la presencia de un marcado dimorfismo sexual, las hembras maduras son ensanchadas, monodélficas y sedentarias en las agallas de las raíces de las plantas. Los machos son vermiformes, exteriorizan el ala caudal poco desarrollada envolviendo la cola, poseen una estructura cefálica y estilete bien desarrollados, el bulbo medio con una válvula normal, y las glándulas esofageales que se sobreponen al intestino dorsalmente (Franco *et. al.*, 1992).

Las hembras de *N. aberrans* presentan un número de 10 a 17 ámulos entre la vulva y el ano, la posición de la vulva que es más baja en la hembra joven y porque las hembras maduras sólo tienen huevos en la parte posterior del cuerpo. Los estadios del nematodo *N. aberrans* comprenden un estado de huevo, cuatro estados juveniles y un estado adulto, donde se produce un marcado dimorfismo sexual. Luego de pasar cuatro mudas, la primera ocurre en el huevo (Costilla, 1985, citado por Ramos, 1994).

Según Costilla 1985, mencionado por Franco *et. al.*, 1993 y Ramos 1994, las características de cada estadio son:

Huevos

Son ovales, de 75 micras de longitud. Son colocados por la hembra fuera de su cuerpo en una masa de consistencia gelatinosa. Cada matriz gelatinosa puede tener unos 230 a 372 huevos en contacto con el suelo.

Primer estadio juvenil (J1)

Una semana después de que los huevos son depositados por las hembras sucede la primera división celular formando el primer estado juvenil (J1). Este

crece rápidamente dentro de la cutícula del huevo. Antes de mudar, el J1 se pone menos activo, sobreviniendo la primera muda dentro del huevo y es completada en 3 o 4 días.

Segundo estadio juvenil (J2)

Proviene de la eclosión de los huevos, miden aproximadamente 0,34 mm de longitud, poseen gran movimiento por lo que constituyen el estado infectivo más importante porque penetra y se alimenta de raíces secundarias, estolones, parte subterránea del tallo y tubérculos. Frecuentemente varios J2 atraviesan por la misma perforación a las células que se hallan próximas, observándose hasta 12 estadios juveniles (J2), por punto de perforación. Cuando mueren permanecen estirados (Castillo 1982).

Tercer estadio juvenil (J3)

La segunda muda ocurre dentro de la raíz siete días después de la inoculación (Gonzales, *et. al.*, 1989), o en el suelo. Miden 0,55 mm de longitud y tienen menos movimiento que el J2. Pueden cambiar de ubicación moviéndose alrededor de unas pocas células que las rompe para formar cavidades, causando necrosis en el tejido. Pueden reingresar a las raíces, pero a medida que envejecen tiende a permanecer en estado de quiescencia en forma de "C" o enrollada, quedando en dicha posición cuando muere. El sexo puede ser determinado al final de este estadio, por el desarrollo del tamaño y posición de la gónada.

Cuarto estadio (J4)

La tercera muda sucede generalmente en la raíz a 18 días después de la inoculación (en la corteza) (Gonzales, *et. al.*, 1989), algunas veces en el suelo. Miden 0,65 mm de longitud. Las larvas se mantienen encorbadas en un estado de quiescencia dentro de la corteza de la raíz, hasta los 50 días después de la inoculación, puede dejar las raíces y reingresar a la misma. La muda del J4

ocurre en la corteza y en el suelo. Es el estadio más resistente a las condiciones adversas.

Hembra inmadura

Tiene una longitud de 0,80 mm. Son vermiformes y persisten estiradas cuando están vivas y cuando están muertas. Tienen la vulva desarrollada. Adquieren gran movimiento y se consideran el segundo estado más infectivo. Las hembras vermiformes adultas pueden ser encontradas en el suelo a lo largo de todo el año, pero la máxima población ocurre cerca de la cosecha. Ellas reingresan a las raíces, causando necrosis y ligeros hinchamientos en la raíz 24 horas después de su penetración, establecen su cabeza cerca de los tejidos vasculares.

Los estados juveniles J2, J3 y J4 y hembras inmaduras, pueden invadir los tejidos de las raíces, estolones parte subterránea y tubérculos

Hembra madura

Cuando las hembras vermiformes adultas ubican la parte posterior de su cuerpo en la periferie de la corteza, estas se agrandan como consecuencia del desarrollo de los huevos que llena el oviducto. Miden aproximadamente 1 milímetro de longitud, permanecen sedentarias, estáticas sin cambiar de posición dentro del tejido vegetal. Las hembras maduras con masas de huevos son observadas a los 75 y 38 días después de la inoculación a 20 y 25°C. Los huevos son depositados en una matriz gelatinosa secretada por la hembra dentro de la agalla, para constituir un saco de huevos que se extiende a lo largo de un pequeño canal, posiblemente producido por la hembra al ingresar a la raíz (Ortuño, 2005).

Machos

Son vermiformes de 0,85 mm de longitud, tiene forma de “C” abierta o enrollada. Cuando muda es fácilmente reconocible por el desarrollo de la

bursa, espículas y la cola termina en punta. Se pueden descubrir en raíces, en lenticelas de tubérculos y también libres en el suelo.

La duración del ciclo biológico se completa entre 37 y 48 días en condiciones de laboratorio a 22-25°C de temperatura. Desde que el huevo es depositado hasta la emergencia del segundo estado juvenil (J2) puede transcurrir desde 9 a 10 días a 25°C que es la temperatura óptima y alrededor de 51 días a 15°C. A estas temperatura sólo el 10% de huevos emergen (Franco *et. al.*, 1992).

Los segundos estados juveniles invaden raíces de plantas donde inducen ligeros ensanchamientos (Inserra, 1983). A los 20 y 25°C aparecen los J3 entre 14 y 11 días, los J4 en 22 y 16 días y las hembras inmaduras fueron contempladas en ensanchamientos a los 27 y 23 días después de la inoculación. La verdadera agalla conteniendo hembras jóvenes a los 59 y 30 días y las hembras con masas de huevos fueron evidentes a los 75 días y 38 días después de la inoculación a 20 y 25°C respectivamente (Franco *et. al.*, 1992). Los machos fueron analizados en ensanchamientos después de las hembras inmaduras y establecen su ciclo de vida de huevo a huevo en 48 días a 25 °C. (Inserra, 1983).

1.3.5.2. Morfología y ciclo biológico de *Globodera spp.*

Las características morfológicas de *Globodera spp.*, son descritas por Franco *et. al.*, 1993, de la siguiente manera:

Segundo estado juvenil (J2)

Es semejante a un gusano redondo. Es el estado infectivo de los nematodos del quiste de la papa, consta del canal digestivo, constituido por la boca,

esófago, intestino recto y ano. La cola es conoide, puntiaguda, con una zona hialina que ocupa la mitad terminal. Con fasmidios puntiformes.

Dentro de la boca del J2 es característica la presencia de un estilete, de 30 micras aproximadamente; es una estructura fuerte, tubular y móvil que sirve para perforar la pared celular y absorber el alimento. Por el estilete pasan los alimentos al tubo esofágico, que contiene el bulbo medio, el cual funciona como una estación de bombeo que impulsa el alimento hasta el intestino. Después del bulbo hay tres glándulas del esófago que forman el bulbo terminal. El intestino es un órgano de almacenamiento, lleno de glóbulos de una sustancia grasa, se estrecha para formar el recto y termina en el ano.

Hembra madura

El cuerpo es globoso, esférico con cuello corto y no tiene protuberancia terminal. La cutícula es delgada con un patrón reticular superficial. El área de la vulva es circunfenestrada con tubérculos superficiales cerca de la vulva. No tiene fenestra anal, pero la vulva y el ano están situados juntos en la parte terminal. La hembra adulta engorda, a medida que las gónadas aumentan de tamaño, rompen la corteza y el cuerpo esférico queda con la cabeza y el cuello embebido en la raíz.

La hembra fertilizada inicia la producción de huevos hasta que muere o se convierte en quiste. La cutícula se oscurece y endurece transformándose en quiste, el cual puede contener hasta 500 huevos. No forma matriz gelatinosa. Los quistes permanecen en el suelo después de la cosecha y los huevos pueden mantener su viabilidad dentro del quiste en ausencia del hospedante por más de 20 años.

Machos

Los machos madurados tienen forma de larva, miden un promedio de 1 mm. de longitud. El campo lateral presenta cuatro líneas. La espícula mide 30 micras. Tiene cuerpo curvado. Cola corta y semiesférica (Franco *et. al.*, 1993).

El órgano de reproducción está constituido por un testículo, el órgano copulativo por dos espículas puntiagudas, y cuando abandonan la raíz, se aparean con las hembras que han quedado insertas por medio de la cabeza y cuello, en el tejido radicular (Hooker, 1980).

El ciclo biológico de *Globodera spp.*, se desarrolla entre 6 a 10 semanas. En este tiempo, si no hay competencia por alimento, la población de nematodos se puede multiplicar en proporciones de 1 a 50. En una planta hospedante eficiente, un individuo de *Globodera spp.*, pasa por cinco estadios en su crecimiento antes de ser un adulto. La hembra fertilizada inicia la producción de huevos hasta que muere y se convierte en quiste (Franco, 1986).

El quiste es una estructura esférica de aproximadamente 0.5 mm de diámetro, de color marrón y que protege a los huevos. A esta característica se atribuye su nombre de nematodo quiste de la papa (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). Este estadio se considera la etapa pasiva del ciclo biológico por la capacidad de sobrevivir mucho tiempo dentro del huevo. Los juveniles que no emergen permanecen en el huevo en forma latente, protegidos por el quiste por lo menos 10 años antes de morir (Jones, 1970; citado por Franco *et. al.*, 1993).

Con el estilete, el J2 ocasiona daño mecánico e invade las raíces cerca de la zona de elongación o raíces laterales, perfora las paredes celulares de la corteza e introduce su cuerpo dejando células rotas. Permanece con su cabeza dirigida al cilindro vascular y se alimenta de las células del periciclo, corteza o endodermis. El J2, pincha las células e inyecta saliva de las glándulas esofágicas, disolviendo la pared celular e induciendo el crecimiento de la célula a la conformación del sincito o célula de transferencia.

En el interior de las raíces el nematodo muda su cutícula una segunda vez y se convierte en tercer estadio juvenil (J3). En este periodo despliega el primordio

genital, aún cuando los sexos no se pueden diferenciar. El sexo depende de las condiciones del medio ambiente, reacciones químicas, del hospedante, calidad de alimentos y densidad poblacional (Franco *et. al.*, 1993).

La tercera muda conduce a la constitución del cuarto estadio juvenil (J4) donde se puede reconocer el sexo. Los machos y hembras del J4 perduran en la cutícula del tercer estadio. Finalmente ocurre la cuarta muda y los adultos quedan identificados por su sexo. Los machos emergen de su cuarto estadio tres semanas después de que los J2 han penetrado a las raíces. La cantidad de machos es de 1/40 a 1/100 de lo que son las hembras (Evans y Stone 1977, citados por Franco *et. al.*, 1993).

Los machos adultos son vermiformes, aproximadamente de 1 mm de largo, tienen cola corta y redondeada. Después de salir de la cutícula del tercer estadio sea dentro de la raíz o adheridos a ella no se alimentan, a pesar que aparentemente presentan el aparato digestivo completo. La hembra adulta engorda a medida que las gónadas aumentan de tamaño, rompen la corteza, el cuerpo esférico permanece expuesto con la cabeza y el cuello embebido en la raíz. Las hembras liberan una secreción que atrae a los machos y se realiza la fertilización (Franco *et al.*, 1993).

Luego de la fertilización las hembras producen y retienen desde pocos a 600 huevos. El embrión se desarrolla dentro de ellos hasta que se forma el primer estadio juvenil (J1). Cuando se extrae plantas infectadas del suelo se observa las hembras en forma de perlititas blancas o amarillas. Después de que la hembra muere, la cutícula de su cuerpo cambia químicamente y el color se torna marrón o bronceo. La hembra muerta se convierte en quiste marrón oscuro, duro y esferoide. Así se mantienen los huevos y J1 en estado de dormancia hasta que recibe el estímulo de su hospedante o las condiciones sean favorables para iniciar su actividad.

Las dos especies de *Globodera* sobreviven en situaciones de extrema sequedad y en refrigeración pueden permanecer 15 años y tal vez más (Seinhorst, 1985; citado por Franco *et. al.* 1993).

1.3.6. Diseminación de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

En un terreno el primer foco de infección se manifiesta en una pequeña área circular que luego se agranda hasta afectar toda la superficie. Los nematodos por acción propia pueden moverse de 1 a 2 m/año, sin embargo el movimiento pasivo es más rápido (Hooker, 1980).

N. aberrans puede perfectamente ir adherido a las partículas de tierra en herramientas y aperos de labranza, pero la manera más frecuente de diseminación a grandes distancias es a través del empleo de tubérculos-semillas procedentes de campos infestados.

Para que un campo agrícola libre de *N. aberrans* manifieste contaminación a través de tubérculos infectados, debe transcurrir un tiempo mayor a una campaña agrícola (Franco y Díaz, 1991, citados por Miranda 1996).

El flujo de semilla infectada a través del sistema no formal de comercialización de papa en Bolivia, es la estructura más eficaz de esparcir diversos estados de desarrollo de este nematodo (Rojas *et. al.*, 1997).

Las ferias agrícolas son los medios más eficientes para la diseminación pasiva de nematodos, ya que en ellas se comercializan producciones provenientes de diferentes comunidades, variando el nivel infectivo de los nematodos en los tubérculos, esto depende del nivel de infestación de las parcelas de donde proceden (Rojas *et. al.*, 1997; Llanos, 1999, citados por Ortuño, 2005).

En cambio los quistes de *Globodera spp.*, no tienen movimiento propio, pero pueden ser trasladados por el suelo adherido a los implementos agrícolas, envases, zapatos y patas de los animales favoreciendo la difusión en una misma unidad de producción u otras unidades (Hooker, 1980).

1.3.7. Relación entre la planta de papa y los nematodos

De la diversidad de organismos vivos, hongos, bacterias micoplasmas, nematodos, protozoarios, virus y viroides, sólo unos cuantos miembros de algunos grupos parasitan a las plantas, para que estos microorganismos puedan desarrollarse es necesario que invadan a una planta, se reproduzcan en ella y obtengan sus nutrientes, además de adaptarse a las condiciones en que vive su hospedero (Agrios, 1996).

La interacción hospedante - parásito en nematodos sedentarios como *Nacobbus sp.* y *Globodera spp.* es la formación de células gigantes o síncito, lugar especializado y responsable de suministrar los alimentos necesarios para posibilitar el desarrollo de los diferentes estadios juveniles, hasta la formación de adultos y en el caso de hembras, conducir a la producción de huevos viables en cantidad suficiente. El síncito que se forma en la raíz de la planta de papa, inducida por el nematodo, es la clave del éxito del parasitismo (Franco *et. al.*, 1993).

En el caso de *N. aberrans* el desarrollo del síncito y la formación de nódulos radiculares, se constituye en la respuesta de una combinación compatible entre nematodo y planta de papa (Revista de Agricultura, 1992).

Se constituye el síncito dentro de la agalla en forma de una media luna con células interconectadas de 2 a 3 mm de longitud. La estimulación de la división celular permite que el agallamiento aparezca. La vacuola es reemplazada por citoplasma activo, retículo endoplasmático y numerosos organelos y el núcleo se agranda (Revista de Agricultura, 1992).

Cortes histológicos del síncito y células gigantes, evidencian que después de la invasión del nematodo a las raíces, ocurren numerosos cambios bioquímicos en su metabolismo como consecuencia de su compatibilidad (susceptibilidad) o como resultado de su incompatibilidad (resistencia) durante el proceso de relación hospedante – parásito (Franco *et. al.*, 1993).

1.4. Poblaciones de nematodos en suelos agrícolas

Las poblaciones de nematodos no permanecen estacionarias, aumentan cuando existen raíces de plantas susceptibles para la alimentación y cuando la temperatura y humedad del suelo favorecen su actividad y disminuyen cuando las condiciones no favorecen la reproducción. Las fluctuaciones ocurren no solamente de un año a otro sino también de un mes a otro, especialmente en cultivos anuales (Taylor, 1971)

Las fluctuaciones son los cambios poblacionales (infección) a través del tiempo, es decir desde su alimentación en sus primeros estadios, hasta cuando alcanzan su característica migratoria, al abandonar sus lugares de invasión de los nematodos en la raíz de la planta huésped (Iriarte, 1995).

1.4.1. Incidencia

La incidencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, se determina por mediante prospecciones realizadas en diferentes parcelas por comunidad y se la estima por métodos diversos y/o coincidentes (Ramos, *et. al.*, 1998).

El porcentaje de incidencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, fue calculado a través de una fórmula que consideraba el número de parcelas afectadas sobre el número total de parcelas muestreadas. Otros investigadores, utilizaron escalas que indican la resistencia de la planta a la infección de *N. aberrans* y cada grado de reacción asignado se realiza en base al número de nódulos presentes en raíces de plantas extraídas de campo (Franco *et. al.*, 1999).

Así mismo, el porcentaje de muestras infectadas estima la relación que existe entre muestras de tubérculos con *N. aberrans* y el número de muestras colectadas. Esta relación también es conocida como incidencia en muestras (Rojas *et. al.*, 1997).

1.4.2. Potencial de diseminación

El potencial de diseminación expresa el porcentaje de tubérculos infectados o contaminados por *N. aberrans* en cada uno de los tubérculos colectados, también es conocido como incidencia en tubérculos (Rojas *et. al.*, 1997).

1.4.3. Nivel de infección

Franco, 1999; sostiene que el nivel o grado de infestación de los suelos establecido para *N. aberrans*, esta medido por la presencia de nódulos en las raíces, de acuerdo a una progresión de infestación de suelo que va de 0 a 4 grados, según la proporción empleada por Ramos, *et. al.*, 1998, descrita en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Escala de infestación del suelo por *Nacobbus aberrans* en base al número de nódulos en raíces

Grado de ataque	N° de nódulos/planta	Infestación del suelo
0	0	Libre
1	1 - 10	Ligera
2	11 - 30	Moderada
3	31 - 75	Elevada
4	> 75	Fuerte

Ramos *et. al.*, 1998

1.4.4. Severidad

La severidad es un índice que se encuentra muy relacionado con las pérdidas de rendimientos en el cultivo de papa (Franco *et. al.*, 1999). Es estimada en base al número de nódulos ocasionados por individuos de *N. aberrans* presentes en tubérculos-semillas o muestras colectadas. (Rojas, *et. al.*, 1997).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y descripción de la zona de estudio

El Departamento de Tarija se halla ubicado al sur de Bolivia, limita al norte con el Departamento de Chuquisaca, al sur con la República Argentina, al este con la República del Paraguay y al oeste con los Departamentos de Chuquisaca y Potosí. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 20°50' y 22°50' de latitud sur y los meridianos 62°15' a 65°20' de longitud oeste. Tiene una extensión territorial de 37.623 Km², que representa el 3,4 % del territorio nacional. Políticamente está organizado en 6 provincias, 11 secciones municipales y 202 cantones (Diagnóstico Plan Departamental de Ordenamiento Territorial de Tarija. 2003).

La Provincia Cercado, limita al norte con la Provincia Méndez y al sur con la Provincia Avilés, al este con la Provincia O'Connor y al oeste con la Provincia Méndez. Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas mínima 21° 51' 30" latitud sur, 64° 59' 51" longitud oeste; la máxima 21° 08' 07" latitud Sur y 64° 17'42" de longitud oeste. Con altitudes desde los 1.250 m.s.n.m. en la parte más baja, (Comunidad de Tipas), llegando al piedemonte con altura de 2.100 m.s.n.m y pasando a elevaciones más altas de 4.300 m.s.n.m., como la montaña de la Reserva Biológica de Sama. Tiene una superficie total de 2.638 Km² (Diagnóstico Integral Municipio de Cercado, 2007).

El Municipio de Cercado (Sección Única de La Provincia Cercado) está conformada por el área urbana de la Ciudad de Tarija que es capital del Municipio, con 75 comunidades rurales, constituidas en 8 distritos: Lazareto, Tolomosa, San Mateo, Santa Ana, Yesera, San Agustín, Junacas, Alto España y la novena con Tarija; perteneciendo a los distritos 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 respectivamente. Los distritos 1 hasta el 13 se encuentran dentro del área urbana (Diagnostico Integral Municipio de Cercado, 2007).

El presente trabajo se localizó específicamente en la Zona del Mercado Campesino, que está ubicado en la parte norte de la ciudad de Tarija, precisamente en el Barrio Defensores del Chaco, comúnmente conocida por la población tarijeña como el “Mercado Campesino”.

En este lugar están presentes dos entidades comercializadoras la primera es la Central Regional de Cooperativas Agropecuarias del Valle de Tarija – CERCAT Ltda. Está categorizada en el segundo nivel en la Central de Cooperativas, con vigencia formal desde el año 1974, cuenta con Personería Jurídica N° 00010. Ocupa una superficie de dos hectáreas y agrupa a 13 cooperativas de 6 municipios del Valle Tarijeño (Com. pers. Ing. J.L. Jerez, Pdte. CERCART Ltda. 2012).

La segunda es el Concejo Regional de Abastecimiento y Mercadeo Agropecuario – CRAMA, que funciona desde hace 24 años atrás. El Crama es una entidad descentralizada de la Prefectura del Departamento de Tarija, con autonomía de gestión, y fiscalizado por el directorio de la Federación Sindical Única de Comunidades Campesinas de Tarija – FSUCCT. Está situado sobre una superficie aproximada de 1 hectárea. (Com. pers. R. Nava, Concejo Regional de Abastecimiento Mercadeo Agropecuario – CRAMA. 2012).

El “Mercado Campesino” es el principal centro de abastecimiento donde se comercializa una variedad de productos agrícolas y pecuarios, aditamentos para agricultura y otros productos para alimento de la población. Entre los insumos agrícolas que se comercializan se tiene los tubérculos semillas de papa producidos de acuerdo a criterios de los productores del sistema informal, sin el seguimiento ni supervisión de entidades designadas de acuerdo a normativas vigentes para la producción de semilla certificada.

2.2. Localización y descripción de las zonas de procedencia del material objeto de estudio

2.2.1. Zona de Iscayachi

La zona de Iscayachi, situada entre los paralelos 21°29' de latitud sur y 64°59' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altura promedio de 3.438,05 msnm y una distancia de 50 km. de la ciudad de Tarija. El Cantón Iscayachi comprende 19 comunidades, pertenece al Municipio el Puente, Segunda Sección de la Provincia Méndez del Departamento de Tarija (Plan Desarrollo Municipal. Municipio El Puente 2007-2011).

Esta región está compuesta por tres tipos de clima, 65% del área clasificada como frío y seco, 25% como templado seco y 10% como templado húmedo. Geográficamente, corresponde a un valle alto con suelos típicos de montaña, topografía escarpada, formada por suelos de origen aluvial (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, Regional Tarija, 2010).

Los agricultores clasifican los ambientes en dos partes: La pampa o zona baja y seca y la falda una demarcación alta, pendiente y más húmeda donde se encuentran sectores de falda propiamente dicha y de altura o rinconada con temperaturas frías donde es renovada la mayor cantidad del tubérculo semilla.

2.2.2. Zona de La Huerta

La Huerta, es un Cantón del Municipio de Padcaya, Primera Sección de la Provincia Arce, del Departamento de Tarija. Situada a una altura de 2.500 m.s.n.m.. Presenta clima templado húmedo. Suelos de origen aluvial, corresponde a zona sub andina. Tiene una importante área de producción de los cultivos tradicionales: papa, maíz, haba, cebada, trigo y hortalizas. Presenta limitantes climáticas como granizo, heladas tempranas y

tardías y sequía, existe un buen potencial para su intensificación, diversificación y especialización. Predomina el uso agro-silvopastoril de ovinos, caprinos y vacunos. Las variedades de papa que se cultiva son Desireé, Revolucionaria, Runa Iscayachi.

2.2.3. Zona de Incahuasi

Incahuasi constituye la Tercera Sección Municipal de la Provincia Nor Cinti del Departamento de Chuquisaca. Se encuentra a 20°46'00" de latitud sud y 64°52'00" de longitud oeste. La altura sobre el nivel del mar alcanza un promedio de 2.980 m.s.n.m. Está situada en la faja subandina formada por una llanura homogénea, con clima templado a frío. Se localiza a 426 kilómetros de la ciudad de Sucre.

Incahuasi es un municipio eminentemente agrícola; la producción es altamente mecanizada, los principales cultivos de la zona son papa, leguminosas, trigo y maíz, también cítricos y ají entre otros. En su territorio predominan superficies planas. Su disponibilidad de agua para riego deriva del río Incahuasi.

Su producción agrícola está destinada casi en su totalidad al consumo doméstico y los excedentes son comercializados en mercados de Sucre, Potosí y Santa Cruz de la Sierra. Incahuasi tiene una población muy dispersa, cercana a los 24.000 habitantes. En esta región se produce papa de las variedades Desireé, Revolución, Waycha, Runa Iscayachi y Sani Imilla, para consumo y también para semilla.

2.2.4. Zona de Villazón

Villazón es un municipio que se encuentra al sur de Bolivia. Está ubicado en la Provincia Modesto Omiste del Departamento de Potosí. Se encuentra a una altura de 3.400 m.s.n.m. Su temperatura es de montaña, con un promedio de 20 °Cs en estación climatológica de verano y cero grados centígrados en época de invierno.

El clima es templado entre los meses de septiembre a marzo y frío a partir de junio hasta finales de agosto. Es relativamente más calurosa que el resto del departamento por encontrarse a menor altura. Presenta pocas precipitaciones al año. Esta zona productora comprende un área de valle alto donde se desarrolla el cultivo de papa principalmente, con variedades principales como la Desireé, Revolución, Imilla Negra, Waycha.

2.3. Materiales utilizados en el estudio

2.3.1. Material Vegetal

El material vegetal utilizado en la presente investigación fueron tubérculos semillas de papa producidos en el sistema informal comercializados en el Mercado Campesino y pertenecientes a cuatro variedades: Desireé, Revolución, Runa Iscayachi y Sani Imilla.

2.3.1.1. Variedad Desireé

Esta variedad es procedente de Holanda. Es de maduración semitardía, con ciclo vegetativo de 3 a 4 meses. El follaje es de rápido desarrollo y cubre bien el terreno. Presenta tallos numerosos y bastante gruesos. Sus hojas son rígidas pequeñas de color verde grisáceo oscuro con foliolos primarios muy pequeños y ovalados con nervios profundos. Los tubérculos tienen forma ovalada, de carne amarilla clara, ojos superficiales, piel lisa y coloración rosada. Es resistente a la sequía y medianamente sensible a *Phytophthora infestans* de la hoja y poco sensible a la del tubérculo. Bastante sensible al virus del enrollamiento e inmune a la verruga *Synchytrium endobioticum*. Susceptible a la invasión de *Nacobbus aberrans*.

2.3.1.2. Variedad Revolución

Esta variedad se adapta bien a zonas con alturas de 1.000 a 3.500 msnm. Ciclo vegetativo semiprecoz de 120 a 130 días. Tiene follaje mediano, con flores de color morado claro. Los tubérculos son de forma oblonga redondeada, piel amarillenta con jaspes rosados en los ojos. De ojos superficiales bien distribuidos.

Es susceptible a los virus, susceptible al ataque de tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Susceptible a *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

2.3.1.3. Variedad Sani Imilla

Pertenece a la subespecie andígena. Se adapta muy bien a condiciones de clima frío templado, correspondiendo a zonas de altura. Su ciclo vegetativo es tardío de 120 a 150 días. La planta tiene porte erecto con flores azules con bandas moradas en el envés. Los tubérculos tienen forma redonda, con ojos profundos, piel de color marrón con puntos morados dispersos en toda la superficie del tubérculo, la pulpa es de color crema. Es susceptible a la verruga (*Synchytrium endobioticum*) al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y susceptible a la invasión de *Nacobbus aberrans*.

2.3.1.4. Variedad Runa Iscayachi

Este cultivar también es conocido con los nombres de Runa Clon y Runa Toralapa. Cultivar mejorado obtenido en el Centro Internacional de la Papa (CIP), con progenitores de las subespecies andígena y tuberosa. Tiene amplia gama de adaptación desde los 1.200 a 3.500 m.s.n.m. El ciclo vegetativo es tardío (150 a 180 días). Su follaje es grande, de porte erecto con flores azul morado. El tubérculo es de forma oblonga a redonda con ojos medianamente profundos, de piel crema con jaspes

morados y pulpa blanca. Resistente al tizón tardío. Susceptible al virus PLRV. Susceptible a *Nacobbus aberrans*.

2.3.2. Material para extracción de muestras de tubérculos y suelo

2.3.2.1. Material de campo

- Sobres manila
- Bolsas de plástico tipo red.
- Marcador indeleble
- Lápiz negro
- Etiquetas
- Cajas de cartón

2.3.2.2. Material de registro

- Cuaderno
- Lápiz negro
- Lápiz negro
- Marcador indeleble
- Cinta masquin
- Cámara fotográfica

2.3.2.3. Material y herramientas para extracción de suelo

- Pala

- Bolsas de nylon
- Caja de plástico

2.3.3. Material y equipo de laboratorio

El material y equipos utilizados para el procesamiento de tubérculos y la aplicación de las diferentes metodologías nematológicas en laboratorio fueron los siguientes:

2.3.3.1. Material para procesado de muestras vegetales

- Tubérculos semilla del sistema informal
- Licuadora de tres velocidades
- Batería de tamices de 100 y 400 mesh.
- Centrífuga
- Tubos de centrífuga
- Balanza electrónica (1% precisión)
- Solución jabonosa
- Solución azucarada 50%
- Frascos de plástico de 50 c.c. de capacidad
- Cuchillo
- Temporizador
- Bandejas de plástico de 1.500 c.c. de capacidad

2.3.3.2. Equipos para esterilización de suelo

- Autoclave
- Frascos de vidrio

2.3.3.3. Material para instalación de bioensayos

- Tubérculos semilla del sistema informal
- Suelo esterilizado
- Balanza
- Bolsas transparentes de plástico (10 cm de ancho x 20 cm de largo)
- Pala pequeña
- Marcador
- Engrampadora
- Caja de cartón
- Periódico

2.3.3.4. Equipo y material para detección y observación de nematodos

- Microscopio
- Estereoscopio
- Placas petri
- Vidrio de reloj
- Solución con nematodos

2.4. Metodología

2.4.1. Metodología estadística

La metodología estadística adoptada en el presente trabajo, se ha basado en la estadística inferencial, referida al estudio descriptivo de muestras sobre un subconjunto de la población llamado muestra.

Definiendo población al conjunto de individuos, entidades u objetos del cual se quiere saber algo que nos interesa para tomar una decisión acertada, mientras que la muestra es toda parte representativa de la población, cuyas características debe reproducir en pequeño lo más exactamente posible (Sierra Bravo, 1991).

Para el presente estudio se ha considerado variables cualitativas y variables cuantitativas, estadísticos muestrales como la media, desviación típica, relación porcentual para la formulación de conclusiones.

Se emplearon tablas de distribución de frecuencias para determinar proporción de muestras infectadas, porcentaje de tubérculos infectados y número de nódulos por muestra y tubérculo.

2.4.2. Metodología para toma de muestras de tubérculos

La población de comercializadores de papa en la zona del Mercado Campesino para el presente estudio se ha estimado en un número de 85, quienes se hallan repartidos en diversos sectores específicos de las cooperativas que administran este mercado.

Para la obtención de la muestra se aplicó un muestreo aleatorio, considerando a comercializadores y/o productores de tubérculos semillas provenientes de diferentes sectores como asimismo la variedad de los tubérculos semillas de papa. Cada una, estuvo conformada por un número de 20 tubérculos de tamaño uniforme, e identificada mediante la utilización de tarjetas con la siguiente información: Nombre del vendedor, lugar de procedencia del producto, fecha del muestreo.

Se recolectó un número de 38 muestras de tubérculos semillas de papa, correspondiente a 17 comercializadores, Anexo N° 1. Las muestras extraídas pertenecen a las variedades Desireé, Revolución, Sani Imilla y Runa Iscayachi procedentes de 4 zonas productoras Iscayachi, La Huerta, Incahuasi y Villazón, registradas en el Cuadro N° 4.

En ambas fases se aplicaron metodologías nematológicas para la extracción de nematodos de tejidos vegetales y suelo, propuestas en el Manual Técnico de Nematología - PROINPA 1993.

Cuadro N° 4: Número total de muestras colectadas en zona del Mercado Campesino, por zona y variedad. 2011

Zonas productoras	N° de muestras por zona	Variedades	N° de muestras por variedad
Iscayachi	11	Desireé	3
		Revolución	2
		Sani Imilla	3
		Runa Iscayachi	3
La Huerta	4	Desireé	4
Incahuasi	14	Desireé	5
		Revolución	3
		Sani Imilla	3
		Runa Iscayachi	3
Villazón	9	Desireé	5
		Revolución	3
		Sani Imilla	1
Total	38		38

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Metodología aplicada en laboratorio

El trabajo en laboratorio se cumplió en dos fases, en la primera se determinó la presencia o ausencia (incidencia) de nematodos en sus diferentes estadios y la invasión de nematodos a tubérculos. En la segunda fase se determinó el potencial de diseminación de nematodos mediante la prueba del bioensayo en bolsa cerrada con suelo esterilizado. En ambas fases se aplicaron metodologías para la extracción de

nematodos de tejidos vegetales y suelo propuestas en el Manual Técnico de Nematología - PROINPA 1993.

2.4.3.1. Metodología para extracción de nematodos en tubérculos de papa

2.4.3.1.1. Método de la licuadora más tamizado (Taylor 1973)

Para la extracción de nematodos de las muestras de tubérculos se empleó el método de la licuadora más tamizado (Taylor 1973). Este es un método alternativo y sencillo, de fácil aplicación y económico, no requiere de equipo complejo de laboratorio ni el uso de reactivos químicos. Es una técnica mecánica con el cual se puede extraer los nematodos en sus distintos estados vermiformes, para su observación e identificación en el microscopio.

El **procedimiento** se describe a continuación:

De cada una de las muestras se tomó cinco tubérculos los cuáles fueron lavados con bastante agua, se extrajeron las cáscaras de un grosor de 2 milímetros en una cantidad de 50 gramos, y se picaron en trozos de 0.5 centímetro aproximadamente.

Se colocaron las cáscaras en una licuadora de uso casero agregando 250 ml de agua. Se licuó por tiempo de 45 segundos a máxima velocidad.

Esta solución se recibió en una batería de tamices 100 y 400 mesh. El segundo tamiz, se lavó con abundante agua, porque es el que retiene los distintos estados juveniles de los nematodos.

Luego de lavados los diferentes estados juveniles, se recuperaron en frascos de plástico de 50 c.c. de capacidad, para la posterior observación e identificación en microscopio.

Algunas mezclas que presentaron dificultades para la visualización de nematodos, debido a partículas de raíces y al gran número de gránulos de almidón, fueron sometidas al método de flotación y centrifugación en azúcar.



Figura N° 2: Extracción de cáscaras de tubérculos-semillas de papa del sistema informal, colectados en zona del Mercado Campesino. 2011

2.4.3.1.2. Método de flotación y centrifugación en azúcar (Caveness, F.E. y Jensen, H.J. 1995)

Este método está basado en principio físico que es la flotación de los diferentes estados juveniles de nematodos en una solución de azúcar, por la diferencia de densidades (peso) en relación a las partículas de suelo y otros cuerpos como gránulos de almidón.

El **procedimiento** se describe a continuación:

La solución obtenida con el método de la licuadora, se hizo pasar por el tamiz de 400 mesh y el contenido se recibió en tubos de centrifuga de 15 ml de capacidad.

Los tubos, se enrasaron con agua para ser sometidos a una centrifugadora por el tiempo de 5 minutos a 3000 r.p.m. (revoluciones por minuto). Transcurrido este tiempo se procedió a eliminar el sobrenadante con cuidado de no eliminar el suelo que se encontraba en el fondo del tubo.

Al precipitado del tubo, se agregó una solución azucarada (50% de concentración) hasta la mitad de su volumen, se agitó fuertemente y se enrasó con la misma solución.



Figura N° 3: Recuperación y lavado de sobrenadante con nematodos en Tamíz N° 400. 2011

Nuevamente, se sometió a la centrifuga por el espacio de un minuto, se vertió rápidamente el sobrenadante en el tamiz N° 400 para ser lavado con abundante agua, y recuperar los distintos estados juveniles de nematodos existentes en el suelo.

El líquido con los estados juveniles fueron concentrados en frascos de plástico, para ser almacenados hasta el momento de realizar las lecturas respectivas con microscopio.

2.4.3.2. Esterilización del suelo

La esterilización de suelo fue un procedimiento aplicado en muestras de suelo, las cuáles fueron extraídas de una parcela ubicada en la comunidad de Torrecillas del Valle Central de Tarija. El suelo en una cantidad de 16 kilos fue homogeneizado y colocado en frascos de vidrio para su esterilización mediante autoclave automática.

Este proceso se realizó a una temperatura de 120°C, presión de 1,8 bares, por un tiempo de 20 minutos (técnica recomendada por el Ing. V.E. Zenteno, 2011). Se esperó a que el suelo enfriara para su posterior manipuleo.

2.4.3.3. Prueba del bioensayo

El bioensayo es una técnica importante para diagnosticar la presencia o ausencia de nematodos en muestras de suelo de un campo donde se implementará un cultivo de papa (Manual Técnico de Nematología - PROINPA 1993).

En el presente estudio, la prueba del bioensayo en bolsa cerrada fue empleada para determinar si los tubérculos semillas de papa se constituyen en una fuente de propagación de nematodos. Para ello se ha utilizado como inóculo los tubérculos semillas de papa de las muestras colectadas en la Zona del Mercado Campesino y el suelo desinfectado.

En fecha 30 de agosto de 2011, se instalaron 38 bioensayos, uno para cada muestra colectada.

El **procedimiento** es el siguiente:

Instalar el bioensayo colocando 200 gramos de suelo en bolsitas de plástico transparentes de 10x20 cm de tamaño donde se sembró un tubérculo semilla objeto de estudio, se agregó 50 ml de agua y el resto del suelo hasta completar los 400 gramos de peso, se agregó agua la cantidad necesaria para proporcionar una humedad de campo necesaria.



Figura N° 4: Instalación de bioensayo con suelo esterilizado (A). Sistema radicular de bioensayo, 45 días después de la siembra (B). 2011

El sellado del bioensayo se efectuó haciendo un dobléz en el extremo superior de la bolsita asegurando con un trozo de cinta masquin e identificación. Este procedimiento se aplicó para cada una de las muestras obtenidas. Para la incubación de los bioensayos, se empleó una caja de cartón revestida con periódico, donde se depositaron los bioensayos. El tiempo de incubación fue de 45 días

El procesamiento del suelo mediante el **método de flotación**, cuyo procedimiento se describe:

La muestra de suelo previamente homogeneizada es depositada dentro de un recipiente de dos litros de capacidad. Se agrega agua de grifo y con ayuda de una varilla de madera se agita por el tiempo de 3 minutos, hasta disolver las porciones de tierra facilitando la separación de los nematodos.

Esta mezcla se deja reposar por el tiempo de 30 minutos con la finalidad de que las fracciones más grandes del suelo sedimenten. Pasar la solución por un juego de tamices de 100 y 400 mesh, y lavar el segundo tamiz con bastante agua y el contenido de este tamiz se recibe en frascos de plástico de 50cc de capacidad, para su observación en microscopio.

2.5. Detección e identificación de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*

La detección e identificación de nematodos se efectuó tomando la solución obtenida por los métodos nematológicos y con microscopio se realizó la observación morfológica de las especies objeto de estudio

2.6. Parámetros nematológicos evaluados

- Porcentaje de muestras de tubérculos infectadas por nematodos.
- Porcentaje de muestras infectadas de *N. aberrans* y *Globodera spp.* de acuerdo a las zonas de producción y variedades.
- Invasión de *N. aberrans* y *Globodera spp.* a tubérculos.
- Potencial de diseminación de *N. aberrans.*, mediante prueba del bioensayo
- Nivel de infección y grado de severidad de *N. aberrans.*
- Identificación de géneros de nematodos en muestras de tubérculos.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

La información obtenida sobre la existencia de nematodos *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp*, en tubérculos semillas de papa producidos en el sistema informal, se analiza considerando dos fases.

En la primera etapa se ha precisado la incidencia de nematodos en sus diferentes estadios en tubérculos y el nivel de invasión de nematodos en muestras de tubérculos. El registro de los valores originales se halla en Anexo N° 2. La segunda etapa comprende la determinación del potencial de diseminación de nematodos a través de tubérculos semillas mediante la aplicación del bioensayo en bolsa cerrada con suelo esterilizado. Los valores inspeccionados se indican en Anexo N° 3.

El estudio de comparación de esta investigación, ha distinguido variables cualitativas ordenadas en tablas de distribución de frecuencias y variables cuantitativas que fueron valuadas mediante el programa estadístico SPSS versión 15 en español. Se determinaron los parámetros estadísticos como la media, desviación típica, el coeficiente de variación, para el análisis de varianza (ANDEVA) se transformaron los datos originales mediante la fórmula $(x + 1)$.

3.1. Número de muestras de tubérculos semillas producidos en el sistema informal

De un total de 38 muestras de tubérculos ordenados en la tabla de distribución de frecuencias, se puede apreciar que el mayor porcentaje de muestras corresponde a la zona de Incahuasi con el 37%, le sigue Iscayachi con 29%, luego Villazón con el 24% y por último la Zona de la Huerta con el 11% (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5: Distribución de frecuencias de muestras de tubérculos producidos en el sistema informal, colectadas en el Mercado Campesino, por zona productora. 2011

Zonas productoras	Número de muestras	Frecuencia (%)
Iscaiyachi	11	29%
La Huerta	4	11%
Incahuasi	14	37%
Villazón	9	24%
Total de muestras	38	100%

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las pruebas por variedad, el 45% de pruebas que corresponden a la variedad Desireé, con porcentajes menores le sigue la variedad Revolución, Sani Imilla y Runa Iscaiyachi con frecuencias del 21%, 18% y 16% respectivamente. (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 6: Distribución de frecuencias de muestras de tubérculos, colectadas en el Mercado Campesino, según variedades. 2011

Variedad	Número de muestras	Frecuencia %
Desireé	17	45%
Revolución	8	21%
Sani Imilla	7	18%
Runa Iscaiyachi	6	16%
Total	38	100%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos observados, se evidencia que del 100% de material recolectado el 40 es vegetal es producido en zonas productoras del Departamento de Tarija y un 60% del material muestreado es introducido de dos departamentos vecinos como es Chuquisaca y Potosí, donde pertenecen las zonas de Incahuasi y Villazón respectivamente. Asimismo, que en el sector del Mercado Campesino existe un fácil acceso al mercado tarijeño y fundamentalmente a la demanda existente de semilla de papa para cumplir la siembra temprana o siembra “mishka” en el Valle Central y sección Sub Andina del Departamento de Tarija.

Se puede anotar que la variedad Desireé es la que tiene gran permanencia en el mercado para la siembra temprana practicada por los trabajadores agrícolas del Valle Central, debido principalmente a su corto ciclo vegetativo es producida en diferentes áreas productoras del territorio tarijeño, como también de otros cantones vecinos.

3.2. Incidencia de nematodos *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*, en muestras de tubérculos

La determinación del porcentaje de incidencia de nematodos se ha desarrollado tomando en cuenta aspectos cualitativos como la existencia de nematodos en las soluciones resultado del procesamiento de cáscaras de tubérculos mediante el método de la licuadora.

Estadísticamente se observa que en el total de 38 muestras, existe una frecuencia de 30 pruebas infectadas y 8 evidencias libres de la presencia de nematodos indistintamente estos sean de las especies *Nacobbus aberrans* y/o *Globodera spp.* (Cuadro N° 7).

En términos porcentuales se infiere que del 100% de muestras colectadas, el 79% corresponde a muestras infectadas y el 21 % de muestras libres o con ausencia de nematodos *Nacobbus aberrans* y/o *Globodera spp.* (Cuadro N° 7).

Cuadro N° 7: Incidencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.* en muestras de tubérculos, colectadas en zona del Mercado Campesino. 2011

Detalle	Número de muestras	<i>N. aberrans</i> y <i>Globodera spp.</i>
Muestras infectadas (+)	30	79%
Muestras libres (-)	8	21%
Total	38	100%

(+) = presencia de nematodos

(-) = ausencia de nematodos

Estos valores señalan un 79% de incidencia de nematodos *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*, es decir que estas especies estarían infectando al 79% de muestras acopiadas en la zona del Mercado Campesino. Valores ilustrados en la Figura N° 5:

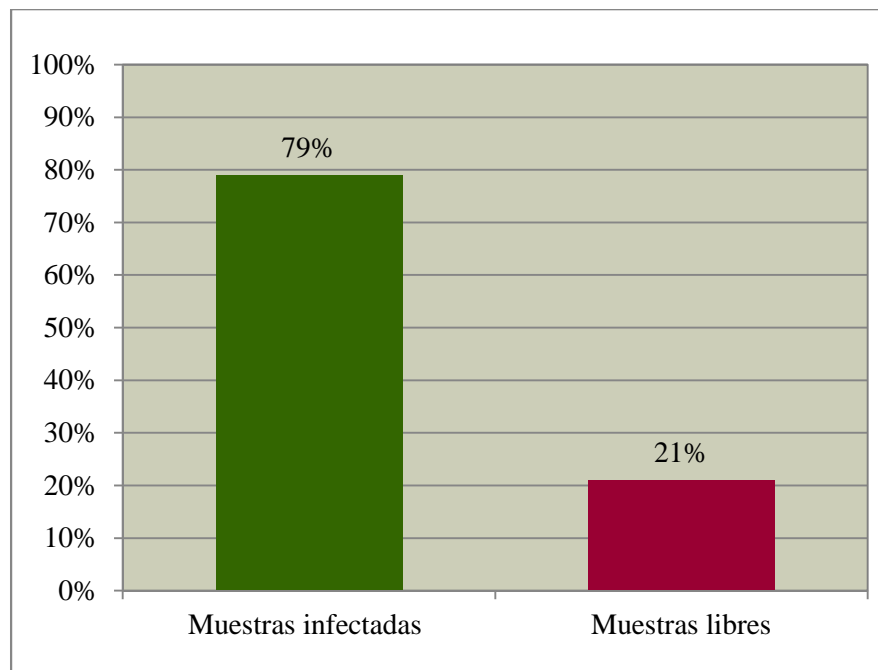


Figura N° 5: Porcentaje de muestras infectadas por nematodos (*N. aberrans* y *Globodera spp.*) en tubérculos colectados en el Mercado Campesino. 2011

Situación que permite deducir que los nematodos penetran en los tubérculos de papa pasando de manera desapercibida ya que no forman síntomas visible en la superficie del tubérculo, conforme lo señalado por Hooker, 1980. Además que los nematodos pueden ser transportados en diversos estados larvales, en relación al estado de infestación que poseen los suelos de donde provienen los tubérculos-semillas.

3.2.1 Incidencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, de acuerdo a las zonas productoras

Ordenadas las muestras en el cuadro de distribución de frecuencias, se observa que de un total de 38 muestras de tubérculos colectadas, 30 se encuentran infectadas por nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*, 11 muestras son procedentes de la zona de Iscayachi, 10 muestras provenientes de Incahuasi, 7 muestras de Villazón y 2 pertenecen a la región de La Huerta (Cuadro N° 8).

Verificando los datos del cuadro anterior, el máximo porcentaje de incidencia fue determinado en muestras de tubérculos provenientes de la Zona de Iscayachi con el 100%, el porcentaje más bajo en muestras de la Zona de La Huerta con el 50%, mientras que en muestras de las Zonas de Incahuasi y Villazón tienen porcentajes de 71% y 78% respectivamente. El promedio de incidencia entre zonas productoras alcanza el 79% (Cuadro N° 8).

Los valores porcentuales de incidencia de nematodos así como la relación de porcentajes libres de infección son representados en la Figura N° 6, donde se destaca que las muestras procedentes de la Zona de Iscayachi que alcanzaron el 100% de incidencia de nematodos, esta situación estaría demostrando que en la actualidad se mantiene una infestación generalizada de los suelos de esta zona, resultado un mayor valor de incidencia que los efectos en anteriores estudios, cuando de 83 parcelas observadas se obtuvo un promedio de 64% de parcelas infestadas por *N. aberrans* y *Globodera spp.* (Montalvo, 1995).

Cuadro N° 8: Incidencia de nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.* en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, según zona productora. 2011

Zona productora	Número de muestras	Muestras infectadas	Muestras libres	% de incidencia de nematodos
Iscayachi	11	11	0	100 %
La Huerta	4	2	2	50 %
Incahuasi	14	10	4	71 %
Villazón	9	7	2	78 %
Total	38	30	8	79 %

Fuente: Elaboración propia

Las zonas de Incahuasi y Villazón también presentaron un elevado porcentaje de incidencia, un promedio de 74%, ello manifiesta que en los suelos de estas zonas también estarían infestados por nematodos y la zona de la Huerta con el 50 % de incidencia.

3.2.2 Incidencia de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, según variedades

Los valores obtenidos, señalan un total de 38 muestras colectadas, 30 se encuentran infectadas por nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*, donde la variedad Desireé presenta 13 muestras plagadas, la variedad Revolución 8 muestras infectadas, Sani Imilla con 5 y la variedad Runa Iscayachi una frecuencia de 4 muestras infectar (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 9: Incidencia de nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*
en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino,
según variedades. 2011**

Variedad	Número de muestras	Muestras infectadas	Muestras libres	% de incidencia de nematodos
Desireé	17	13	4	76%
Revolución	8	8	0	100%
Sani Imilla	7	5	2	71%
Runa Iscayachi	6	4	2	67%
Total	38	30	8	79%

Fuente: Elaboración propia

Separando los valores porcentuales de incidencia según variedades, estos expresan el 100% de incidencia de nematodos para muestras correspondientes a la variedad Revolución, mientras que las variedades Desireé, Sani Imilla y Runa Iscayachi presentan cantidades de incidencia de nematodos similares (76%, 71% y 67% respectivamente), ilustrados en la Figura N° 7.

Estas proporciones de incidencia de nematodos, permiten señalar que las cuatro variedades estudiadas: Desireé, Revolución, Sani Imilla y Runa Iscayachi tienen la capacidad de diseminar a los nematodos *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*, situación que tiene relación con el carácter de susceptibilidad al ataque de nematodos de las variedades estudiadas.

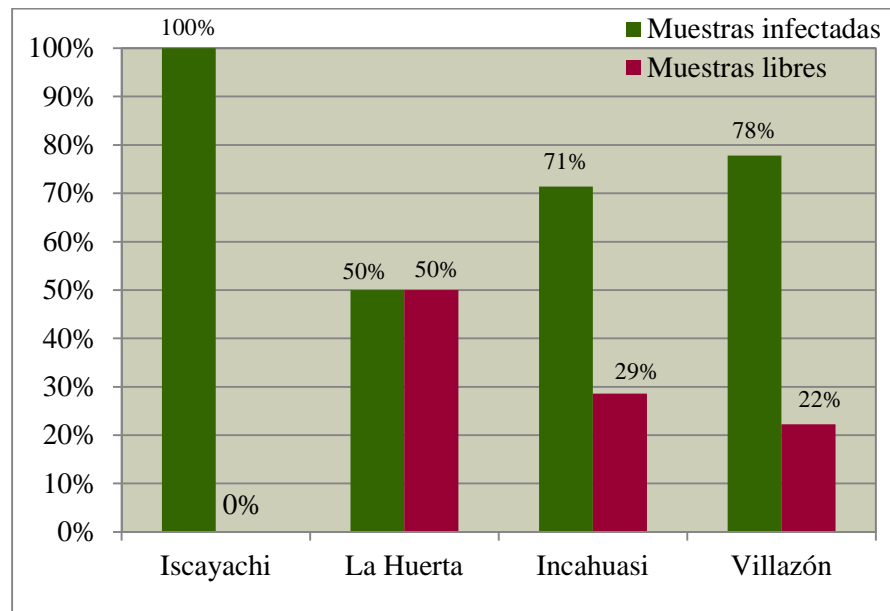


Figura N° 6: Porcentaje de incidencia de nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*, en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, de acuerdo a zonas productoras. 2011

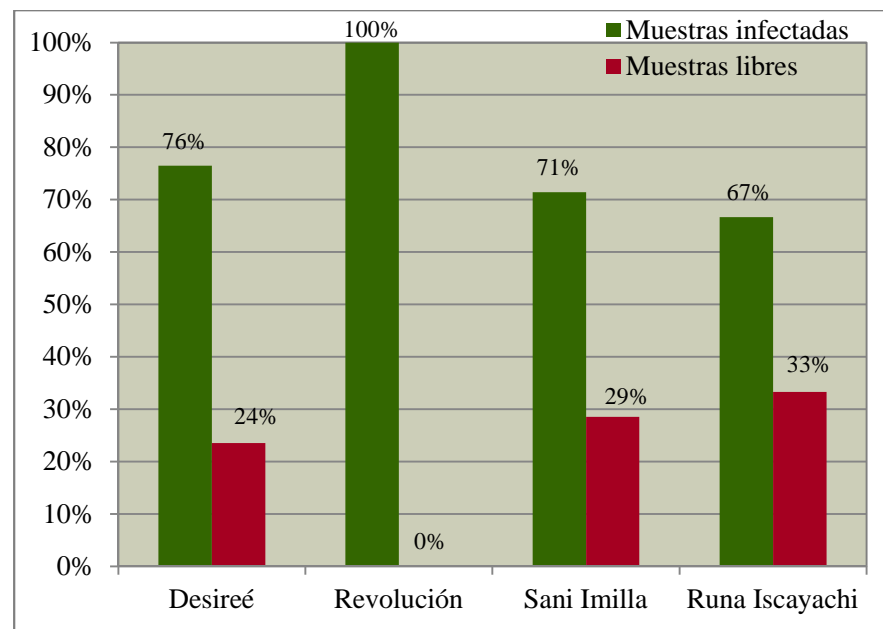


Figura N° 7: Porcentaje de incidencia de nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*, en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, según variedades. 2011

3.2.3 Incidencia de *Nacobbus aberrans* en muestras de tubérculos, según zona productora

Analizando la información obtenida, se puede indicar que de un total de 38 muestras de tubérculos colectadas, 28 muestras de tubérculos se hallan infectadas por el “rosario de la papa”. De las ellas, 11 corresponden a la Zona de Iscayachi, 10 muestras pertenecen a zona de Incahuasi, 5 muestras a la zona de Villazón y dos muestras infectadas de la zona de la Huerta. El detalle se observa en el Cuadro N° 10.

Cuadro N° 10: Incidencia de *Nacobbus aberrans*, en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, según zona productora. 2011

Zona productora	Número de muestras	Muestras infectadas	Muestras libres	% de incidencia de <i>N. aberrans</i>
Iscayachi	11	11	0	100 %
La Huerta	4	2	2	50 %
Incahuasi	14	10	4	71 %
Villazón	9	5	4	56 %
Total	38	28	10	74 %

Fuente: Elaboración propia

Asimismo en el cuadro anterior, puede observarse valores de 100 % de incidencia de *N. aberrans* para muestras pertenecientes a la zona de Iscayachi. Esta cifra posibilita deducir que actualmente se tiene una incidencia generalizada del nematodo “rosario de la papa” en las parcelas productoras de papa fundamentalmente de esta zona. Además, que este porcentaje de incidencia estaría incrementado en relación al porcentaje de incidencia del 72%, determinado en un estudio anterior (Montalvo, 1992) e inclusive mayor que el 84% de incidencia, determinado por Casso, 1995.

También es importante el valor de incidencia del 71% para las muestras procedentes de la zona de Incahuasi, como también el 56% y 50% de infección para los tubérculos semillas de Villazón y de La Huerta respectivamente. (Figura N° 8).

Estas cifras proporcionan información sobre la capacidad que posee el nematodo *N. aberrans* para desarrollarse en el interior de tubérculos que posteriormente servirán como medios de diseminación de estados juveniles, principalmente de aquellos tubérculos procedentes de la región de Iscayachi.

3.2.4. Porcentaje de incidencia de *Nacobbus aberrans*, en variedades

De acuerdo a la distribución de frecuencias las muestras infectadas respecto a las variedades, el cultivar Desireé alcanzó el mayor número de muestras infectadas (13 en total), le siguen las variedades Revolución, Sani Imilla y Runa Iscayachi, según se indica en el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11: Incidencia de *Nacobbus aberrans* en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, según variedades. 2011

Variedad	Número de muestras	Muestras infectadas	Muestras libres	% de incidencia de <i>N. aberrans</i>
Desireé	17	13	4	76 %
Revolución	8	6	2	75 %
Sani Imilla	7	5	2	71 %
Runa Iscayachi	6	4	2	67 %
Total	38	28	10	74 %

Fuente: Elaboración propia

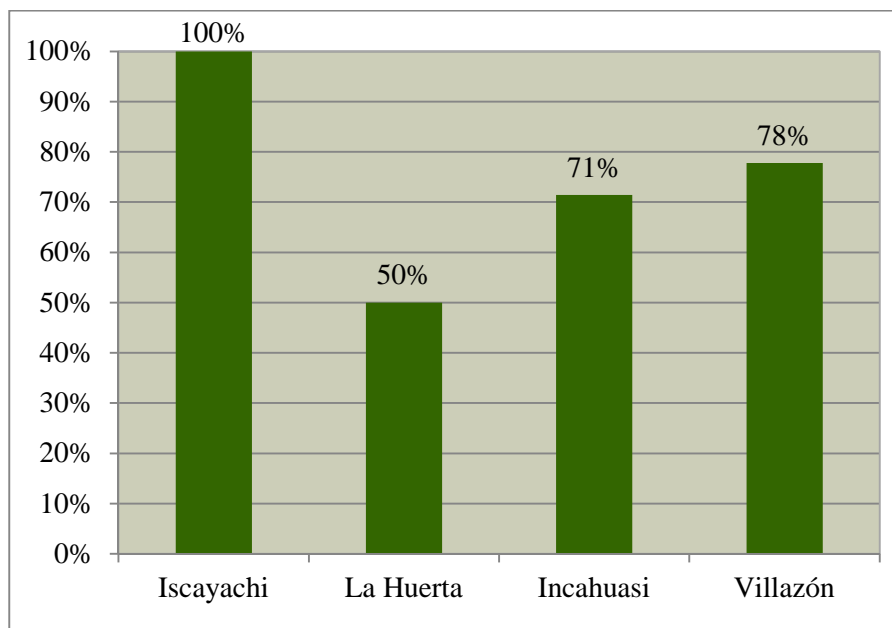


Figura N° 8: Porcentaje de incidencia de *N. aberrans*, en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, de acuerdo a la zona productora. 2011

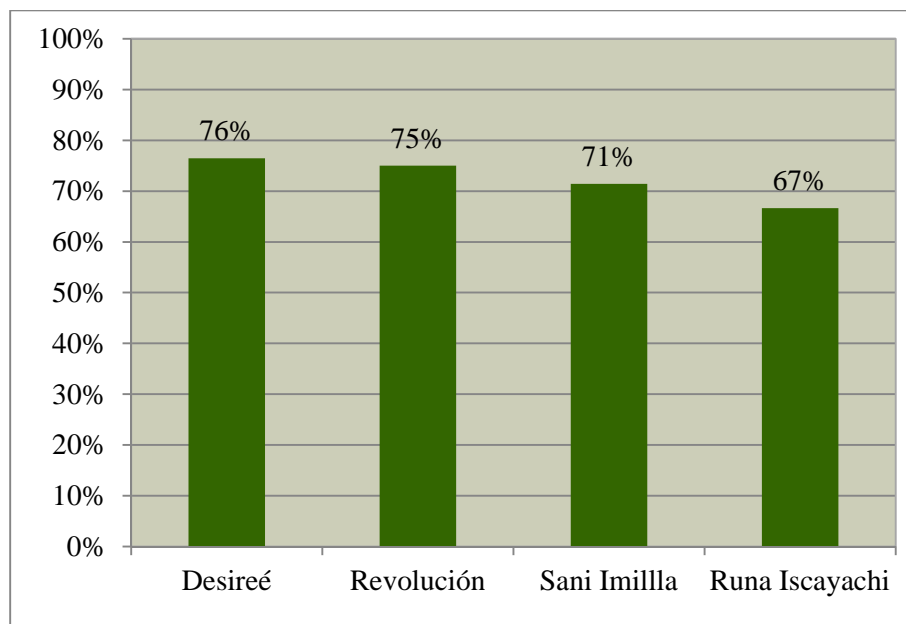


Figura N° 9: Porcentaje de muestras de tubérculos infectadas por *N. aberrans*, colectadas en el Mercado Campesino, por efecto de variedades. 2011.

Observando los porcentajes de incidencia de *N. aberrans*, en variedades, (Cuadro N° 11) se puede evidenciar que la infección en las variedades fue similar, el mayor fue observado en Desireé con el 76% de incidencia el mismo que disminuye hasta el 67% en la variedad Runa Iscayachi.. Los valores son graficados en la Figura N° 9

Estas valoraciones permiten comprender que el nematodo *N. aberrans* ha penetrado de manera generalizada a los tubérculos de las variedades estudiadas, ya que se aprecia una infección uniforme logrando un promedio de infección del 74%.

3.2.5 Incidencia de *Globodera spp.*, en muestras de tubérculos, según zona productora

Los valores obtenidos de inoculación por *Globodera spp.*, indican un total de 13 muestras de tubérculos infectados, se tiene 6 pruebas infectadas procedentes de Iscayachi, luego Incahuasi y Villazón con 3 y 4 muestras infectadas respectivamente. Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12: Incidencia de *Nacobbus aberrans*, en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, según zona productora. 2011

Zona productora	Número de muestras	Muestras infectadas	Muestras libres	% de incidencia de <i>N. aberrans</i>
Iscayachi	11	6	5	55 %
La Huerta	4	0	4	0 %
Incahuasi	14	3	11	21 %
Villazón	9	4	5	44 %
Total	38	13	25	34 %

Fuente: Elaboración propia

Observando el cuadro anterior, se puede verificar que *Globodera spp.*, alcanzó un promedio de incidencia de 34% en las muestras colectadas. Este valor es mayor en las muestras de tubérculos procedentes de la zona de Iscayachi que alcanzaron el 55% de incidencia. Este porcentaje es similar al obtenido en estudios anteriores en la misma zona cuando también se determinó el 55% de parcelas plagadas con el nematodo mencionado (Montalvo, 1992).

También en el cuadro anterior se observa que las zonas de Incahuasi y Villazón alcanzaron el 21% y el 44% de incidencia respectivamente. Mientras en las evidencias de la región de La Huerta no presentaron infección por el “nematodo del quiste de la papa”. Los datos son ilustrados en la Figura N° 10:

3.2.6. Porcentaje de incidencia de *Globodera spp.*, según variedades

Resultados de la observación de soluciones procedentes de las cáscaras de tubérculos colectados en el Mercado Campesino permiten anotar un total de 13 muestras infectadas por *Globodera spp.*, de ellas 4 muestras corresponden a la variedad Desireé, 4 a la variedad Revolución, 2 para Sani imilla y 3 muestras infectadas para la variedad Runa Iscayachi. Los datos se encuentran en el Cuadro N° 13.

Cuadro N° 13: Incidencia de *Globodera spp.* en muestras de tubérculos colectadas en zona del Mercado Campesino, según variedades. 2011.

Variedad	Número de muestras	Muestras infectadas	Muestras libres	% de incidencia de <i>Globodera spp.</i>
Desireé	17	4	13	24 %
Revolución	8	4	4	50 %
Sani Imilla	7	2	5	29 %
Runa Iscayachi	6	3	3	50 %
Total	38	13	25	34 %

Fuente: Elaboración propia

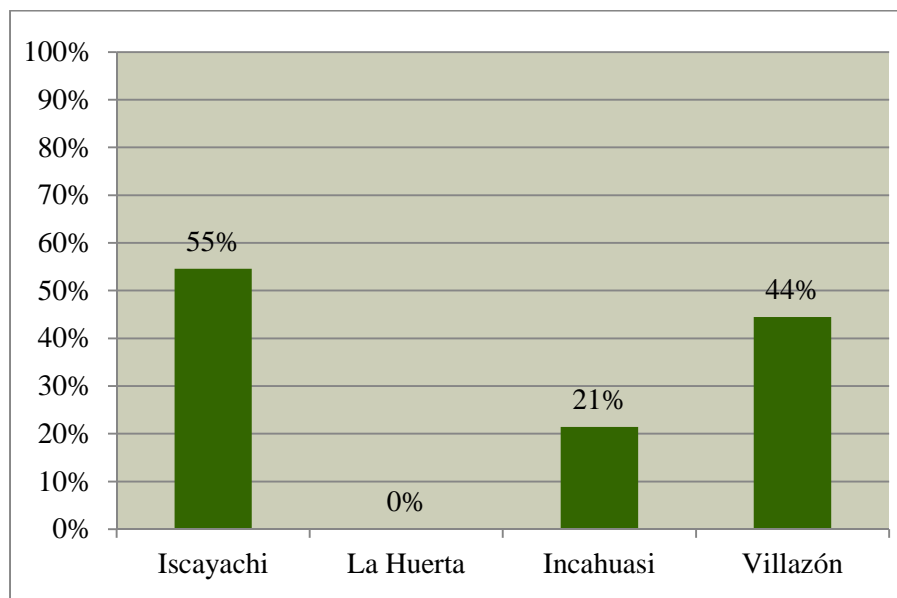


Figura N° 10: Porcentaje de incidencia de *Globodera spp.*, en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino, de acuerdo a la zona productora. 2011.

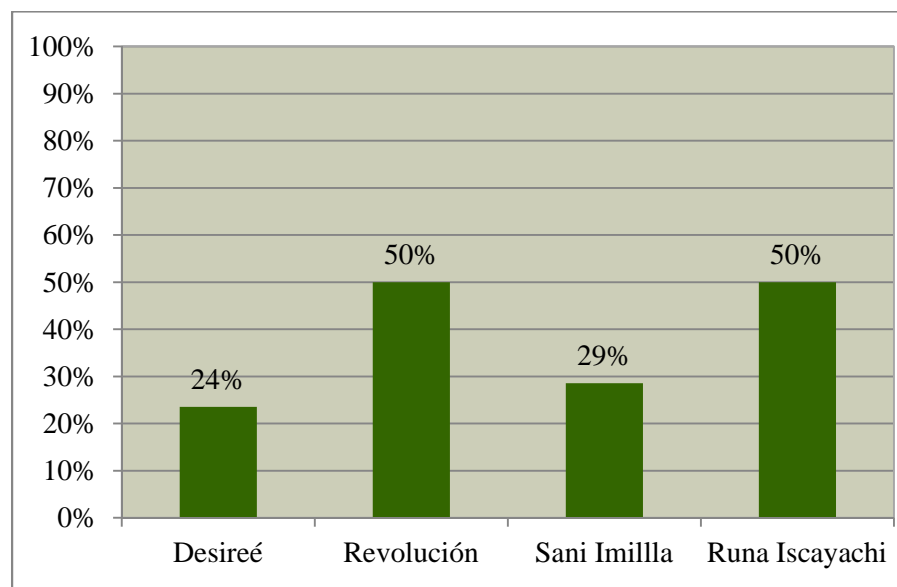


Figura N° 11: Porcentaje de incidencia de *Globodera spp.*, en muestras de tubérculos colectados en el Mercado Campesino, según variedades. 2011.

Observando los valores de incidencia de *Globodera spp.*, se observa un porcentaje de incidencia promedio de 34% para las muestras, resaltando una incidencia del 50% para las variedades Revolución y Runa Iscayachi, en cambio en las variedades Desireé y Sani Imilla la incidencia es menor (24% y 29% respectivamente). Datos ilustrados en la Figura N° 11.

3.3. Invasión de *N. aberrans* y *Globodera spp.* a tubérculos

Para la determinación de esta variable se procedió a cuantificar los diferentes estados juveniles en 50 gramos de cáscara por muestra de tubérculos, se analizó el número de estados juveniles más huevos de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, y también de cada especie por separado. Los valores encontrados posibilitaron conocer la fracción de la población de nematodos que se hospedan en el interior de los tubérculos.

De los parámetros estadísticos, resulto una media de la población de 2.2 estados juveniles/50 g de cáscara, un coeficiente de variación del 49%; demostrando homogeneidad entre los datos obtenidos. Cuadro N° 14:

Cuadro N° 14: Parámetros estadísticos del número de estados juveniles más huevos de nematodos en tubérculos colectados en el Mercado Campesino. 2011

Variable	Media	Mediana	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
N° estados juveniles más huevos de <i>N. aberrans</i> y <i>Globodera spp.</i>	2,200	2,000	1,080	49%
N° estados juveniles más huevos de <i>N. aberrans</i>	1,980	1,730	0.958	48%

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Número de estados juveniles más huevos de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.*, según zona productora

Observados los valores correspondientes al número de nematodos en los distintos estados juveniles (J2, J3, J4 y huevos), se precisó que en los tubérculos provenientes de la zona de Iscayachi alcanzó una media de 3 y el menor valor para la zona de La Huerta con 1.35 estados juveniles de los nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.*/50 gramos de cascara. (Figura N° 12).

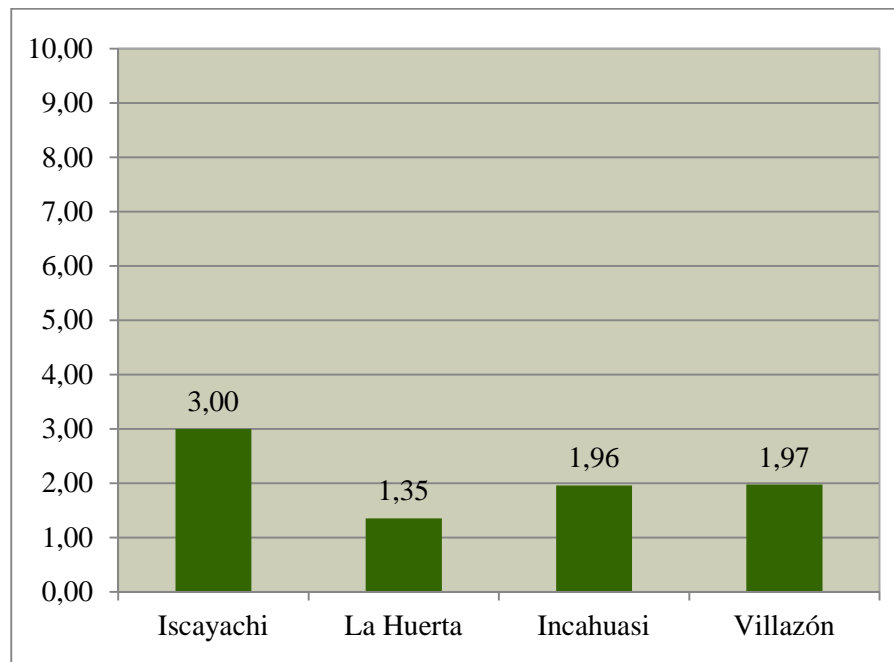


Figura N° 12: Promedio de estados juveniles más huevos de *N. aberrans* y *Globodera spp.* en muestras de tubérculos colectadas en el Mercado Campesino. 2011

El análisis de varianza (ANDEVA), con la Prueba de F. al 5% de probabilidad, arrojó la existencia de diferencias significativas entre los promedios del número de estados juveniles/50 g de cáscara entre las zonas en estudio. Cuadro N° 15.

Cuadro N° 15: ANDEVA del número total de juveniles más huevos de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, según zonas productoras. 2011

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F. calc.	Sig.
Inter grupos	11,171	3	3,724	3,959	0,016
Intra grupos	31,975	34	0,940		
Total	43,146	37			

Fuente: Elaboración propia

La Prueba de Duncan (5% de probabilidad) del programa SPSS versión 15, para el número de estados juveniles en 50 g de cáscara, según zonas productoras, resalta diferencias significativas en el número de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, presentes en tubérculos procedentes de la zona de Iscayachi (3 estados juveniles/50 gramos de cascara) por encima del promedio general y que pueden ser transportados en tubérculos como fuente de inóculo (Anexo N° 4).

3.3.2 Número de estados juveniles más huevos de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.* según variedades

Analizando el número de estados juveniles más huevos de *N. aberrans* y *Globodera spp.* en las variedades, resalta la variedad Runa Iscayachi alcanzando una media de 2.48 individuos/50 g cáscara (Anexo N° 5).

Estadísticamente, la significancia (0.696) es mayor al 5% por tanto no existen diferencias significativas y se acepta la hipótesis planteada que señala que las promedios sobre el número de estados juveniles más huevos de *N. aberrans* y *Globodera spp.* son homogéneas entre variedades. El mejor indicador es un promedio de 2.20 individuos/50g cáscara, sin importar la variedad del tubérculo.

3.3.3. Número de estados juveniles más huevos de *Nacobbus aberrans*

Los valores obtenidos de las variables número total de estados juveniles más huevos de *N. aberrans*, se lograron los parámetros estadísticos resultando una media de la población de 1.98 estados juveniles/50 g de cáscara, un coeficiente de variación que indica el 48% de homogeneidad entre los datos alcanzados. Cuadro N° 14.

3.3.3.1 Número de estados juveniles más huevos de *Nacobbus aberrans* por zona productora

Con los valores correspondientes a la variable número de estados juveniles más huevos de la especie *Nacobbus aberrans* por zona productora, se lograron los parámetros estadísticos, correspondientes a la media, desviación típica y coeficiente de variación, resultando una media de 1.98 estados juveniles/50 g de cáscara. Donde resalta la zona de Iscayachi con una media de 2.80 individuos/50 g de cáscara, le sigue la zona de Incahuasi, La Huerta y Villazón con menor número de individuos. (Figura N° 13).

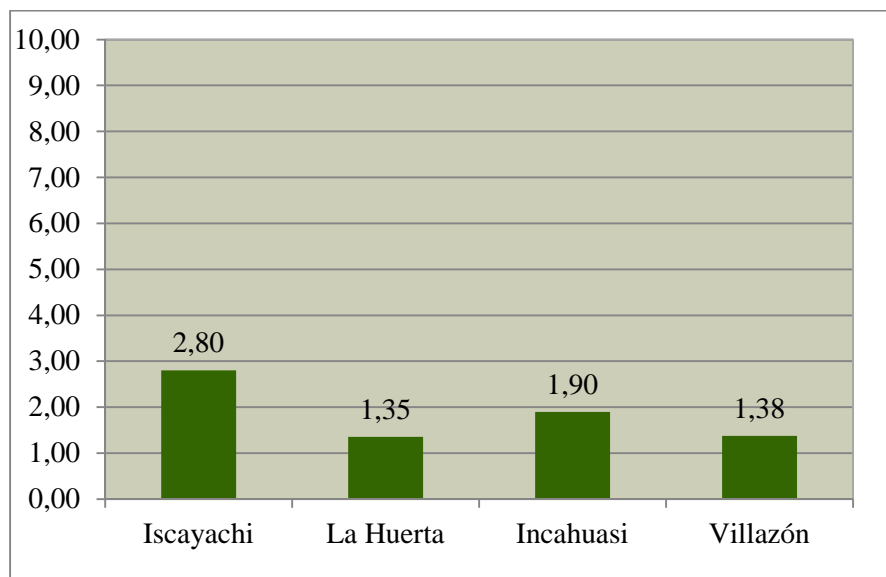


Figura N° 13: Número de estados juveniles más huevos de *N. aberrans* en tubérculos colectados en el sector del Mercado Campesino, de acuerdo a zona productora. 2011

El análisis de varianza (ANDEVA), con la Prueba de F. al 5% de probabilidad, dio una significancia de 0.001, menor al 5%, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que señala que hay diferencias significativas entre las medias del número de estados juveniles de *N. aberrans*. Cuadro N° 16.

Cuadro N° 16: ANDEVA del número total de juveniles más huevos de *N. aberrans*, según zonas productoras. 2011

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F. calc.	Sig.
Inter grupos	12,362	3	4,121	6,478	0,001
Intra grupos	21,629	34	0,636		
Total	33,991	37			

Fuente: Elaboración propia

Con la prueba Duncan, se infiere diferencias estadísticas, en la variable número de estados juveniles de *N. aberrans*, para la zona productora de Iscayachi que provocó una infección media de 2.80 estados juveniles/50 g de cáscara de tubérculos, valor que es superior al promedio general de 1.98 juveniles/50 g de cáscara (Anexo N° 6).

3.3.3.2. Número de estados juveniles más huevos de *N. aberrans*, por variedad

El valor de la media para la variable número de juveniles más huevos de *N. aberrans* según la variedad, alcanzó 1.98 individuos/50g cáscara y un coeficiente de variación de 48%. Resaltando la variedad Runa Iscayachi que consiguió una media de 2.27 y la variedad Desireé el valor más bajo con 1.87 individuos/50g cáscara (Anexo N° 7).

El análisis de varianza ANDEVA, dio una significancia mayor al 5%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula que señala que las medias son iguales entre variedades.

Razón para inferir que la infección provocada por el nematodo *N. aberrans* es de manera homogénea en las variedades estudiadas ya que las diferencias observadas entre variedades son aleatorias, y el mejor indicador es una proporción de 0.97 individuos/50g de cáscara, sin considerar la variedad del tubérculo.

3.4. Potencial de diseminación de *Nacobbus aberrans*, con la prueba del bioensayo

A los 45 días después de la instalación de bioensayos, se evaluó el potencial de diseminación y el nivel de infección de nematodos, solamente para *N. aberrans*, ya que fue la única especie que presentó síntomas visibles en raíces, no así *Globodera spp.* Esta variable se analizó cualitativamente tomando en cuenta la presencia o ausencia de nódulos en el sistema radicular de bioensayos.

De un total de 38 tubérculos examinados mediante la prueba del bioensayo en bolsa cerrada, se observó una frecuencia de 10 tubérculos con presencia de nódulos formados por *N. aberrans* y 28 tubérculos libres del nematodo o asintomáticos.

Expresados en porcentaje, estos valores representan el potencial de diseminación de 26%, de *N. aberrans* y el 74% de tubérculos que se hallaban libres de dicho nematodo. Valores lustrados en la Figura N° 14.

Mediante la prueba del bioensayo, se demuestra que los especímenes activos de *N. aberrans* que se encontraban en el interior de los tubérculos semillas comercializados en el sector del Mercado Campesino, permanecen activos y tienen la capacidad para continuar su desarrollo formando nódulos en las raíces de la nueva planta. Dadas las condiciones favorables los huevos y diferentes estados larvales puedan desarrollarse en las raíces y moverse fuera de ella para propagarse a otros lugares.

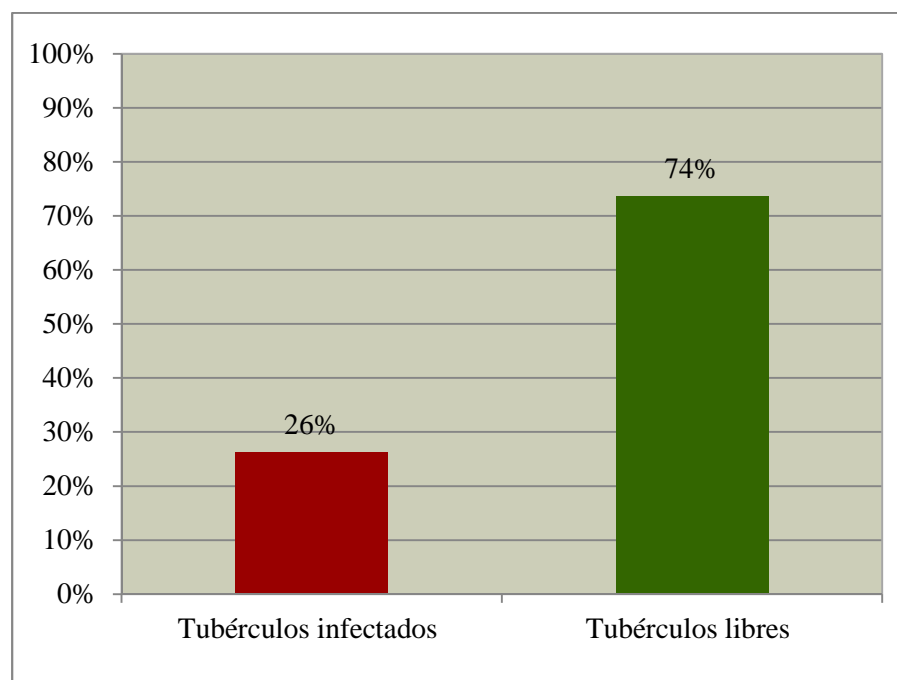


Figura N° 14: Potencial de diseminación de *N. aberrans*, en tubérculos colectados en el Mercado Campesino. 2011.

3.4.1. Potencial de diseminación de *N. aberrans*, según zona productora

Analizando el cuadro de distribución de frecuencias, del potencial de diseminación de *N. aberrans* según zonas productoras, se observa la presencia de nódulos en 5 bioensayos correspondientes a la zona de Iscayachi, este número va disminuyendo hasta 1 agalla en el sistema radicular de bioensayos de la zona de La Huerta e Incahuasi. (Cuadro N° 17).

Cuadro N° 17: Potencial de diseminación de *N. aberrans* en tubérculos colectados en el Mercado Campesino, según zona productora. 2011

Zonas productoras	Número de muestras	Con presencia de nódulos	Con ausencia de nódulos	% Potencial de diseminación
Iscayachi	11	5	6	45%
La Huerta	4	1	3	25 %
Incahuasi	14	1	13	7 %
Villazón	9	3	6	33 %
Total	38	10	28	26 %

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se puede observar que el poder de diseminación de 45% para los tubérculos procedentes de la zona de Iscayachi, el 25% para tubérculos de La zona de La Huerta, el 7% para tubérculos de la zona de Incahuasi y el 33% de tubérculos son provenientes de la zona de Villazón. Valores ilustrados en Figura N° 15.

El mayor potencial de diseminación de *N. aberrans*, para la zona de Iscayachi, estaría atribuido las parcelas de origen donde se desarrolla el cultivo de papa, tienen una alta infestación de este nematodo como asimismo podría atribuirse a labores agrícolas en el cultivo y a las condiciones de almacenamiento de los tubérculos semillas en el sistema informal.

3.4.2. Potencial de diseminación de *N. aberrans*, según variedades

Valores de la presencia de nódulos de *N. aberrans* en bioensayos según variedades, señalan que los tubérculos de las variedades Desireé y Sani Imilla produjeron nódulos en 4 bioensayos (4) mientras que tubérculos de las variedades Revolución y Runa Iscayachi produjeron nódulos en un sólo bioensayo. Cuadro N° 18.

Cuadro N° 18: Potencial de diseminación de *N. aberrans*, en tubérculos colectados en el Mercado Campesino, según variedades. 2011

Variedades	Con presencia de nódulos	Sin presencia de nódulos	Número de muestras	% Potencial de diseminación
Desireé	4	13	17	24 %
Revolución	1	7	8	13 %
Sani Imilla	4	3	7	57 %
Runa Iscayachi	1	5	6	17 %
Total	10	28	38	26 %

Fuente: Elaboración propia

En términos porcentuales, significa una capacidad de diseminación de 24% de tubérculos de la variedad Desireé, 13% para la variedad Revolución, el potencial de diseminación de 57% en Sani Imilla y el 17% en la variedad Runa Iscayachi. El promedio del potencial de diseminación alcanza el 26%. Valores ilustrados en la Figura N° 16.

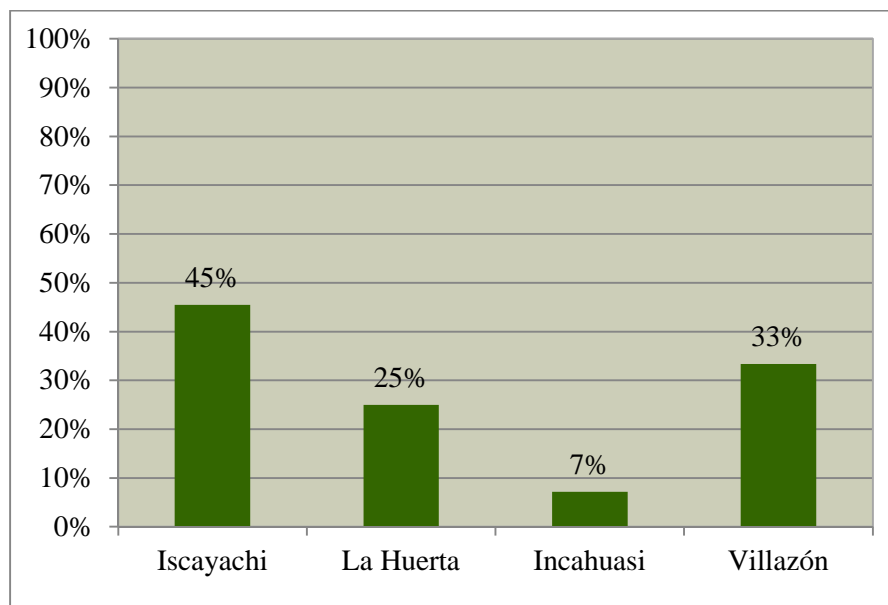


Figura N° 15: Potencial de diseminación de *N. aberrans* en tubérculos colectados en el Mercado Campesino, según zona productora. 2011

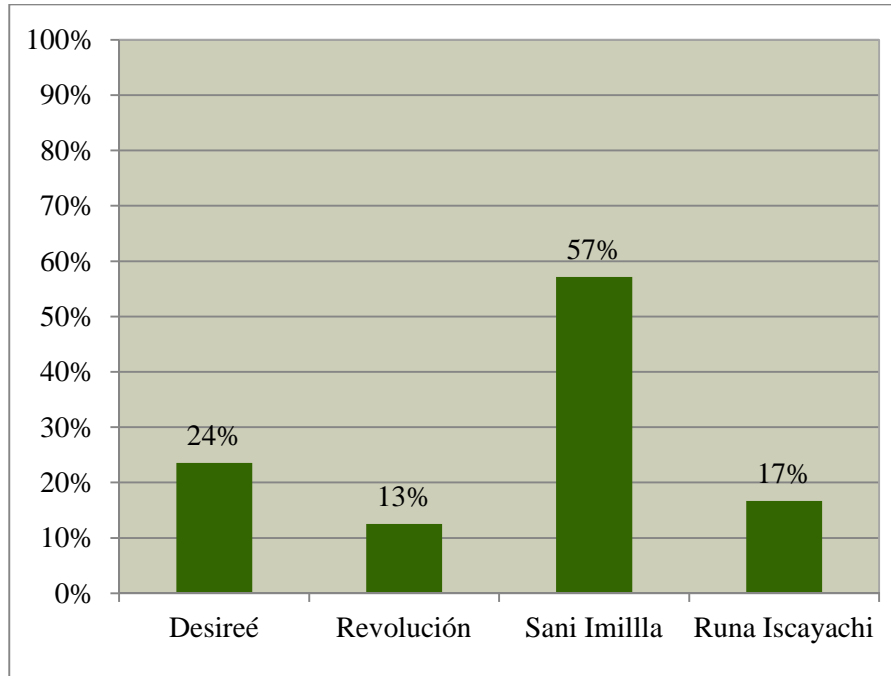


Figura N° 16: Potencial de diseminación de *N. aberrans*, en tubérculos colectados en zona del Mercado Campesino, según variedades. 2011

3.5. Nivel de infección de los tubérculos en base al número de nódulos de *N. aberrans* y severidad del ataque

Los valores obtenidos del número de nódulos en el sistema radical de las plantas de los bioensayos, se transformaron con la fórmula $\overline{x + 1}$ y se obtuvieron los parámetros estadísticos. Entre los principales, se estableció una media de 1.3 nódulos por planta y un 46% de homogeneidad entre muestras (Cuadro N° 19).

Cuadro N° 19: Número de nódulos en raíces de plantas desarrolladas en bioensayos. 2011

Media	Mediana	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
1,313	1,000	0,603	46%

Fuente: Elaboración propia

3.5.1. Nivel de infección de los tubérculos en base al número de nódulos de *N. aberrans*, según zona productora

Observando los promedios del número de nódulos provocados por *N. aberrans* en raíces, según zonas productoras, se puede verificar que la Zona de Iscayachi alcanzó una media de 1.62 nódulos en masa radicular, mayor a la media general, conforme se indica en el Anexo N° 8, e ilustrado en la Figura N° 17.

Con la prueba ANDEVA, a un nivel de significancia del 5%, esta no evidencia significancias entre zonas productoras, por lo tanto se acepta que las medias son iguales. Anexo N° 8.

Con los valores obtenidos, se puede deducir que los diferentes estados larvales de *N. aberrans* en el interior de tubérculos, en condiciones favorables de humedad, temperatura y nutrientes en el suelo continúan su desarrollo hasta la formación de nódulos en raíces de bioensayos que si bien estadísticamente no son significativos representan un potencial infectivo de consideración.

3.5.2. Nivel de infección de los tubérculos en base al número de nódulos de *N. aberrans* según variedad

Los parámetros estadísticos del nivel de infección de los tubérculos en las variedades señalan una media de 1.3 nódulos de *N. aberrans* entre variedades y un coeficiente de variación de 46% (Cuadro N° 20).

Cuadro N°20: Parámetros estadísticos del nivel de infección de los tubérculos en base al número de nódulos de *N. aberrans*, según variedades. 2011

Media	Mediana	Desviación típica	Coficiente de variación (%)
1,313	1,000	0,603	46%

Fuente: Elaboración propia

Con la prueba de ANDEVA, al 5% de probabilidad, acepta la existencia de diferencias significativas en el número de nódulos radiculares entre variedades (Cuadro N° 21).

Cuadro N° 21: ANDEVA del nivel de infección de los tubérculos en base al número de nódulos de *N. aberrans*, según variedades. 2011

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F. calc.	Sig.
Inter grupos	4,551	3	1,517	5,797	0,003
Intra grupos	8,897	34	0,262		
Total	13,448	37			

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la Prueba de Duncan, se observa en el sistema radicular de la variedad Sani Imilla, la formación de 2.03 nódulos. Diferenciándose de las demás variedades Revolución, Runa Iscayachi y Desireé las que presentaron un nódulo menos en las raíces de los bioensayos (Cuadro N° 22).

Cuadro N° 22: Prueba de Duncan ^{a,b} para el nivel de infección en base al número de nódulos de *N. aberrans*, de acuerdo a variedades. 2011

Zona productora	Número de muestras	Subconjunto para alfa=0,05	
		1	2
Revolución	8	1,05	
Runa Iscayachi	6	1,12	
Desireé	17	1,21	
Sani Imilla	7		2,03
Sig.		0,56	1,00

Se evidencian las medias para los grupos en los conjuntos homogéneos

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica =8,108

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados

Los datos son ilustrados en la Figura N° 18:

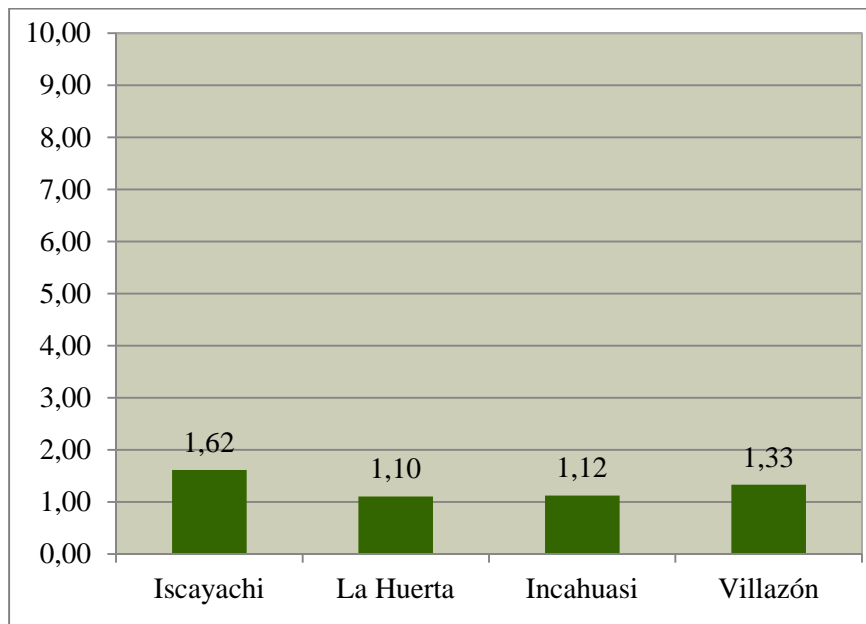


Figura N° 17: Número promedio de nódulos por planta, provocado por *N. aberrans*, según zona productora. 2011

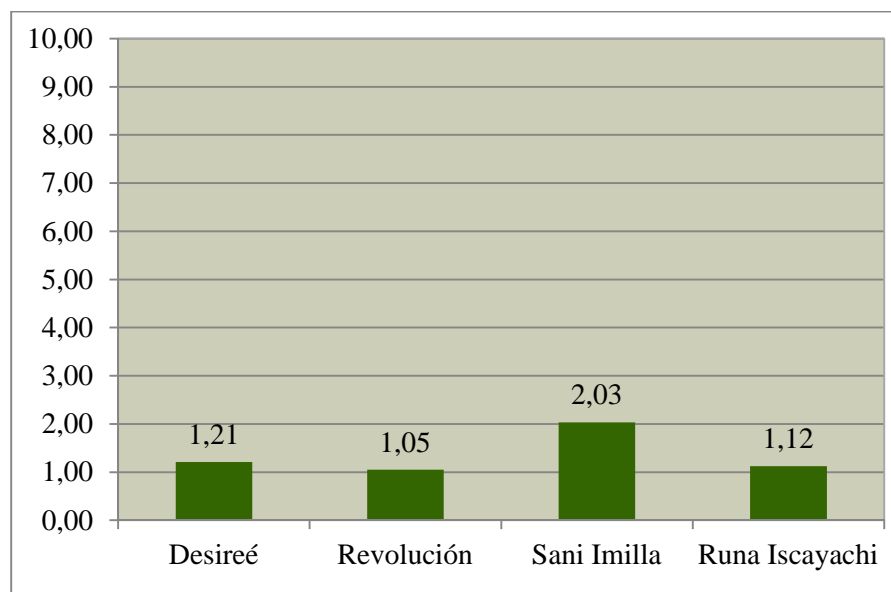


Figura N° 18: Número de nódulos por planta, provocado por *N. aberrans*, según variedades. 2011

Adoptando la escala de infestación del suelo por *Nacobbus aberrans* (Ramos, *et. al.*, 1998), para calificar el grado de infección de los tubérculos nematodos correspondería asignar el grado de infección 1, el mismo que abarca un número de nódulos de 1 a 10 en el sistema radicular de bioensayos.

3.5.3. Número de estados juveniles de *N. aberrans* en suelo de bioensayos

Además de evaluar el grado de infección de *N. aberrans* en raíces en base al número de nódulos y número de estados larvales en raíces, se ha realizado el análisis de las muestras de suelo de los bioensayos.

El análisis de datos señala una media de 1 larva/400 gramos de suelo. Con la prueba de análisis de varianza ANDEVA (5% de probabilidad) para zonas productoras y variedades no presentaron diferencias significativas. En este sentido se podría inferir de manera general que el nematodo del “Rosario de la papa” no ha llegado a trasladarse al suelo, debido a que su desarrollo ha sido detenido en las raicillas de los bioensayos.

3.5.4. Severidad del ataque causado por *Nacobbus aberrans*

Para la determinación del grado de infección se ha tomado en cuenta la escala de calificación del nivel de infestación del suelo por *Nacobbus aberrans* en base al número de nódulos en raíces, empleada por Ramos, *et. al.*, 1997.

El establecimiento de 38 bioensayos con tubérculos colectados del Mercado Campesino detectó la presencia de *N. aberrans* a través de la formación de nódulos que van desde 1.6 hasta 1.1 en zonas de producción y desde 2.03 hasta 1.05 en variedades, correspondiendo un grado de severidad ligera.

3.6. Identificación de nematodos

La identificación de las especies *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.* ha requerido tomar en cuenta las características morfológicas de los estados larvales y hembras de los nematodos estudiados. Para el presente trabajo se ha tomado en cuenta como patrón diferentes estados larvales y hembras de *N. aberrans* extraídos de raíces de papa y tomate; para el caso de *Globodera spp.*, se trabajó con quistes extraídos de muestras de suelo procedentes de la Comunidad El Molino, Zona de Iscayachi.

El Cuadro N° 23, indica los diferentes estadios encontrados de *N. aberrans* y *Globodera spp.* que fueron extraídos de cáscaras de tubérculos procedentes de zonas y variedades en referencia.

En la Figura N° 19, se distinguen las características morfológicas importantes de los estadios de *N. aberrans spp.*, que se encuentran viables en el interior de los tubérculos, los mismos que pueden ser diseminados a suelos de las diferentes zonas productoras del Departamento.

Asimismo, se observó en dos muestras de la zona de Iscayachi la presencia del género *Criconemoides*, que presentan cuerpo anillado en sus diferentes estados larvales, con estilete mediano, los cuales se encontraban probablemente en partículas de suelo adheridas en los ojos de los tubérculos.

Cuadro N° 23: Identificación de especies de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.* en tubérculos colectados en el Mercado Campesino. 2011

N°	Zona	Variedad	<i>Nacobbus aberrans</i>	<i>Globodera spp.</i>
1	Iscayachi	Desireé	4 (j2, j3), 2h	.....
2	Iscayachi	Desireé	1 (j4), 1h	1 (j2)
3	Iscayachi	Desireé	14 (j2), 4(j3), 5(j4), 1X	3 (j2, j3)
4	Iscayachi	Revolución	2Ξ, 3(j3), 4h	.....
5	Iscayachi	Revolución	4 j2, 2h	.....
6	Iscayachi	Sani Imilla	1(Ξ), 2(j3), 2(j2)	.....
7	Iscayachi	Sani Imilla	2 (j2), 4h	2h
8	Iscayachi	Sani Imilla	4 (j2), 3 (j), 2 X	1(X), 2(j2)
9	Iscayachi	Runa Iscayachi	1 (j2)	.....
10	Iscayachi	Runa Iscayachi	3 (j2), 3h	3 j2
11	Iscayachi	Runa Iscayachi	2Ξ, 4(j2), 3(j4), 1 X	2 (j2)
12	La Huerta	Desireé	.....	.....
13	La Huerta	Desireé	3h	.....
14	La Huerta	Desireé	1 (j3)	.....
15	La Huerta	Desireé	.....	.....
16	Incahuasi	Desireé	1j2, 1j3	.....
17	Incahuasi	Desireé	2j3	.....
18	Incahuasi	Desireé	3 j2, 1 X	.....
19	Incahuasi	Desireé	4(j2) 3(Ξ)	1 (Ξ)
20	Incahuasi	Desireé	2(j2) 1(j3)	.....
21	Incahuasi	Revolución	2 (j2), 2h	.....
22	Incahuasi	Revolución	1 j4	.....
23	Incahuasi	Revolución	3 j2, 1(j3)	1 j2
24	Incahuasi	Sani Imilla	.....	.....
25	Incahuasi	Sani Imilla	.....	.....
26	Incahuasi	Sani Imilla	2 (j2) 2(j4) 1 (j3)	.....
27	Incahuasi	Runa Iscayachi	.....	.....
28	Incahuasi	Runa Iscayachi	.....	.....
29	Incahuasi	Runa Iscayachi	12 (j3) 5(j4)	4(j2)
30	Villazón	Desireé	1 j2	.....
31	Villazón	Desireé	.....	.....
32	Villazón	Desireé	2 (j2)	.....
33	Villazón	Desireé	1 (j3)	4 (j2), 2h
34	Villazón	Desireé	.....	.....
35	Villazón	Revolución	.....	15 (j2)
36	Villazón	Revolución	.....	2 (j2)
37	Villazón	Revolución	1 (j4), 4h	1 (j2)
38	Villazón	Sani Imilla	1 (j3)	.....

Donde: h=huevos, J2= segundos estados juveniles, J3= tercer estadio, j4 =cuarto estadio, (Ξ)= machos y (X)= hembras.

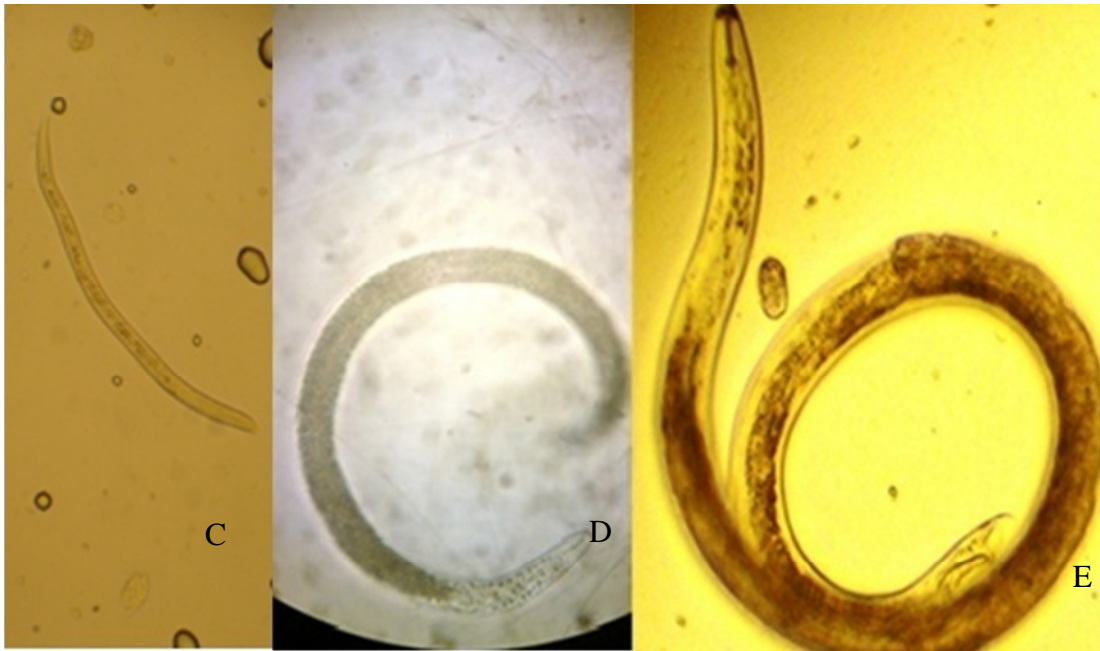


Figura N° 19: Diferentes estadios de *N. aberrans*: Segundo estadio (C), Cuarto estadio (D) Macho Adulto (E). Microfotografías, gentileza Ing. V.E. Zenteno, 2011.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Los resultados de los análisis nematológicos y análisis estadísticos permiten formular las siguientes conclusiones:

- Mediante observaciones nematológicas en muestras de tubérculos-semillas producidos en el sistema informal, se registró la presencia de estados juveniles de *N. aberrans* y *Globodera spp.*, en las cáscaras, constituyendo los tubérculos en medios favorables para la dispersión de estos nematodos fitoparásitos.
- Se determinó que el material colectado en zona del Mercado Campesino alcanzó un elevado porcentaje de incidencia del nematodo *N. aberrans* en forma individual, como de forma conjunta con el nematodo *Globodera spp.*, influenciado por un alto nivel de infestación del material procedente de Iscayachi. Ya que la misma Zona alcanzó un porcentaje de 100 % de incidencia de nematodos, así como la variedad Revolución que mostró susceptibilidad a las dos especies de nematodos.
- El nematodo *Globodera spp.* de manera individual ha sido detectado, en bajo porcentaje en tubérculos semillas procedentes de la Zona de Iscayachi y en las variedades Revolución y Runa Iscayachi.
- Se evidenció el desarrollo de estados juveniles de *N. aberrans* y *Globodera spp.* que pueden ser transportados en tubérculos como fuente de inóculo hasta en número de 3 estados juveniles/50 gramos de cascara de tubérculos, en material procedente de Iscayachi.
- La aplicación de la prueba del bioensayo ha permitido que los tubérculos semillas al encontrar las condiciones favorables de humedad y nutrientes en el sustrato, verifiquen el desarrollo de nódulos radiculares, determinando un potencial de

diseminación de *Nacobbus aberrans* del 26%, constituyendo un reflejo de lo que puede ocurrir en condiciones de campo.

- Los tubérculos semillas del sistema informal, comercializados en Zona del Mercado Campesino, alcanzaron niveles de infección de *N. aberrans* bajos, de acuerdo al número de nódulos del sistema radical de bioensayos correspondería al grado 1, y un grado de severidad ligera.
- El análisis de suelos de los bioensayos mediante el método de flotación, pudo constatar que *N. aberrans*, solamente se ha desarrollado en raíces y no así en suelo.
- La zona del Mercado Campesino constituye un foco muy importante de infección de nematodos principalmente del rosario de la papa *Nacobbus aberrans* por que allí se comercializan tubérculos- semillas producidos en parcelas del sistema informal de diversas zonas productivas del departamento e incluso de otras zonas del interior del nuestro país, en las cuales no se tiene seguimiento permanente y menos aun control de nematodos fitoparásitos que atacan los cultivos de papa, además que las condiciones para el almacenamiento de tubérculos- semillas no son adecuadas.

4.2. Recomendaciones

- Procurar un registro formal de los comercializadores de productos agropecuarios por rubros, en particular de los comercializadores de papa que es uno de los principales en la zona del Mercado Campesino, para disponer de información precisa de los vendedores locales como del interior del país que llegan a este lugar para vender tubérculos- semillas de papa.
- Motivar a instituciones vinculadas al sector agropecuario, en el marco del apoyo a la producción a velar por la sanidad de los productos del sistema informal procedentes de zonas productoras de Tarija como de otras zonas del interior del país que ingresa hasta el Mercado Campesino para su comercialización y que

pueden estar infectados por microorganismos que infesten los suelos ya que no se tiene ningún seguimiento ni control de la calidad de los tubérculos-semillas por ninguna institución

- Difundir la importancia de la detección de *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp.* en tubérculos utilizados como semilla entre estudiantes, productores e instituciones para concientizar del daño que estos provocan y evitar su diseminación en áreas libres de nematodos, más aun cuando se introducen de otras zonas tubérculos-semillas infectados.
- Considerar la detección de nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.* en tubérculos-semillas, como una medida que contribuya a la toma de acciones preventivas en el marco del Manejo Integrado de Nematodos.
- Enseñar en diversos eventos de capacitación la importancia del daño que provoca los nematodos *N. aberrans* y *Globodera spp.* en el cultivo de papa no solamente en zonas productoras formales de semilla de papa, también en las zonas donde se desarrolla este cultivo tradicionalmente.
- Dotar de equipamiento e instrumentos de laboratorio necesarios para análisis nematológicos al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales para así poder contar con un laboratorio fortalecido donde además se presten servicios de análisis nematológicos para el servicio de la población como de propios estudiantes e investigadores.
- Continuar con investigaciones nematológicas para analizar sobre la viabilidad de los nematodos, cuando los tubérculos-semillas infectados son sembrados en condiciones de campo.