

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA GENÉTICA
DE PAPAS NATIVAS A *Phytophthora infestans*,
IN VITRO E IN SITU, AYACUCHO**

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

**PRESENTADO POR:
EVER QUICAÑO BELLIDO**

**AYACUCHO - PERÚ
2017**

A mis padres Estefa y Saturnino, los que me enseñaron en qué se basa la vida y de perseverar en la vida para poder sobresalir y tener un mundo mejor.

A mis hermanos, por apoyarme en todo momento y sentir el calor familiar.

A todos mis maestros y en especial al ing. German De La Cruz Lapa, por brindarme su tiempo, por transmitirme todos sus conocimientos y gracias a ello poder ser un profesional tal como exige el nuevo mundo.

Ever

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma máter de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, que fue la base primordial y centro de enseñanzas para poder conseguir mi objetivo de ser un profesional.

A mis profesores de la Escuela Profesional de Agronomía por sus enseñanzas y fortalecer mis competencias investigativas.

Al M.Sc. Germán De La Cruz Lapa, gestor y asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional y permanente para culminar con la presente tesis.

A la Comunidad Campesina de Caruhaschoque, por permitirme realizar sin ningún impedimento el presente trabajo de investigación y el apoyo de sus lugareños en todo momento.

A mis compañeros tesisistas de Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal, por su apoyo incondicional durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A todos mis amigos que nunca me dejaron solo ante cualquier eventualidad.

A la señorita Yenifer por su apoyo moral.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
Resumen	vi
Introducción	1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1. La papa	3
1.1.1. Origen	3
1.1.2. Taxonomía	4
1.1.3. Diversidad de especies de papas nativas cultivadas	4
1.1.4. Resistencia, tolerancia y susceptibilidad genética de la papa a <i>Phytophthora infestans</i>	8
1.1.5. Control químico en papa	10
1.2. <i>Phytophthora infestans</i>	13
1.2.1. Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora infestans</i> .	13
1.2.2. Ciclo de vida de <i>Phytophthora infestans</i>	14
1.2.3. Conceptos básicos de fitopatología	16
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1. Lugar del experimento	18
2.1.1. Ubicación	18
2.1.2. Antecedentes del campo experimental.	19
2.1.3. Condiciones climáticas	19
2.1.4. Análisis físico - químico del suelo	24
2.2. Materiales	25
2.2.1. Materiales de campo	25
2.2.2. Materiales de laboratorio	26
2.2.3. Material biológico	27
2.2.4. Material vegetal	27

2.3.	Diseño experimental y croquis	29
2.4.	Instalación y conducción del experimento	32
2.4.1.	Trabajos de campo	32
2.4.2.	Trabajos en laboratorio - in vitro	38
2.5.	Variables evaluadas	39
2.5.1.	Variables evaluadas en campo-in situ	39
2.5.2.	Variables evaluadas en laboratorio-in vitro	41
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
3.1.	Resultados de la identificación de accesiones de papas nativas resistentes in situ	43
3.1.1.	Incidencia por <i>phytophthora infestans</i> en la colección de papas nativas	43
3.1.2.	Severidad ocasionada por <i>Phytophthora infestans</i>	48
3.1.3.	Rendimiento de papas nativas con control genético	62
3.1.4.	Rendimiento comparativo de papa entre un con control químico y con control genético	66
3.2.	Identificación de accesiones de papas nativas resistentes-in vitro	74
3.2.1.	Medio de cultivo garbanzo (MCG)	74
3.2.2.	Medios de cultivo arveja (MCA)	75
3.2.3.	Medios de cultivo haba (MCH)	75
3.2.4.	Comparativo in vitro de 49 accesiones de papas nativas con <i>phytophthora infestans</i> .	76
3.3.	Comparación de resistentes, tolerantes y susceptibles con ambos métodos en una colección de 49 accesiones de papas nativas	78
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		81
4.1.	Conclusiones	81
4.2.	Recomendaciones	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		85
ANEXOS		87

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivos: 1. Identificar en 49 accesiones de papas nativas del germoplasma del L. G. B V- UNSCH, utilizando métodos de in situ e in vitro, accesiones resistentes, tolerantes y/o susceptibles a *Phytophthora infestans*. 2. Comparar el rendimiento de 49 accesiones de papas nativas que están en interacción con *Phytophthora infestans*, mediante control químico y control genético. Se utilizó el diseño experimental látice de 7x7, con 49 tratamientos en dos bloques con control genético y un tercer bloque con control químico como testigo. Las variables evaluadas in situ fueron: incidencia, severidad, resistencia genética, rendimiento con control genético y con control químico; y las variables evaluadas in vitro fueron: medio cultivo, resistencia genética. Los resultados de campo fueron: 1. Las accesiones tuvieron incidencia del 100%. 2. El porcentaje de severidad fue muy variable y se obtuvo un 10.2% de accesiones resistentes que fueron: T39, T31, T37, T34, T32, T18 y el T24 3. Las accesiones de mejor rendimiento con el control genético fueron: el T11, T37, T39 y T19 con un rendimiento de 8.15, 7.56, 7.26 y 7.04 t.ha⁻¹, respectivamente; mientras en el control químico, las accesiones T37, T19, T39 y T11 se logró 23.85, 23.11, 22.37, 21.48 t.ha⁻¹, respectivamente. Se concluye: 1. El MCG fue el más rápido, el de haba más lento y el medio de arveja es para fines de conservación; 2. Hubo 14 accesiones resistentes in vitro. 3. Las accesiones resistentes que coincidieron con ambos métodos fueron: T34, T18, T24 y T37 (Rayacchalle, Yutupa runtun, Yuraq chikñas y yana huaña).

INTRODUCCIÓN

La papa nativa es el principal cultivo del departamento de Ayacucho y se siembra en zonas de mayor altitud, con un promedio de 19 mil hectáreas sembradas en la campaña 2014-2015, con rendimiento promedio de 7.4 t.ha⁻¹; donde el principal problema fitosanitario es la ranca (*Phytophthora infestans*).

La ranca es el principal factor biológico limitante para un óptimo rendimiento de este tubérculo, pues genera pérdidas cuantiosas, con un descenso en el rendimiento, ocasionando hasta pérdidas totales y eleva los costos de producción al tratar de controlarlo. En zonas productoras y altamente endémicas se llega a realizar hasta 6 aplicaciones fitosanitarias para lograr un rendimiento de 13 t.ha⁻¹ en papas nativas comerciales como son: runtush, huayro, chaulina, flor blanca, puca sisi, chumpi, etc.

Consideramos importante haber realizado la investigación, pues contribuirá con la identificación de un germoplasma de accesiones de papas nativas, categorizándolas como: resistentes, tolerantes y

susceptibles a *Phytophthora infestans* bajo dos métodos (in situ e in vitro), con la finalidad de confirmar la resistencia de estas accesiones en campo y laboratorio; de esta manera tener la confianza de obtener una accesión resistente ante este patógeno tan agresivo; así mismo, con el fin de realizar futuros trabajos de mejoramiento genético, aportando nuevas accesiones resistentes a este patógeno con mejores rendimientos, mejor calidad de tubérculos; y sobre todo al reducir el número de aplicaciones sanitarias repercutiendo en una mejor rentabilidad de los productores de papas nativas. Con estas accesiones resistentes continuar aportando con la continuidad del principal tubérculo del Perú y también con uno de los alimentos más importantes a nivel mundial. El presente trabajo de investigación se ha desarrollado y guiado por los siguientes objetivos:

1. Identificar en 49 accesiones de papas nativas del germoplasma del L. G. B V- UNSCH, utilizando métodos de in situ e in vitro, accesiones resistentes, tolerantes y/o susceptibles a ***Phytophthora infestans***.
2. Comparar el rendimiento de 49 accesiones de papas nativas que están en interacción con ***Phytophthora infestans***, mediante control químico y control genético.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. LA PAPA

1.1.1 Origen del cultivo de la papa, *Solanum tuberosum L.*

Hawkes (1990); Ochoa (1990); Huamán y Spooner (2002) mencionan que la papa tuvo su origen en el altiplano Perú- Boliviano a 3800 metros sobre el nivel del mar, y llegó, aproximadamente unos 8000 mil años A.C.

En este escenario se domesticó la papa, información que se basa en las evidencias arqueológicas, literales e históricas; entonces se puede afirmar que la papa se cultivó por primera vez en el Perú. Posteriormente llegó a distribuirse en todo el mundo, hasta llegar a ser catalogada como uno de los alimentos más importantes del orbe. La clasificación general que se presenta es: silvestres y semi cultivadas.

1.1.2 Taxonomía

Según Terranova (1995) clasifica taxonómicamente a la papa de la siguiente manera:

Reino : Plantae

Clase : Angiospermae

Subclase : Dicotiledónea

Orden : Tubiflorales

Familia : Solanaceae

Género : *Solanum*

Sub género : Pachistemonum (con 5 secciones)

Sección : Petota (tuberarium) con 2 sub secciones.

Sub sección : Potatoe (antes Hyperbasarthrum)

Serie : Ochoa (1972) 19 Series:

Especie : Hawkes (1963): 8 especies cultivadas

1.1.3 Diversidad de especies de papas nativas cultivadas

a.- *Solanum andigena*

Es un tetraploide, originó de *Solanum stenotomum* a través del doblamiento de los cromosomas por hibridación con otra especie silvestre *Solanums parsipilum*. Esto produjo semillas fértiles (Popenoe et al. 1989).

Son de alto rendimiento, de días cortos, de buena calidad y muy resistentes a *Phytophthora infestans* y muchos virus. El 70 % de las papas nativas pertenecen a esta especie, que tiene una gran variedad de atributos y características favorables para el mejoramiento (CIP 2008).

El cultivo de *Solanum andigena* presenta un amplio rango de adaptación en la región andina, extendiéndose desde Venezuela hasta el norte de Argentina; produce desde los 2000 hasta los 4000 m s. n. m. El periodo vegetativo es de 5 a 7 meses y presenta buenos rendimientos bajo condiciones de día medio (12 horas). Tiene alrededor de 2500 genotipos (Popenoe *et al.* 1989).

b.- Solanum phureja

Esta especie diploide, probablemente, se originó de *Solanum stenotomum* (Popenoe *et al.* 1989). La distribución ya se encuentra desde Colombia, Perú y Bolivia con cultivares típicos como *Phureje sp*, chauchas, sin dormancia (Huamán, 1984).

Estudios recientes proponen cuatro especies cultivadas y cerca de 100 especies silvestres relacionadas (Spooner *et al.* 2009).

Según Huamán (1984) los tubérculos poseen un periodo de reposo muy corto antes de iniciar la brotación; las plantas poseen hojas con poca pubescencia, brillantes y de hojuelas estrechas; son pequeñas y con cáliz bastante irregular lobulado.

Tiene tubérculos redondos, delgados o con formas especiales, ojos profundos, piel y pulpa amarilla (yema de huevo), con un peso promedio de 30g. Por lo menos existen 500 especies conocidas de *Solanum phureja* (Popenoe *et al.* 1989).

c.- *Solanum x chaucha*

Para Huamán (1984) esta especie es un triploide (3x) con una distribución geográfica amplia que comprende desde Colombia hasta el noroeste de Argentina, de los 3000 hasta los 3900 m.s.n.m. Son precoces y se adaptan a condiciones de valle (Cosio 2002).

Las plantas tienen hojas moderadamente diseccionadas con 3 a 6 pares de hojuelas laterales; las flores son medianas con lóbulos de los pétalos más anchos que largos; los tubérculos presentan formas más alargadas que otras especies, tienen buen sabor y no presentan dormancia (Huamán 1984).

d.- *Solanum juzepczukii* Bukasov

La distribución de esta especie comprende desde el centro del Perú al norte de Argentina, produce a partir de 3800 a 4200 m s. n. m. (Huamán 1984).

Estudios realizados por Hawkes (1990) describe como una planta con hojas rectas, pedúnculo corto (2 a 4 cm de longitud), pedicelos con articulación muy alta y poco distinguibles, corola azul pequeña (de 2.5 cm de diámetro) con lóbulos muy cortos y acúmenes muy pequeños.

Según Cosio (2002) estas son papas amargas y rucki con buena resistencia a las heladas.

e.- *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*.

Es un tetraploide (4X); Hawkes (1990) define como se distribuye casi por todo el mundo; son papas andinas de buena capacidad de adaptación a diferentes climas con un periodo vegetativo corto de 3 a 4 meses, floración escasa y por corto tiempo, polen estéril en muchas variedades, escasa o nula producción de bayas; tiene rendimientos altos. Los tubérculos son regulares y de buena forma, con ojos superficiales de gran tamaño y escasos.

f.- *Solanum curtilobum* Juz. et Buk

Es un pentaploide (5X), su distribución geográfica va desde el centro del Perú al norte de Argentina, que produce de unos 3800 a 4200 m s. n. m. (Huamán et al. 2002). Distinguido por su hábito semi-arrosetado, hojas rectas y rígidas, articulaciones del pedicelo muy altas y corola azul, larga de 30 a 35 mm de diámetro (Hawkes 1990).

Los cultivares típicos son: Shiri, Huaña, choque pito y piñaza; se caracteriza por su alta precocidad, alto contenido de almidón y proteínas; amargas con mucha resistencia a las heladas (Mateu 2013)

g.- *Solanum ajanhuiri* Juz. et Buk

Huamán et al. (2002) menciona que es un diploide (2X), una especie muy similar a *S. Stenotomum*, que es un híbrido de *S. megistacrolobu*; se distribuye, mayormente por el altiplano Perú- Bolivia; posee mucha resistencia a las heladas. El un cáliz de esta especie es regular, pequeño,

flores azules y muy pequeñas, articulación muy alta del pedicelo y hojas rígidas con 5, 6 o 7 pares de foliolos laterales y numerosos foliolos interpuestos. (Hawkes 1990).

h.- *Solanum stenotomum* Juz. et Buk

Es un diploide (2X), con una distribución geográfica que va del centro del Perú al sur de Bolivia; presenta variedades como: Pitiquña, churuipi, Poccoya y Amarilla; las que han desempeñado un papel muy importante en el origen de otras especies cultivadas con alta resistencia a la helada (Huamán et al. 2002).

Produce tubérculos de 5 a 6 meses con un periodo definido de dormancia; es una especie muy variable y posiblemente ancestro de todas las demás papas cultivadas (Hawkes 1990).

1.1.4 RESISTENCIA, TOLERANCIA Y SUCEPTIBILIDAD GENÉTICA DE LA PAPA ANTE *Phytophthora infestans*

La resistencia es la capacidad de la planta para reducir el grado del crecimiento y desarrollo del patógeno, después del contacto entre ambos o después que el patógeno haya iniciado su desarrollo o se haya establecido (Niks et al. 1993).

Esta resistencia puede ser inducida a través de inductores de fitoalexinas, selección masal, cruzamientos, etc. La resistencia puede ser vertical al defenderse un cultivo de una enfermedad en específico y tan sola una

planta de todo el campo; mientras, la resistencia horizontal ocurre al restringir al patógeno en todo el campo y ser tolerante ante muchas enfermedades.

a.- Resistencia genética en papa.

Algunos trabajos anteriores en Costa Rica mencionan que existen clones resistentes a *Phytophthora infestans*, presente en 83 genotipos de papa, provenientes de diferentes cruces y fusión de protoplastos de líneas de mejoramiento con las especies silvestres *Solanum bulbocastanum*, *S. circaeifolium*, *S. okadae*, *S. laxissimum*, *S. berthaultii*, *S. pinnatisectum* y *S. commersonii*, obtenidos bajo dos métodos en campo y en laboratorio; muestran como resultado los genotipos provenientes de cruces con las especies silvestres *S. bulbocastanum*, *S. circaeifolium* y *S. okadae*, fueron los que presentaron los valores más bajos del área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad: 60, 80 y 79, respectivamente. Las variedades Alpha, Waych, Pimpernell y Granola, utilizadas como testigos, presentaron los valores más altos del área bajo la curva 477, 474, 466 y 427, respectivamente (Barquero 2005).

Investigaciones similares realizadas por Mugica (2010) en Argentina han evaluado genotipos de la familia B 07.680 del Programa de Mejoramiento Genético del Papa del INTA Balcarce, producto del cruzamiento de las introducciones OKA 5880.22 x OKA 5632.11 de *trj* del Banco de Germoplasma de la EEA Balcarce, conformada por 92 genotipos con distanciamientos de 0.8 m entre surcos y 0.20m entre plantas.

Concluyeron que los genotipos 2, 40 y 49 presentaron bajos valores de AUDPC en campo y en laboratorio. Los genotipos 3, 48, 66 y 115 presentaron baja TCL y AUDPC en laboratorio.

Otro trabajo similar; al evaluar 9 clones de papas criollas frente a *Phytophthora infestans* durante dos semestres consecutivos y en cuatro localidades diferentes dentro de Colombia dio como resultado una interacción del patógeno y hospedante muy positivo; y las papas más resistentes fueron: 'Criolla Latina' (98-68.5), con rendimiento entre 18 y 20 t.ha⁻¹, resistencia moderada a *P. infestans*, y buena aptitud para enlatado o encurtido; 'Criolla Paisa'(98-70-12), rendimiento de 22 a 25 t.ha⁻¹, resistencia moderada a *P. infestans*, también es apta para el consumo en fresco; y 'Criolla Colombia' (Clon 1), rendimiento entre 13 y 15 t.ha⁻¹ (Ernesto Luis y Eduardo, 2005).

1.1.5 Control químico en papa.

Consiste en la aplicación de insumos químicos que controlen de forma directa a los patógenos, debido a que son letales dentro de las plantas, las cuales tienen efectos en la: germinación, crecimiento y reproducción, o bien letales (Agrios 2004). Se clasifican como fungicidas, bactericidas, nematocidas y herbicidas; la eficiencia y eficacia de estos agroquímicos varían para cada patógeno, en algunos casos son específicos e inmunes para otros. La gran mayoría de estos productos se aplican vía foliar, desinfección de semilla y vía drench.

El movimiento de los ingredientes activos como el fosetil de Al y los compuestos de cobre poseen un movimiento basipeto y acropetalo; mientras el resto solo tiene movimiento acropetalo y evita mejor control ante diversas enfermedades.

Un problema serio es el grupo de las acilalaninas, que ya dejaron de ser efectivas a *Phytophthora infestans* (Thompson 1985); mientras las cianoacetamidaoximas como el cymoxanil no genera mucha resistencia debido a su efecto multisitio (Leroux 1993).

El Propamocarb pertenece al grupo de los carbamatos que actúa sobre el micelio joven, afectando la permeabilidad de la membrana celular, y poco efectivo cuando el micelio está completamente desarrollado (Papavizas et al. 1978).

El fungicida Fenamidone proviene de un nuevo grupo de la Imidazolinona que también ya dejó de ser efectiva y en la actualidad ya no se aplica ni se combina con otros productos para elevar la eficiencia de la aplicación.

En el año 2001, en Colombia, se determinó que cerca del 75% de los aislamientos de *Phytophthora infestans* colectados en el departamento de Antioquia resultó insensible al Metalaxyl (Jaramillo et al. 2002 y Jaramillo 2004); de igual manera, para casi todo el mundo, donde este ingrediente activo dejó de comercializarse y aplicarse a *Phytophthora infestans*,

algunos combinan dos productos para poder manejar la resistencia cruzada; según FRAC (2006).

Hibert Giovani García y Mauricio Marín realizaron la reacción de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos en medio de cultivo determinando; concluyendo que el Metalaxyl es el peor ingrediente activo para el control de este patógeno debido a la alta resistencia que ya se generó; pero el cymoxanil encontró que de 64 aislamientos de *P. infestans* colectados en Nariño, el 83% resultó sensible al ingrediente activo y catalogada por la FRAC como fungicida con niveles bajos de resistencia.

El ingrediente activo Propamocarb es recomendado como última opción para el manejo de la resistencia, debido a su alta eficacia al momento de su aplicación por tener propiedades curativas y erradicantes; por último fenamidone y fosetil Al, se catalogó como un apoyo estratégico para el manejo de la resistencia y poder alternar de ingredientes activos durante toda la campaña; sin embargo, también vale la pena mencionar que la utilización masiva de este fungicida para el control de *P. infestans* en Colombia debe ser cuidadosamente analizada, ya que el Fenamidone, al hacer parte del grupo de fungicidas QoI, es una de las moléculas definidas por FRAC (2006) como de alto riesgo a seleccionar poblaciones de hongos y Oomycetes resistentes, debido a su modo de acción único y a la ocurrencia del fenómeno de resistencia cruzada, tal como ocurrió con las estrobilurinas (Gisi et al. 2002).

1.2 *Phytophthora infestans*

1.2.1 Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans*

La principal enfermedad devastadora de la papa (*Solanum tuberosum*) es *Phytophthora infestans*, la cual afecta en diferentes grados hasta generar pérdidas totales en el cultivo y los tubérculos (Adriana 2015).

El significado de *P. infestans*, se deriva de las palabras griegas Phyto= planta y Phthora= destructor; la cual en conjunto es: destructor de plantas.

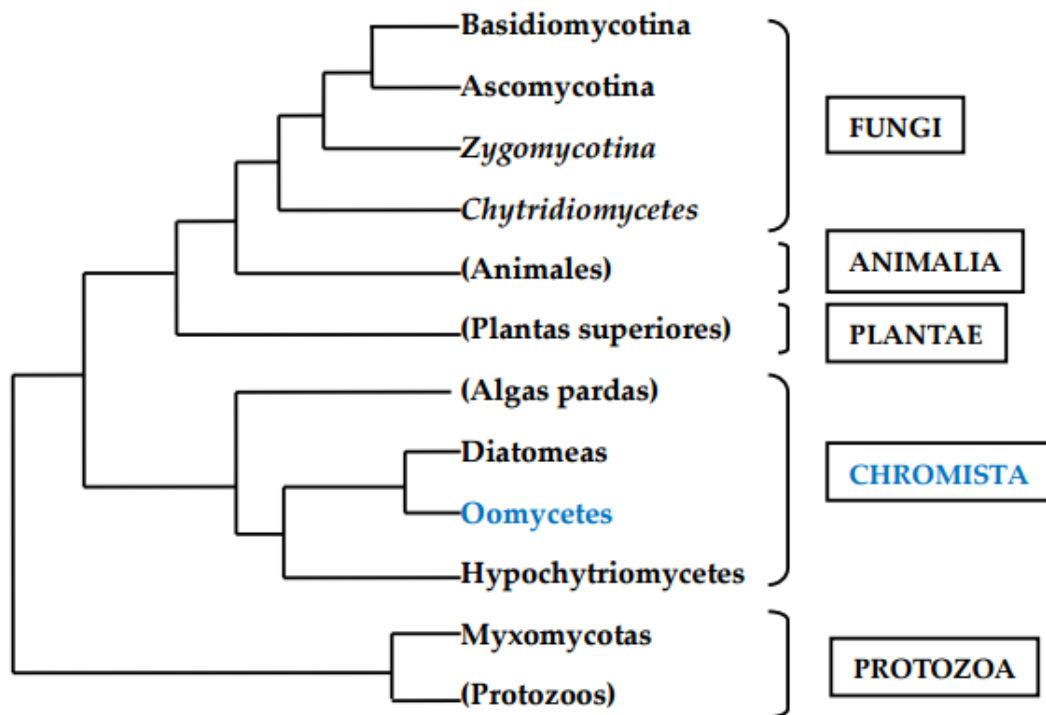
El tizón tardío de la papa o la ranca, comúnmente llamada en Perú, perteneciente anteriormente al reino protista, en la actualidad pertenece al reino Chromista, debido a que posee glucano en vez de quitina, carencia de hipoxidación del esqualene a esteroides y diferencias en las vías metabólicas, como resultado de un sistema genético único (Erwin et al. 1996). Definiéndose, finalmente, en el reino Chromista de la clase Oomycete (Rossman et al. 2007).

El análisis secuencial de ARN ribosomal confirma la directa relación filogenética con las diatomeas y las algas pardas, a pesar de que se excluyeron de las formas pigmentadas (Raven et al. 1999).

Cuadro 1.1: Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans*

Reino :	Cromista (grupo Stramenophyle)
Phylum :	Oomycota
Clase :	Oomycete
Subclase :	Peronosporomycetidae
Orden :	Pythiales
Familia :	Phytiaceae
Género :	Phytophthora
Especie :	infestans

Fuentes: Raven et al. (1999) y Evert et al. (1999)



Fuentes: Cavalier y Smith (1987); Forster et al. (2000)

Figura 1.1: Relaciones filogenéticas entre los cinco reinos eucariotas

1.2.2 Ciclo de vida de *Phytophthora infestans*

a.- Invernación: Al ser un patógeno facultativo sobrevive en forma de micelio en los tubérculos, rastrojos presentes y en sus estructuras de conservación (Christian Neumann 2012).

b.- Penetración: Los esporangios, zoosporas y oosporas se adhieren en las hojas y mediante sus haustorios penetran en las defensas de la planta (Agrios 2002).

c.- Infección: El micelio crece alcanzando los brotes, produciendo colapso celular; cuando el micelio llega a la parte aérea de la planta, produce las estructuras reproductivas (zoosporangios), diseminándose por acción de la naturaleza sobre las partes húmedas y provoca nuevas infecciones (Christian Neumann 2012).

Al generar nuevas estructuras de propagación: esporangios, zoosporas y oosporas, son formados, lo que produce una gran cantidad de nuevas infecciones hacia toda la planta; mediante el arrastre del agua llegan a los tubérculos, lo cual produce un crecimiento rápido del patógeno. (Agrios 2002).

El micelio dentro de las plantas forma haustorios rápidamente y se desarrolla intercelularmente, generando la lisis celular (Jaramillo 2003), por lo general 10 días posterior a la infección los esporangios emergen de los estomas al medio ambiente a liberar zoosporas (Néstor Alfredo 2015).

d.- Multiplicación: En esta fase, llega a multiplicarse el patógeno de forma exponencial, llegando a colonizar a toda la planta. La enfermedad se desarrolla a temperaturas que van entre 15 y 25 °C; una vez producida la infección, el desarrollo es más rápido a 21°C. Por otro lado, se

requieren humedades relativas cercanas al 100 % y 12 horas de humedad continua para infectar al cultivo (Christian Neumann 2012).

e.- Diseminación: una vez infectada la planta y se diera las condiciones adecuadas para la multiplicación del patógeno, logra generar sus estructuras de propagación: micelio, zoosporas, esporangios y oosporas; este último será inoculo para la papa en campañas posteriores que sobreviva a todas las adversidades del clima, mientras las otras necesitan un tejido vivo para poder sobrevivir. De esta manera logran conservarse de una campaña a otra (Agrios 2011).

1.2.3 Conceptos básicos de fitopatología.

a. Resistencia

Es la capacidad natural y heredable de algunas plantas, para sobrevivir al ataque de algún patógeno en específico o no llegar a ser afectada, mas no así, a otra raza del mismo patógeno, debido a las mutaciones constantes que ocurren a cada año. Esta resistencia generalmente es vertical y horizontal.

b. Tolerancia

Es la capacidad de una planta para sobrevivir y reproducirse tras el ataque de algún patógeno, el grado de tolerancia varia para cada planta a pesar de estar dentro de una misma especie. Esta tolerancia es debido a la capacidad que tiene la planta; por su genética propia.

c. Susceptibilidad

Se refiere a plantas que son completamente susceptibles al ataque de cualquier patógeno. Ya que su grado de resistencia es inferior a la virulencia del patógeno.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO

2.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en dos ambientes diferentes.

a.- Campo

El presente trabajo se desarrolló en la comunidad de Carhuaschoque, distrito de Acocro, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a 70 minutos, y a 55 Km de la ciudad de Ayacucho. La mencionada comunidad se encuentran a en las coordenadas UTM 600915 E 8539268 N y a una altitud de 3008 m s. n. m.

b.- Laboratorio

Se realizó en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de

Agronomía, en el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal-Ayacucho, a una altitud de 2791 m s. n. m., con coordenadas UTM 584318 E y 8546654 N, donde se poseen todas las condiciones favorables para poder trabajar con *Phytophthora infestans*.

2.1.2. Antecedentes del campo experimental

El terreno elegido es un campo endémico, debido a las constantes pérdidas de los productores de papa que instalaron sus cultivos. El campo descansó desde el año 2008 hasta el 2014, siendo un terreno fértil y apto para la siembra de papas nativas.

2.1.3. Condiciones climáticas

El ambiente de la zona es muy propenso a las plagas y enfermedades, debido a que el promedio pluviométrico en los meses lluviosos es de 940 mm, bordeando la temperatura en unos 22°C. La estación meteorológica de control fue del distrito de Tambillo por ser la zona más cercana, solo a 2.1 Km horizontales del terreno donde se instaló el trabajo de investigación. Los datos fueron muy similares al campo experimental.

Cuadro 2.1: Balance hídrico y climatológico correspondiente a la campaña agrícola 2014 – 2015. Temperatura, precipitación y balance Hídrico promedio mensual de julio.

ESTACION TAMBILLO:

Distrito : Tambillo longitud : 74° 06' 19" sur
 Provincia : Huamanga latitud : 13°12'54" oeste
 Departamento : Ayacucho altitud : 3250 msnm

AÑO	2014						2015					
MESES	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
T° (°C)	19.4	18.6	22.1	18.4	17.2	16	16.2	17	17.8	16.8	17.8	16.8
PPmm	15	22	35	68	114	164	172	201	198	99	55	11
ETP mm	96.224	92.256	109.616	88.32	82.56	79.36	80.352	78.88	88.288	80.64	88.288	80.64
ETP ajmm	106.22	101.84	121.00	97.49	91.13	87.60	88.70	87.07	97.46	89.02	97.46	89.02
EXCESO	----	----	----	----	22.87	76.40	83.30	113.93	100.54	9.98	----	----
DEFICIT	-91.22	-79.84	-86.00	-29.49	----	----	----	----	----	----	-42.46	-78.02

Cuadro 2.2: Datos para los gráficos: Ombrotermico y climatograma (setiembre 2014 - agosto 2015).

DATOS DEL DIAGRAMA OMBROTERMICO												
AÑO	2014						2015					
MESES	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PPmm	15	22	35	68	114	164	172	201	198	99	55	11

DATOS DEL CLIMATOGRAMA												
AÑO	2014						2015					
MESES	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PPmm	15	22	35	68	114	164	172	201	198	99	55	11
ETP ajmm	106.22	101.84	121.00	97.49	91.13	87.60	88.70	87.07	97.46	89.02	97.46	89.02

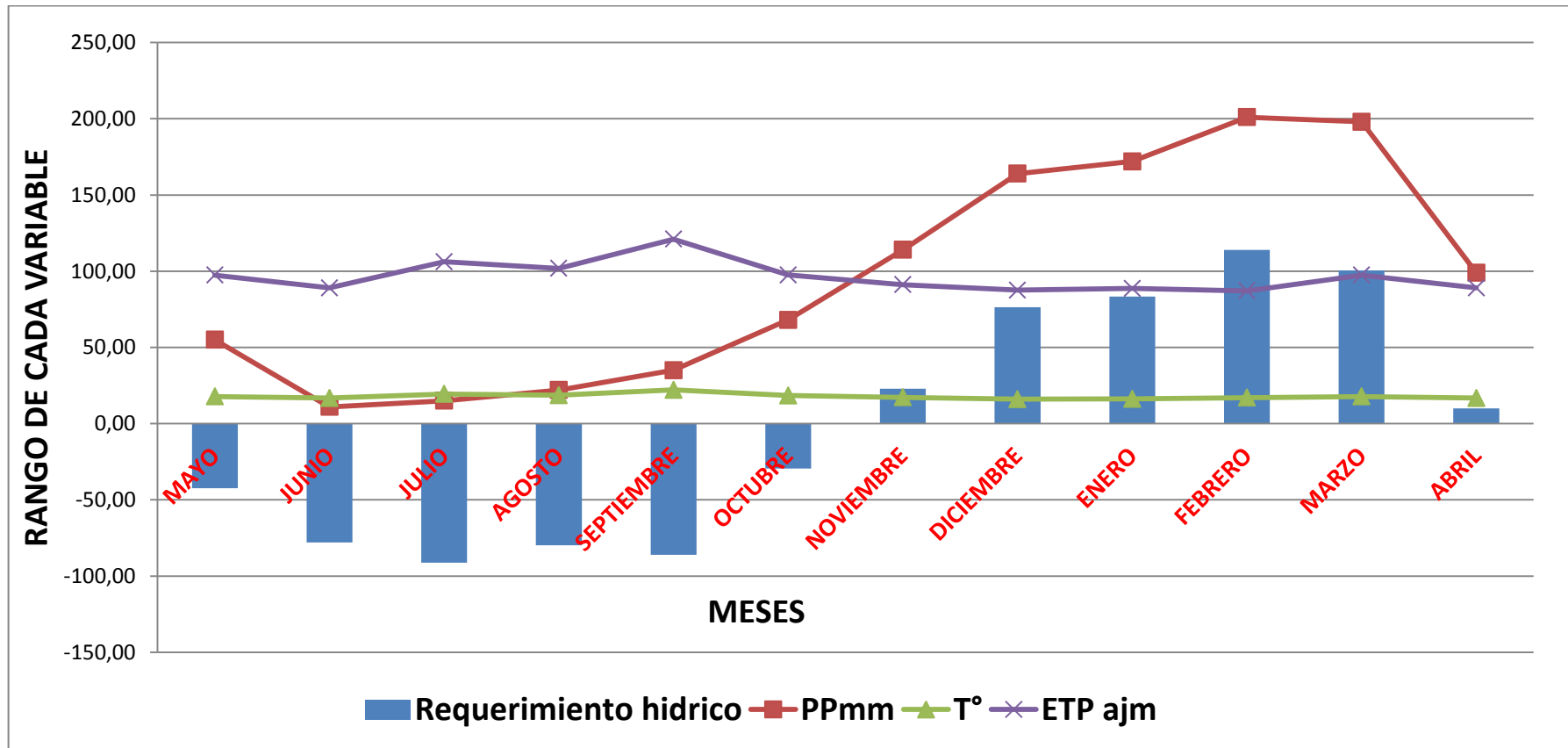


Gráfico 2.1: Temperatura y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2014 – 2015 de la Estación Meteorológica de Tambillo 3250 msnm – Huamanga- Ayacucho.

Según el diagrama 2.1 se puede observar que los meses más lluviosos son los de febrero y marzo, que coinciden con la presencia de la máxima presión del patógeno, con precipitaciones de 201 y 198 mm respectivamente, las cuales brindan las condiciones favorables para la aparición de la enfermedad.

Las precipitaciones incrementan a partir de diciembre hasta marzo; en abril culmina la temporada lluviosa con alta insolación, que genera un defoliamiento total de la planta y una cosecha seca; las bajas precipitaciones de abril solo apoyan en el mantenimiento de las plantas que aún no pudieron cumplir todo su ciclo vegetativo.

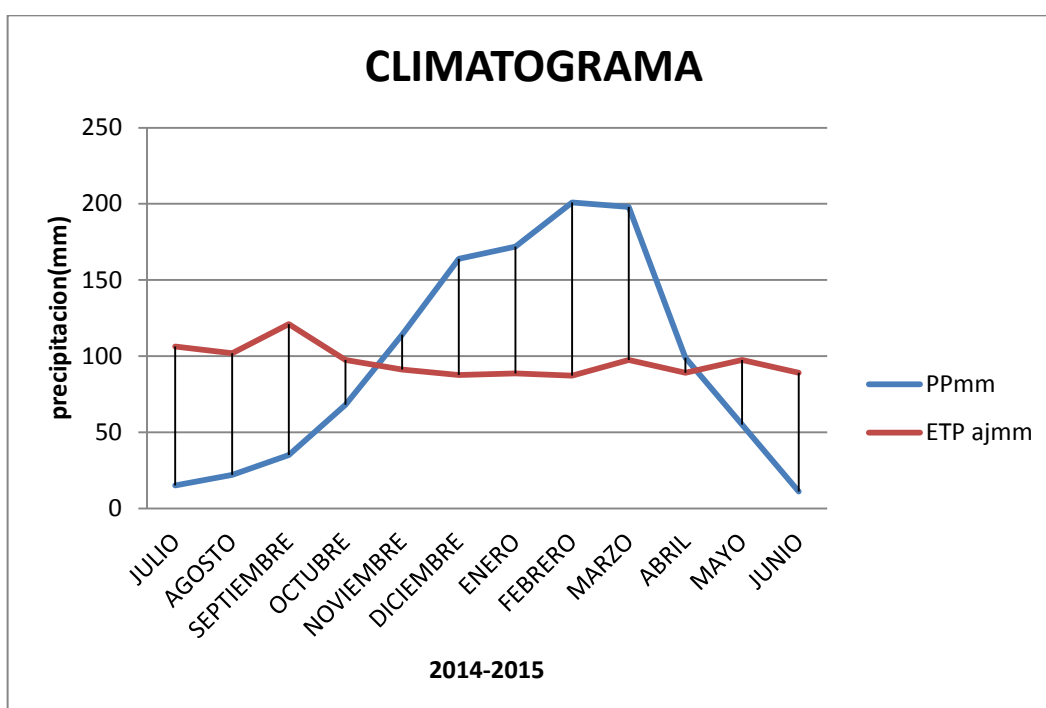


Gráfico 2.2: Climatograma del mes de julio del 2014 hasta junio del 2015, de la estación meteorológica de Tambillo a 3250 m s. n. m. Huamanga.

En la sierra se puede observar dos tiempos bien marcados, la época seca y lluviosa; pero las temperaturas no son muy variables fluctúan desde los 20.5 hasta los 28 °C en promedio, como máximo, en los meses de lluvia (OPEMAN 2015). Como se observa en el climatograma del cuadro 2.2 y Grafico 2.3, las condiciones más favorables para la presencia de cualquier enfermedad fungosa oscilan desde finales de noviembre hasta inicios de marzo; por ello se delimitó la tesis en estas fechas con la finalidad de favorecer las condiciones de estudio de la enfermedad, sumada la zona cálida en la que se encuentra hacen que *Phytophthora infestans* ataque con mayor agresión. La selección de la zona fue también por ser abrigada y lluviosa, tal como son las condiciones ambientales favorables para *Phytophthora infestans* y la presencia de distintas razas, hacen que presente todo su potencial para su desarrollo y devasten completamente los campos de papa en la zona.

2.1.4. Análisis físico químico del suelo

Como recomienda Agrolab (2014) se tomó adecuadamente las muestras del suelo con el protocolo correcto, reuniendo muestras de 10cm de profundidad, recorriendo el campo en forma de zigzag y se obtuvo muchas muestras, que al final se pudo homogenizar y seleccionar a una sola muestra compuesta, definitiva, que se llevó al laboratorio. Los resultados y la interpretación se muestran en el Cuadro 2.3, los mismos que fueron utilizados para el cálculo de los niveles de fertilización adecuada.

Cuadro 2.3: Análisis de suelo del campo experimental e interpretación- Carhuaschoque (3008 m.s.n.m.) distrito de Acocro- provincia de Huamanga.

CAMPO	pH (1:2.5)	C.E. dS.m ⁻¹	CO ₃ ⁼ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	% Sat. Bases
Maraypampa	5.46	0.01	0	0.276	5.52	31.5	191	2.23
Interpretación	Ácido	Bajo	---	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	---
Características físicas			Suelo descansado por 5 años-rotura, profundidad de 40 cm, buena aireación, suelo suelto, textura media					
Características biológicas (microorganismos benéficos)			Al ser un suelo descansado presenta: <ul style="list-style-type: none"> • Azobacter sp • Bacterias nitrificantes • Clostridium pasterianum • Micrococcus urea • Etc. 					

2.2 MATERIALES

2.2.1 MATERIALES DE CAMPO

- GPS.
- Zapapico.
- Materiales de escritorio.
- Fumigadoras.
- Baldes.
- Costales.
- Moto lineal.

2.2.2 MATERIALES DE LABORATORIO

a.- EQUIPOS Y APARATOS

- Microscopio.
- Balanza analítica.
- Placas Petri descartables.
- Papel filtro.
- Agitador magnético.
- Probeta.
- Porta y cubre objeto.
- Bisturí.
- Pinzas.
- Microonda cocera.
- Cámara de bioseguridad.
- Harinas molidas de garbanzo, arveja y haba.
- Insumos básicos de laboratorio: dextrosa (2%), peptona (2%), agar (1.5%), agua destilada, agua estéril.
- Antibióticos: ampicilina, nistatina, rifadina, vancomicina, pentacloronitrobenceno y benomilo.
- Autoclave.
- Materiales básicos de laboratorio: piseta, pipetas, tubos de ensayo, matraz, pinzas, mortero.

b.- REACTIVOS

- Acetona
- Glicerina

- Agua oxigenada (H₂O₂)
- Alcohol etílico
- Gotas de esmalte
- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio

2.2.3 MATERIAL BIOLÓGICO

- Micelio de *Phytophthora infestans* obtenida del aislamiento de la comunidad Carhuaschoque.
- 49 entradas de papas nativas (*Solanum spp.*)colectados de la zona de Pampa-cangallo.

2.2.4 MATERIAL VEGETAL

El material genético estuvo conformado por 49 entradas de papas nativas (*Solanum spp.*, codificadas, que se muestran en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4: Códigos de las 49 accesiones de papas nativas colectadas de pampa cangallo, pertenecientes al laboratorio de genética y biotecnología vegetal.

ACCESIÓN	CODIGO	NOMBRE COMÚN
T1	UNSCHLGBV-60405-SSP16-13	Huencoco
T2	UNSCHLGBV-60405-SSP02-13	Puca runtus
T3	UNSCHLGBV-60405-SSP42-13	Victor
T4	UNSCHLGBV-60405-SSP14-13	Maco
T5	UNSCHLGBV-60405-SSP49-13	Yanacuchipa runtun
T6	UNSCHLGBV-60405-SSP63-13	P63
T7	UNSCHLGBV-60405-SSP23-13	Alcarraza
T8	UNSCHLGBV-60405-SSP62-13	P62
T9	UNSCHLGBV-60405-SSP25-13	Yuraq lillcco
T10	UNSCHLGBV-60405-SSP27-13	Ujahuayro
T11	UNSCHLGBV-60405-SSP12-13	Azul ñahui
T12	UNSCHLGBV-60405-SSP40-13	Yutaq suytu
T13	UNSCHLGBV-60405-SSP61-13	P61
T14	UNSCHLGBV-60405-SSP19-13	Leona añil
T15	UNSCHLGBV-60405-SSP35-13	Tambina
T16	UNSCHLGBV-60405-SSP47-13	Yana rosilla
T17	UNSCHLGBV-60405-SSP30-13	Puka ñahui
T18	UNSCHLGBV-60405-SSP22-13	Yutupa runtun
T19	UNSCHLGBV-60405-SSP73-13	P73
T20	UNSCHLGBV-60405-SSP01-13	Capcas
T21	UNSCHLGBV-60405-SSP15-13	Duraznilla
T22	UNSCHLGBV-60405-SSP65-13	P65
T23	UNSCHLGBV-60405-SSP67-13	P67
T24	UNSCHLGBV-60405-SSP57-13	Yuraq chikñas
T25	UNSCHLGBV-60405-SSP10-13	Chiqui bonita
T26	UNSCHLGBV-60405-SSP03-13	Soyo caputo
T27	UNSCHLGBV-60405-SSP33-13	Marquina
T28	UNSCHLGBV-60405-SSP24-13	Camotillo
T29	UNSCHLGBV-60405-SSP04-13	Limeña
T30	UNSCHLGBV-60405-SSP20-13	Pucavacapa chuñun

T31	UNSCHLGBV-60405-SSP46-13	Amarilla
T32	UNSCHLGBV-60405-SSP13-13	Yuraq sisa
T33	UNSCHLGBV-60405-SSP70-13	P70
T34	UNSCHLGBV-60405-SSP58-13	Royacchalle
T35	UNSCHLGBV-60405-SSP60-13	Ritipa sisan
T36	UNSCHLGBV-60405-SSP50-13	Puca suyto
T37	UNSCHLGBV-60405-SSP54-13	Yana huaña
T38	UNSCHLGBV-60405-SSP51-13	Peruanita
T39	UNSCHLGBV-60405-SSP34-13	Negra
T40	UNSCHLGBV-60405-SSP45-13	Huayro hembra
T41	UNSCHLGBV-60405-SSP06-13	Allcca cambro
T42	UNSCHLGBV-60405-SSP11-13	Huayro
T43	UNSCHLGBV-60405-SSP37-13	Cuchipa acan
T44	UNSCHLGBV-60405S-SSP17-13	Cceccorani
T45	UNSCHLGBV-60405-SSP44-13	Runtus
T46	UNSCHLGBV-60405-SSP48-13	Durasnillo 2
T47	UNSCHLGBV-60405-SSP41-13	Muro suyto
T48	UNSCHLGBV-60405-SSP18-13	Sangre de toro
T49	UNSCHLGBV-60405-SSP68-13	P68

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y CROQUIS.

El experimento fue conducido bajo el diseño experimental látice balanceado simple de 7x7 con 49 tratamientos, en dos bloques con control genético y un tercer bloque con control químico, como testigo, para usarlo de manera comparativa con el control genético. El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + R_j + T_i + \beta_{ik(j)} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observación realizada en la unidad experimental

μ = Medio general

R_j = Efecto de la repetición j – *esima*

T_i = Efecto del i – *esimo* tratamiento

$\beta_{ik(j)}$ = Efecto aleatorio del Bloque ik en repetición

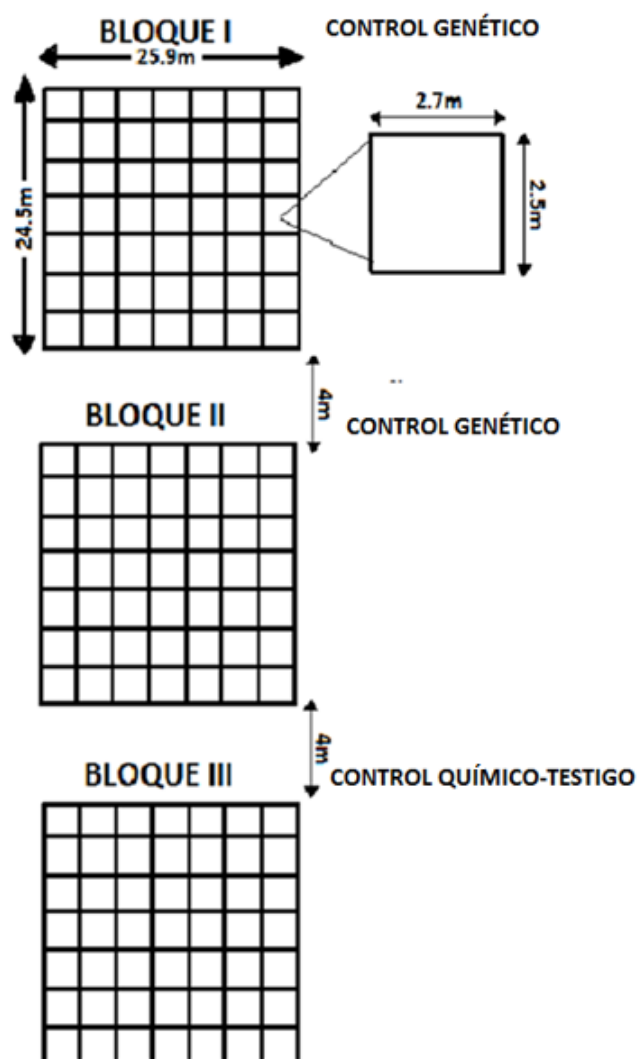
E_{ijk} = Efecto aleatorio o asociado a la ijk – *esima* observación

BLOQUE I							
(testigo con control genético- in situ)							
	1	2	3	4	5	6	7
1	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07
2	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14
3	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21
4	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28
5	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35
6	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42
7	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49

BLOQUE II							
(testigo con control genético- in situ)							
	1	2	3	4	5	6	7
1	T01	T08	T15	T22	T29	T36	T43
2	T02	T09	T16	T23	T30	T37	T44
3	T03	T10	T17	T24	T31	T38	T45
4	T04	T11	T18	T25	T32	T39	T46
5	T05	T12	T19	T26	T33	T40	T47
6	T06	T13	T20	T27	T34	T41	T48
7	T07	T14	T21	T28	T35	T42	T49

BLOQUE III							
(testigo con control químico- in situ)							
	1	2	3	4	5	6	7
1	T01	T23	T19	T08	T13	T26	T25
2	T12	T32	T20	T31	T30	T5	T24
3	T34	T11	T03	T14	T04	T49	T7
4	T22	T15	T35	T28	T48	T40	T18
5	T39	T16	T02	T29	T42	T06	T47
6	T43	T10	T38	T09	T45	T36	T46
7	T33	T44	T21	T37	T41	T27	T17

CROQUIS DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES



2.4 INSTALACION Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.4.1 TRABAJOS DE CAMPO

a.- Elección del terreno

Se seleccionó un terreno química, física y biológicamente, fértil; para brindar a las papas nativas las mejores condiciones edáficas. El terreno posee antecedentes de pérdidas de cultivos de papa casi en su totalidad por *Phytophthora infestans*; en base a todo lo anterior se eligió este campo con coordenadas UTM 600115 E 8538380 N y a una altitud de 3008 m s. n. m.

b.- Preparaciones del terreno

El terreno se preparó en el mes de junio, con el fin de eliminar la grama o kikuyo, luego mullirla con una rastra pesada en el mes de agosto, culminando con una nivelación y surcado en el mes de octubre para luego sembrar, obteniéndose una profundidad de 35 cm.

c.- Siembra del experimento

Se realizó el 15 de noviembre del año 2014, iniciando con el trazado de las parcelas a instalar con ayuda de una wincha y cordel. Los distanciamientos entre surcos fueron de 90 cm, 30 cm entre plantas y a dos tubérculos por mata. Se aplicó un abonamiento con gallinaza a dosis de 10 t.ha⁻¹ y una fertilización química, según el requerimiento de la papa nativa y en base a los resultados del análisis químico del suelo.

PRIMERA FERTILIZACIÓN (15 de noviembre del 2014-dosis/hectárea)

- ❖ 50 kg de nitrato de amonio(33%N)
- ❖ 400 kg de fosfato di amoniaco(18%N y 46%P₂O₅)
- ❖ 150 Kg de cloruro de potasio(60%K₂O)
- ❖ 50 Kg de granumax(15%Ca-15%MgO-20%S)

SEGUNDA FERTILIZACIÓN (06 de enero del 2015)

- ❖ 190kg de nitrato de amonio(33%N)

La densidad fue de 18 plantas/parcela que comprende 6.8m², las dimensiones planteadas con fines de aplicar un control cultural fueron las siguientes:

- ❖ Distanciamiento entre surcos: 0.9m
- ❖ Distanciamiento entre golpes: 0.4m
- ❖ Profundidad de siembra: 10cm.
- ❖ Teniendo 27777 plantas/ha.

La primera fertilización se hizo a fondo junto a la gallinaza en golpes de forma homogénea, luego realizar un tapado superficial y colocar las semillas; de esta manera se evitó el quemado de las mismas; el tapado final se hizo con un azadón. La otra mitad de urea agrícola se aplicó en el primer aporque.

La distribución de las colecciones de papas nativas en el bloque fue de acuerdo a la randomización del diseño de latice simple de 7 x 7.

d.- Aporques y deshierbe

El primer deshierbe se realizó, exactamente, al mes de la instalación(15 de diciembre); debido a las condiciones cálidas de la zona tuvo un crecimiento rápido; mientras el aporque fue a las dos semanas después (06 de enero del 2015), juntamente con la segunda fertilización, y el segundo aporque fue el 18 de enero del mismo año. Se mantuvo un buen trabajo para mantener a la planta bien anclada al suelo y evitar tumbamientos por el viento, proteger a los tubérculos de plagas (polillas y gorgojos), favoreciendo así la tuberización y evitando que los estolones formen una nueva planta.

e.- Control fitosanitario

Se realizó aplicaciones continuas y de forma calendarizada cada 3 semanas, debido a que la zona presenta alta presión de diversos patógenos, a base de los ingredientes activos presentes en el cuadro 2.5.

Cuadro 2.5: Conjunto de ingredientes activos, dosis, hongos afectados y fechas de su aplicación para todos los bloques.

FECHA DE APLICACIÓN	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS DEL INGREDIENTE ACTIVO	HONGOS AFECTADOS
01/12/14	Azoxistrobin	230ppm	Clase: Oomicetes, Subdivisión: Ascomicotina, Basidomycotina, Deutoromicotina
25/12/14	Tebuconazole	125ppm	Ascomicotina y Deutoromicotina
20/01/15	boscalid	250ppm	Ascomicotina, Basidomycotina, Deutoromicotina
06/02/15	boscalid	250ppm	Ascomicotina, Basidomycotina, Deutoromicotina

Con estos ingredientes activos mostrados en el cuadro 2.5 se aplicó a los 3 bloques instalados en el experimento; de esta manera, se pudo evitar el ingreso de patógenos externos a *Phytophthora infestans* y garantizar únicamente la presencia de este patógeno en estudio. No se encontraron muestras de otros agentes como bacterias y virus.

La aplicación de bioestimulantes, hormonas, insecticidas y foliares fue en base a las condiciones climáticas del momento y según el requerimiento del estado fenológico del cultivo. Se realizó esta actividad con la finalidad de reducir el estrés por el cambio de ambiente y las accesiones presenten una mejor adaptación a la zona templada como lo es Carhuaschoque,

porque un cambio radical de un ambiente afecta seriamente a cualquier cultivo, estresándola directamente.

El cuadro 2.6. Presenta los ingredientes activos que se aplicaron en los diferentes estados fenológicos del cultivo para favorecer su crecimiento y desarrollo, con la finalidad de obtener plantas bien nutridas y reducir el ataque del hongo en estudio; así se realizó un control cultural preventivo.

Cuadro 2.6: Ingredientes activos, producto comercial y dosis, aplicados en los diferentes estados fenológicos en las papas nativas

INGREDIENTE ACTIVO	PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS DEL PRODUCTO COMERCIAL
auxinas	Rot Hoor ®	250ml
aminoácidos	Aminax ®	500ml
auxinas, micro elementos y extracto de algas	Fitaminas ®	250ml
fipronil	Regent ®	250ml
extracto de algas marinas	Algax ®	1lt
nutrientes N-P-K	foliar 20-20-20 ®	1lt
citoquininas y giberelinas	Promalina ®	60ml
micro elementos	Oligomix ®	100g
proteínatos de calcio	Promet Ca ®	500ml
nutrientes K	QuimifolKK300 ®	1lt
adherente, enetrante, dispersante y humectante.	Kinetic ®	40ml

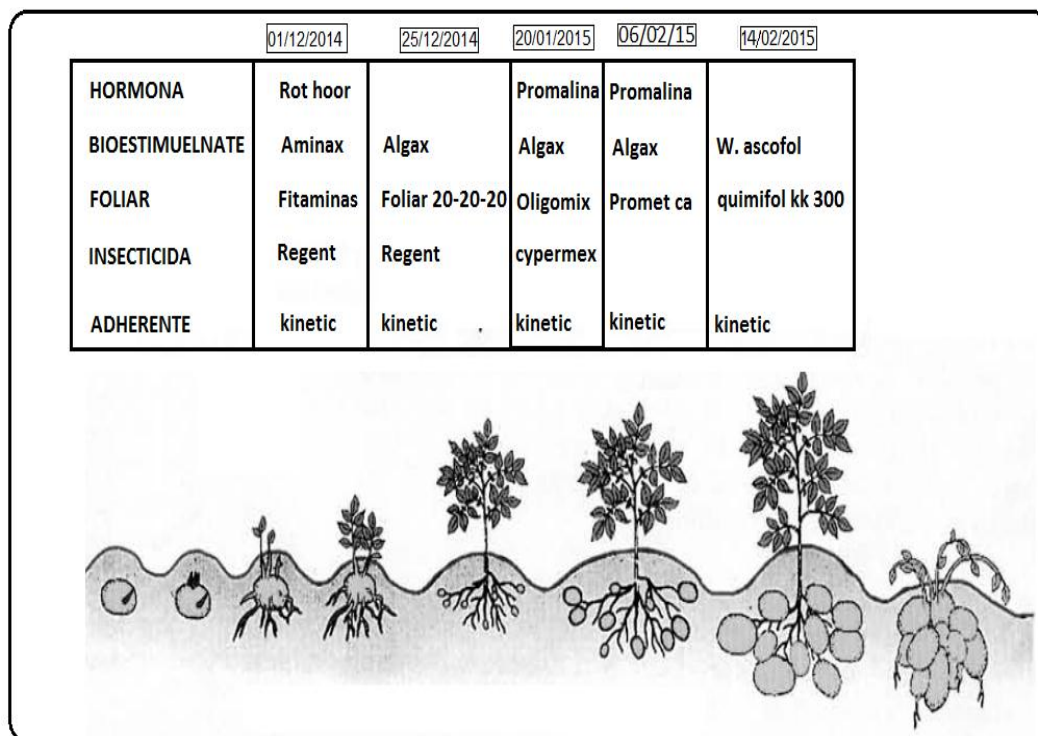


Gráfico 2.3: Aplicación de un conjunto de productos comerciales a las papas nativas según etapas fenológicas.

f.- Cosecha

La cosecha se realizó a los 135 días de la siembra (el 31 de marzo del 2015); cuando todo el follaje ya se encontraba consumido por *Phytophthora infestans*, procurando que cada accesión mantenga su código, separando cuidadosamente, para su posterior evaluación minuciosa.

Se cosechó de la misma manera al tercer bloque testigo que tuvo el control químico, para luego procesar los datos según sea correspondiente.

2.4.2 TRABAJOS EN LABORATORIO - IN VITRO

a.- Preparación del medio de cultivo

Se depositaron las harinas de: haba, garbanzo y arveja en la mitad del volumen de agua dejándose en reposo, para luego iniciar con el baño maría por 30 minutos y filtrándose con tamiz; se agregó el resto de los ingredientes, completando hasta el volumen final con agua destilada, mezclándolo homogéneamente para esterilizarla completamente con el autoclave por 155 min a 121 °C y 15 psi. Al enfriar 50°C se agregó los antibióticos disueltos en agua estéril, realizándose en la cámara de bioseguridad para evitar contaminación alguna (Cedeño et al. 2008).

b.- Aislamiento del patógeno

Se obtuvo folíolos infectados con *Phytophthora infestans* en la parte media de la planta, obtenidos de la comunidad campesina de Carhuaschoque, del distrito de Acocro, provincia Huamanga, transportándose inmediatamente en una cámara con hielo a 5°C hasta el Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la UNSCH.

Se lavó por 10 minutos con agua corriente y fueron secados con papel absorbente. Se desinfectó con hipoclorito de sodio al 5% por un minuto y, finalmente, enjuagados con agua estéril por un minuto para colocarlos en forma abaxial, cortados en trocitos en las placas Petri, junto con el medio de cultivo, realizándose todo esto en la cámara de bioseguridad para evitar infección alguna (Cedeño et al. 2008).

c.- Inoculación del patógeno a los folíolos

Las colonias de *Phytophthora infestans*, al encontrarse maduras y presentar esporangios, fue el momento de la inoculación, los folíolos se colocaron en placas Petri desinfectadas completamente con alcohol, agua destilada, finalmente con agua estéril, con una base de papel absorbente estéril y humedecida con agua estéril, inoculando con la pinza explorador de la colonia hacia las hojas, completando el trabajo cerrando las placas Petri con un sellado respectivo para dejarlas en la cámara de bioseguridad, manteniéndolas a una temperatura de 18°C con luz difusa completa según Escallon et al. (2005). Se podrá observar los esporangios ya maduros, hifas no septadas de *Phytophthora infestans* mediante el microscopio transcurrido unos 25 días aproximadamente.

2.5 VARIABLES EVALUADAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.5.1 Variables evaluadas en campo-in situ

a. Incidencia

Se evaluó el número de plantas enfermas del total de la parcela instalada, según cada accesión. El número total de plantas instaladas fueron 18 por cada parcela; los datos se tomaron con visitas periódicas a partir de la observación de los primeros síntomas hasta el momento de la cosecha.

b. Severidad

Se determinó la severidad y se expresó en porcentaje (el área afectada por *Phytophthora infestans* entre el área sana), utilizando la escala de

Clive (1990) dada en porcentaje: 1, 10, 25, 50, 75 y 100%; sumada los criterios básicos de Barquero et al. (2006).

Para evaluar la severidad de *Phytophthora infestans* se tomaron cinco plantas al azar, las cuales se marcaron y en cada una se señaló la hoja a evaluar, tomándolas como referencia para posteriores evaluaciones de severidad, realizándose esta labor en los dos bloques. Se pudo determinar la resistencia genética de cada accesión con la última evaluación de campo para ambos bloques, próxima a la cosecha, en base al grado de severidad que presentó en ese momento, promediando la severidad de todas las plantas dentro de cada parcela y comparándola con la tabla propuesta por Barquero et al. (2006).

d. Rendimiento de papas nativas con un control genético

Se evaluó el peso del tubérculo de toda la parcela de cada accesión, para los dos bloques con la finalidad de medir la capacidad productiva y su adaptación de cada accesión a la zona.

e. Rendimiento comparativo entre un control químico vs control genético

Se comparó el rendimiento entre dos controles diferentes, instalándose un tercer bloque con un control químico selectivo contra los oomycetes, usándolo como testigo y comparándolo con el rendimiento promedio de los dos bloques que tuvieron un control genético para cada accesión.

Se pesó los tubérculos de cada parcela, que tuvieron un control químico, y expresándolo en kg/parcela para obtener un comparativo de rendimientos entre ambos controles.

2.5.2 Variables evaluadas en laboratorio (in vitro)

a. Medios de cultivo de: haba, garbanzo y arveja

Se evaluó la colonia: el tamaño, el tiempo de formación, duración, color y consistencia.

b. Severidad

Se utilizó el mismo método que se planteó para el método de campo; en este caso se evaluó los folíolos que se encontraban dentro de las placas Petri.

c. Resistencia genética

Se determinó la resistencia genética con los criterios ya planteados en el método de campo; se evaluó, en este caso, el tamaño de la colonia sobre los folíolos y según la severidad de estos a un mes y medio después de la inoculación a los folíolos in vitro. En base a todo lo dicho sobre la severidad se utilizó el cuadro de Barquero (2006) para determinar el grado de resistencia genética. El presente trabajo de investigación se ha desarrollado y guiado por los siguientes objetivos:

1. Identificar en 49 accesiones de papas nativas del germoplasma del L. G. B V- UNSCH, utilizando métodos de in situ e in vitro, accesiones resistentes, tolerantes y/o susceptibles a *Phytophthora infestans*.

2. Comparar el rendimiento de 49 accesiones de papas nativas que están en interacción con *Phytophthora infestans*, mediante control químico y control genético.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 IDENTIFICACIÓN DE ACCESIONES DE PAPAS NATIVAS RESISTENTES - IN SITU

3.1.1 Incidencia por *Phytophthora infestans* en la colección de papas nativas

Se tomaron los datos de incidencia y severidad en las mismas fechas; de las cuales se pudieron obtener que de las 18 plantas/parcela que representan el 100% por cada accesión, todas presentaron síntomas de *Phytophthora infestans*; tanto en el bloque I y II a la última fecha de evaluación 16/03/15; los datos se muestran en el Cuadro 3.1.

Todas las plantas arrojaron una incidencia del 100%, y no fue necesario realizar cálculos estadísticos, debido a que habrán diferencias estadísticas; con estos datos queda demostrado que la zona de Carhuaschoque del distrito de Acocro provincia Huamanga es altamente endémica a *Phytophthora infestans* y otras enfermedades fungosas como:

Alternaria solani, *Fusarium sp*, *Spongospora subterránea*, *Sinichitrium endobioticum*, *Tecaphora solani*, etc.

Cuadro 3.1: Valores de incidencia tomadas en varias fechas, ocasionadas por *Phytophthora infestans* en papas nativas, en condiciones de campo Carhuaschoque-3008 m s. n. m.

ACCESIONES	01/02/2015		08/02/2015		19/02/2015		28/02/2015		09/03/2015		16/03/2015	
	BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
T1	1	1	0	0	8	0	15	6	18	18	18	18
T2	8	2	0	0	2	0	10	7	18	18	18	18
T3	5	1	0	0	3	3	12	8	18	18	18	18
T4	0	1	0	0	0	0	7	5	18	18	18	18
T5	3	NO	0	NO	5	NO	10	NO	18	NO	18	NO
T6	1	1	0	0	3	3	6	8	18	18	18	18
T7	0	0	0	0	0	2	5	7	18	18	18	18
T8	1	9	0	0	4	5	11	10	18	18	18	18
T9	10	2	0	0	2	5	10	10	18	18	18	18
T10	8	11	0	0	0	18	5	18	18	18	18	18
T11	0	4	0	0	3	18	8	18	18	18	18	18
T12	1	6	0	0	0	4	12	9	18	18	18	18
T13	6	9	0	0	5	3	14	6	18	18	18	18
T14	0	NO	0	NO	3	NO	9	NO	18	NO	18	NO
T15	3	2	0	0	18	18	18	18	18	18	18	18
T16	3	7	0	0	0	18	8	18	18	18	18	18
T17	4	6	0	0	0	2	6	9	18	18	18	18
T18	0	1	0	0	0	5	3	10	18	18	18	18
T19	0	7	0	0	0	0	4	4	18	18	18	18
T20	1	8	0	0	3	2	7	7	18	18	18	18
T21	0	2	0	0	5	3	10	10	18	18	18	18
T22	1	0	0	0	4	3	8	9	18	18	18	18
T23	4	1	0	0	4	4	5	11	18	18	18	18
T24	1	0	0	0	0	0	2	2	18	18	18	18
T25	3	0	0	0	10	0	10	5	18	18	18	18

T26	1	0	0	0	0	4	5	10	18	18	18	18
T27	0	0	0	0	0	3	6	8	18	18	18	18
T28	3	1	18	0	5	0	9	5	18	18	18	18
T29	0	1	0	0	3	7	10	10	18	18	18	18
T30	12	0	0	0	3	2	6	7	18	18	18	18
T31	2	NO	0	NO	1	NO	2	NO	18	NO	18	NO
T32	0	1	0	0	4	0	3	5	18	18	18	18
T33	1	1	0	0	0	0	6	2	18	18	18	18
T34	1	0	0	0	0	0	4	5	18	18	18	18
T35	0	0	0	0	10	2	16	9	18	18	18	18
T36	4	1	0	0	0	3	5	9	18	18	18	18
T37	5	0	0	0	0	10	5	14	18	18	18	18
T38	3	2	0	0	3	0	8	4	18	18	18	18
T39	1	0	0	0	0	0	5	9	18	18	18	18
T40	2	2	0	0	18	5	18	11	18	18	18	18
T41	2	0	3	0	3	5	8	13	18	18	18	18
T42	1	0	0	0	18	5	18	15	18	18	18	18
T43	2	0	0	0	0	0	4	4	18	18	18	18
T44	10	0	18	0	0	5	2	6	18	18	18	18
T45	3	1	0	0	5	0	9	9	18	18	18	18
T46	1	1	0	0	3	1	9	5	18	18	18	18
T47	3	0	18	0	0	10	8	17	18	18	18	18
T48	3	0	0	0	8	0	12	5	18	18	18	18
T49	0	0	0	0	3	5	6	9	18	18	18	18

a.- Condiciones meteorológicas e incidencia ocasionada por

Phytophthora infestans

Según los datos de la estación meteorológica del distrito de Tambillo del Gráfico 2.1, los meses de mayor precipitación fueron febrero y marzo con temperaturas de 20°C en promedio, las cuales coinciden con los meses de mayor incidencia de *Phytophthora infestans* en todas las accesiones de papas nativas de Cangallo, como se muestra en el Gráfico 3.1; la

incidencia tiene una tendencia de una curva sigmoidea en todas las accesiones instaladas, que inicia con una incidencia mínima, pero cuando las condiciones ambientales son favorables para el patógeno en estudio, rápidamente incrementan el número de plantas con síntomas y al ser de ciclo múltiple la infección de esta enfermedad rápidamente prolifera en todas las accesiones instaladas.

En menos de una semana todas las accesiones ya presentaban incidencia al 100%; por ello es muy recomendable, para futuros trabajos de investigación, tomar los datos inter diario debido a que la zona de Carhuaschoque presenta alta incidencia de diversas enfermedades, principalmente, de *Phytophthora infestans*.

Coincide con lo experimentado por Múgica (2010) en Argentina.

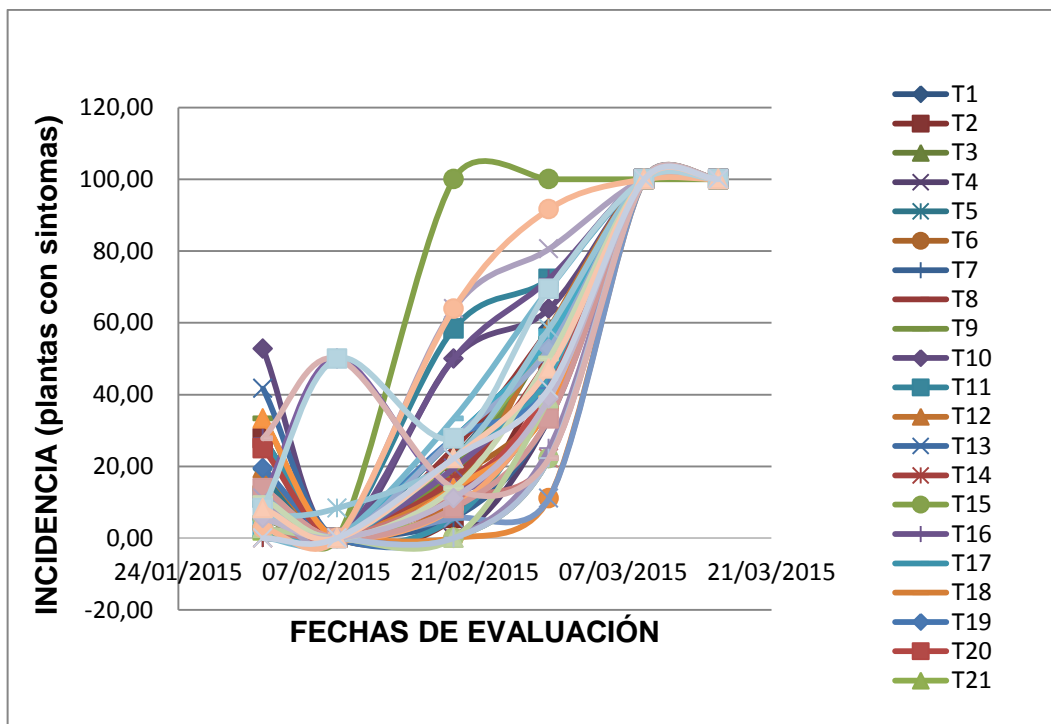


Gráfico 3.1: Curva del incremento de la incidencia en cinco fechas de muestreo (enero hasta marzo del 2015) en 49 accesiones de papas nativas, Carhuaschoque-3008 m s.n. m.

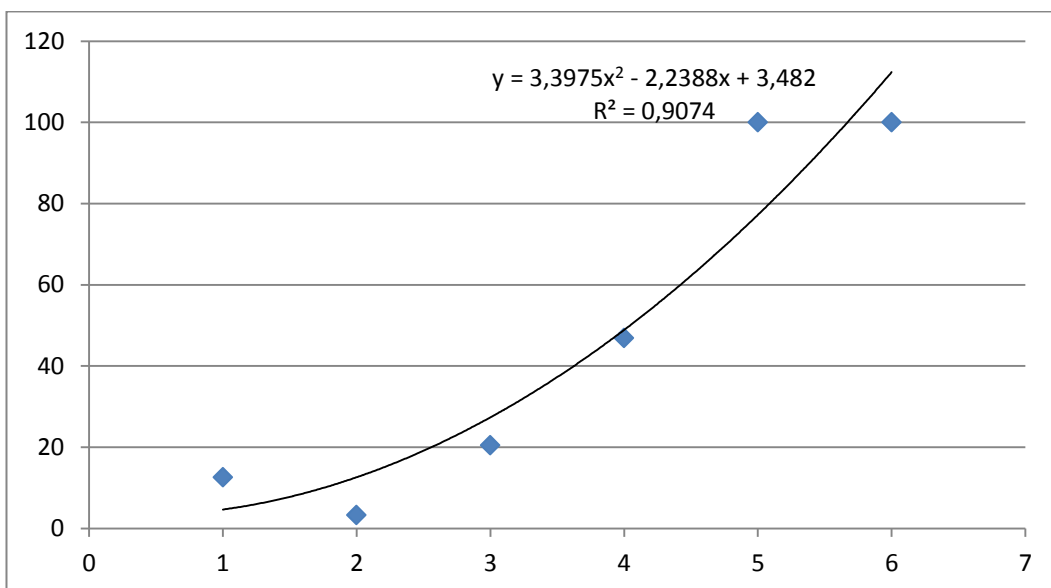


Gráfico 3.2: Ecuación de la tendencia promedio de la incidencia (%) en las accesiones. Cada 20 días

3.1.2 Severidad ocasionada por *Phytophthora infestans*

Los datos se tomaron semanalmente, a partir del 01/02/15 hasta el 16/03/2015; ya que en el transcurso de ese tiempo se presentó la máxima presión del patógeno y se evaluó de manera constante.

El momento óptimo cuando se evaluó la resistencia genética de cada accesión fue antes de la destrucción total de las plantas por *Phytophthora infestans*, que se presenta en el Cuadro 3.2.

Para la evaluación de la severidad se analizaron los datos que corresponden a la fecha 09/03/15 y el 16/03/15, porque el cultivo se encontraba en plena floración y superó el periodo de máxima precipitación en la sierra; esto respondió a las recomendaciones de Escallon (2005).

La toma de datos fue semanalmente con la finalidad de poder observar el periodo de máxima virulencia del patógeno, favorecido con los meses de mayor precipitación en la sierra. Los datos de severidad se expresaron en porcentajes del área foliar afectada del follaje total. Los datos obtenidos fueron variables para cada accesión, resultando similares al obtenido por Korgan (2010).

Cuadro 3.2: Valores de severidad tomadas en varias fechas, expresadas en porcentajes ocasionadas por *Phytophthora infestans* en papas nativas en condiciones de campo Carhuaschoque-3008 m s. n. m.

ACCESIONES	01/02/2015		08/02/2015		19/02/2015		28/02/2015		09/03/2015		16/03/2015	
	BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE		BLOQUE	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
T1	1	1	0	0	10	0	20	35	80	60	100	95
T2	2	1	0	0	2	0	10	30	40	70	100	100
T3	3	1	0	0	4	2	10	40	20	80	60	100
T4	0	1	0	0	0	0	5	20	20	60	50	70
T5	5	no	0	NO	10	NO	30	NO	70	NO	100	NO
T6	0.5	1	0	0	15	5	40	20	80	50	100	70
T7	0	0	0	0	0	3	20	20	60	50	100	70
T8	1	3	0	0	5	5	20	35	60	70	100	100
T9	3	1	0	0	2	15	10	40	30	80	60	100
T10	4	4	0	0	0	15	5	60	15	100	50	100
T11	0	4	0	0	3	5	10	30	15	80	50	100
T12	1	10	0	0	0	2	20	20	50	60	100	100
T13	0	3	0	0	10	5	20	15	60	50	100	70
T14	0	no	0	NO	3	NO	30	NO	80	NO	100	NO
T15	3	3	0	0	40	30	80	45	100	100	100	100
T16	3	3	0	0	0	20	20	50	60	100	100	100
T17	4	4	0	0	0	5	5	30	10	50	40	80
T18	0	1	0	0	0	3	5	20	15	30	50	50
T19	0	10	0	0	0	0	5	20	20	50	50	60
T20	1	6	0	0	5	3	30	40	80	60	100	80
T21	0	2	0	0	5	3	10	20	50	40	100	60
T22	1	1	0	0	5	5	15	15	60	40	100	60
T23	4	0	0	0	10	10	20	30	50	70	80	100
T24	1	1	0	0	0	0	5	10	10	30	40	60
T25	1	0	0	0	4	0	10	5	10	30	50	70
T26	1	0	0	0	0	5	30	15	60	30	100	60
T27	0	0	0	0	0	3	20	25	50	40	60	60
T28	3	1	0	0	5	0	40	20	80	50	100	60
T29	0	1	0	0	3	10	10	10	50	15	90	40

T30	7	0	0	0	2	5	5	10	30	15	90	40
T31	0.5	NO	0	NO	2	NO	5	NO	10	NO	40	NO
T32	0	4	0	0	10	0	10	10	10	20	50	40
T33	2	3	0	0	0	0	20	5	50	15	90	20
T34	1	0	0	0	0	0	10	5	20	15	50	40
T35	0	0	0	0	10	2	30	15	60	30	100	60
T36	1	5	0	0	0	5	5	20	30	40	70	70
T37	2	0	0	0	0	5	5	5	15	20	40	40
T38	1	0.5	0	0	3	0	20	5	50	10	80	50
T39	0.5	0	0	0	0	0	5	25	5	70	30	
T40	2	3	0	0	15	5	40	45	100	100	100	100
T41	2	0	0	0	5	5	30	20	50	70	70	80
T42	1	0	0	0	15	5	30	40	95	90	100	100
T43	2	0	0	0	0	0	5	10	30	50	60	90
T44	5	0	0	0	0	10	5	20	10	70	40	100
T45	2	2	0	0	5	0	50	30	90	60	100	90
T46	1	1	0	0	5	5	30	35	60	50	100	80
T47	15	0	0	0	0	15	60	45	100	100	100	100
T48	1	0	0	0	10	0	20	10	50	30	80	50
T49	0	0	0	0	5	3	30	10	80	20	100	40

a.- Condiciones meteorológicas y severidad ocasionado por *Phytophthora infestans*

Como se demuestra en los datos meteorológicos, los meses de mayor precipitación fueron febrero y marzo, que coinciden con la etapa de mayor severidad, tal como se muestra en la gráfica 2.1 y 3.3, respectivamente, la cual posee una tendencia de forma sigmoïdal al graficarla. Se puede determinar que *Phytophthora infestans* tuvo un crecimiento exponencial en los últimos 3 meses y sus daños por severidad fueron mucho mayores en el mes de marzo al atravesar el mes de febrero, que registró la mayor precipitación de toda la temporada lluviosa.

Todas las accesiones (49) presentaron el mismo fenómeno. La variación de la resistencia fue cambiando según cada accesión, dependiendo de su resistencia genética.

Las altas precipitaciones en los últimos meses favorecieron a todo tipo de enfermedades, pero es más favorable para *Phytophthora infestans* por las siguientes razones: a) la temperatura cálida que posee la zona, que genera la alta agresividad de este patógeno; b) las condiciones ácidas del suelo de 5.46; c) la susceptibilidad de las variedades comerciales como: Canchan, Yungay, Peruanita y Capiro, instaladas en los campos aledaños y que sirvieron como fuente de inóculo.

Las diferentes razas presentes en la zona y sumada las malas aplicaciones de fungicidas que realizan los pobladores por desconocimiento, generaron una mayor multiplicación y diseminación de este patógeno, que cada año es más virulento que el año anterior, generando mayor resistencia. Esto coincide con lo experimentado por Múgica (2010).

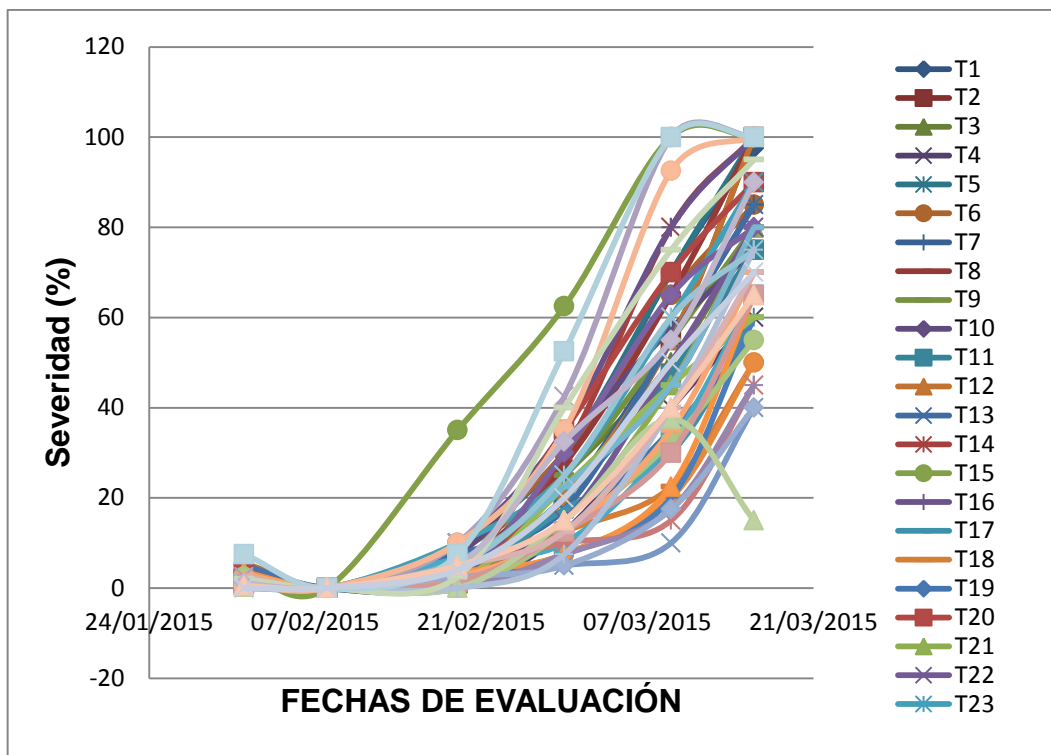


Gráfico 3.3: Curva del incremento de la severidad desde la aparición del primer síntoma (enero hasta marzo del 2015) en 49 accesiones de papas nativas

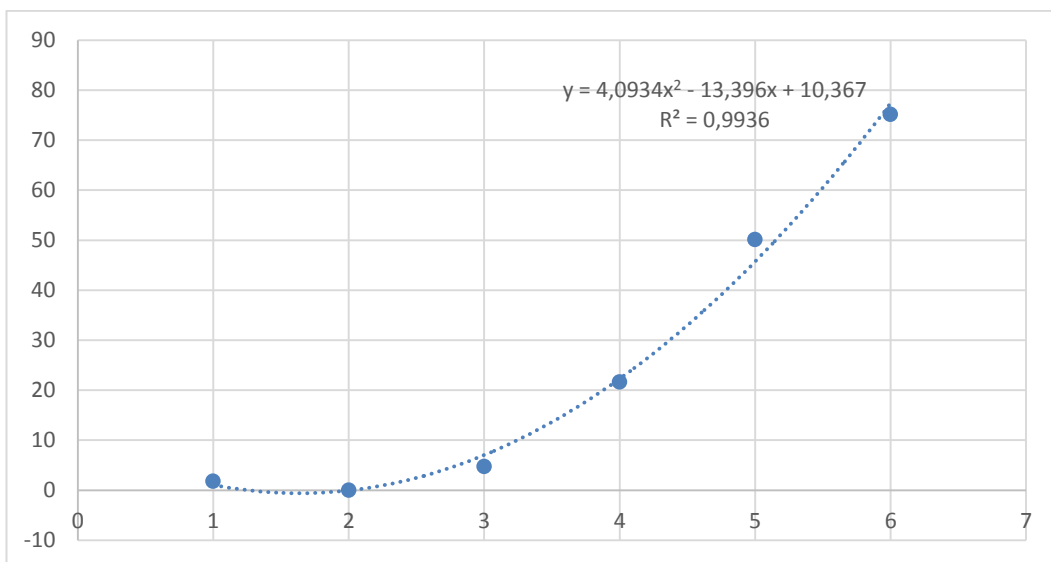


Gráfico 3.4: Ecuación de la tendencia de 2 promedios de la severidad (%) en diferentes fechas, cada 20 días

Se puede observar en los datos de severidad, que todas de las accesiones fueron destruidas al 100%, debido a que la zona presenta una gran variabilidad de este patógeno, que fue favorecido por la temperatura (21°C) y precipitaciones abundantes.

b.- Accesiones resistentes, tolerantes y/o susceptibles a *Phytophthora infestans*, en base a la severidad

Para poder determinar el grado de resistencia se tomó el criterio de Barquero (2006) como se muestra en el Grafico 3.5. El 14.3% de las 49 accesiones de papas nativas de Cangallo presentaron total susceptibilidad (75-100% de severidad) a la fecha 09/03/16, considerando el promedio de ambos bloques.

El 16/03/15 se incrementó el número de accesiones susceptibles a un 59.1% del total de las accesiones de papas nativas evaluadas; todas estas accesiones quedaron completamente destruidas por *Phytophthora infestans* y sin ser cosechadas absolutamente, al quedar podridos los tubérculos, después de tanto ataque del patógeno en estudio.

Mientras las accesiones de papas nativas tolerantes (51-75% de severidad) se presentaron en un 30,6% del total de la colección, el 09/03/15 del promedio de ambos bloques, manteniéndose al mismo nivel con un 26.5% de tolerantes, porque algunas accesiones de papas nativas se mostraban tolerantes a la fecha 09/03/15; luego de una semana de factores ambientales favorables para el patógeno en la fecha 16/03/15,

pasaron al grupo de los susceptibles y algunos resistentes pasaron al grupo de los tolerantes; en las accesiones tolerantes y resistentes sí se lograron cosechar tubérculos.

Las accesiones de papas nativas resistentes (<51%de severidad) iniciaron con un 55.1% de resistentes, pero al final de la evaluación el 16/03/15 corresponden al 10.2% del total de las accesiones resistentes; lográndose cosechar normalmente, sin tubérculos podridos. Para poder determinar el grado de resistencia genética se tomó en cuenta el criterio de Barquero (2006).

La variación de los resultados obtenidos en toda la colección de papas nativas se debe a que presentan una arquitectura y un patrón de desarrollo específico, concatenados a la influencia de las condiciones ambientales (Medina 2001).

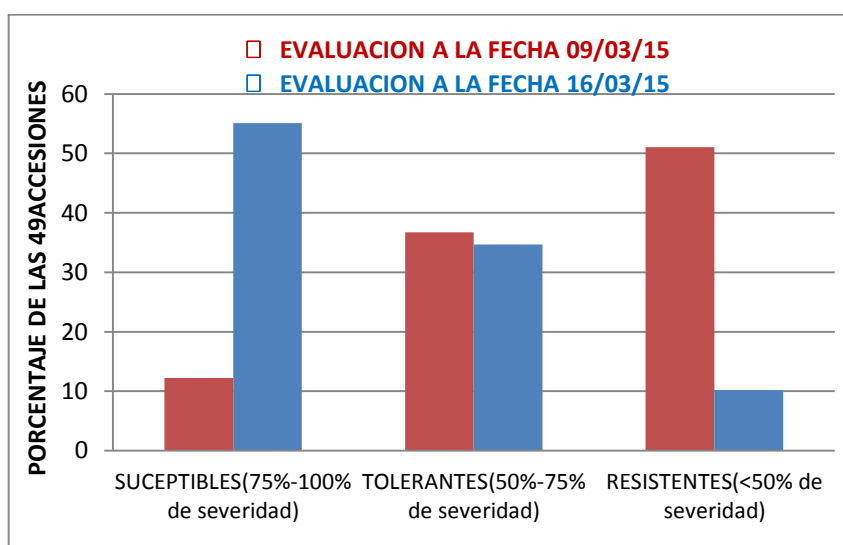


Grafico 3.5: 49 accesiones de papas nativas categorizadas en: resistentes, tolerantes y susceptibles; en dos fechas

En el siguiente cuadro se muestra el grado de resistencia, en porcentajes, de las 49 accesiones que corresponden a las fechas 09/03/15 y 16/03/15, en base al gráfico 3.5 y el cuadro 3.3. Con esto se demuestra que *Phytophthora infestans* es una enfermedad poli cíclica y muy agresiva con una alta virulencia en la zona por infectar campos enteros en una semana. Solo necesita las condiciones meteorológicas favorables para poder diseminarse e infectar rápidamente a todas las papas de la zona. Los datos del cuadro 3.3, se detallan en el análisis estadístico para cada fecha de evaluación en los cuadros 3.5 y 3.7; con el número de accesiones resistentes, tolerantes y susceptibles por cada evaluación.

Cuadro 3.3: Porcentaje de accesiones resistentes, tolerantes y susceptibles a las dos últimas fechas de evaluación.

CATEGORÍAS	FECHA DE EVALUACIÓN			
	09/03/2015		16/03/2015	
	%	N° accesiones	%	N° accesiones
SUCEPTIBLES(75%-100% de severidad)	14.3%	7	59.1%	29
TOLERANTES(50%-75% de severidad)	30.6%	15	26.5%	13
RESISTENTES(<50% de severidad)	55.1%	27	10.2%	7
TOTAL	100%	49	100%	49

c.- Análisis estadístico de severidad a los 114 días, a la fecha 09/03/15 ocasionada por *Phytophthora infestans*.

Cuadro 3.4: Análisis de varianza de severidad de 49 accesiones de papas nativas a *Phytophthora infestans* en dos bloques; a la fecha 09/03/15 Carhuaschoque 3008 m s. n. m. Acocro.

FV	GL	SC	CM	FC	FT		significación
					0.005	0.001	
Bloque	1	637.76	637.76	1.28	4.048	7.218	NS
Accesión	48	49573.98	1032.79	2.07	1.462	1.72	*
Error	48	23937.24	498.69				
total	97	74148.98					

CV 44.50%

Según el análisis de variancia del cuadro 3.4, se concluye que entre bloques no hay diferencia significativa, pero sí entre accesiones; lo cual demuestra que todas las accesiones tuvieron diferentes grados de resistencia genética a *Phytophthora infestans* y se refleja en los diferentes grados de severidad que tuvo cada accesión.

Mientras el coeficiente de variabilidad señala que hay una fuerte discrepancia dentro de la respuesta a la severidad en cada accesión, puesto que la relación hospedante - patógeno varía mucho para cada accesión y la variabilidad en su grado de defensa. Se justifica el alto coeficiente de variabilidad ya que *Phytophthora infestans* es un ser vivo y no se puede controlar el momento del incidencia, severidad y sobre todo la máxima presión y virulencia del patógeno; por lo tanto estos efectos no

son controlables; muchos autores recomiendan que el CV es aceptable hasta un 50% en este tipo de casos.

Cuadro 3.5: Prueba de Tukey (0.05) de severidad en la colección de 49 accesiones de papas nativas en dos bloques Carhuaschoque-3008 m. s. n. m. Acocro – Ayacucho

PRUEBA DE TUKEY AL 5% ALA FECHA 09/03/15		
ACCESIONES	PROMEDIO DE SEVERIDAD	ALS(T)
T47	100	a
T40	100	a
T15	100	a
T42	92.5	a b
T14	80	b c
T16	80	b c
T45	75	c
T5	70	c d
T20	70	c d
T1	70	c d
T28	65	d
T8	65	d
T6	65	d
T23	60	d e
T41	60	d e
T10	57.5	e
T46	55	e
T2	55	e
T7	55	e
T9	55	e
T12	55	e
T13	55	e
T3	50	e f
T22	50	e f

T49	50	e f
T11	47.5	f
T26	45	f
T27	45	f
T21	45	f
T35	45	f
T4	40	f g
T43	40	f g
T44	40	f g
T48	40	f g
T39	37.5	g
T36	35	g
T19	35	g
T29	32.5	g
T33	32.5	g
T17	30	g h
T38	30	g h
T18	22.5	h
T30	22.5	h
T25	20	h i
T24	20	h i
T37	17.5	i
T34	17.5	i
T32	15	i
T31	10	i

Según la prueba de Tukey al 5% del cuadro 3.5; hay 27 accesiones de papas nativas resistentes genéticamente (<51% de severidad) a la fecha 09/03/15 y estas accesiones son las siguientes: T3, T22, T49, T11, T26, T27, T21, T35, T4, T43, T44, T48, T39, T36, T19, T29, T33, T17, T38, T18, T30, T25, T24, T37, T34, T32, T31; hay diferencias significativas entre estas por su distinto grado de severidad.

**d.- Análisis estadístico de la severidad a los 121 días (16/03/15)
ocasionada por *Phytophthora infestans***

Cuadro 3.6: Análisis de varianza de severidad en 49 accesiones de papas nativas ante *Phytophthora infestans* en dos bloques, correspondiente al 16/03/15: Carhuaschoque 3008 m s. n. m. Acocro

FV	GL	SC	CM	FC	FT		significación
					0.005	0.001	
Bloque	1	480.5	480.5	1.0	4.0	7.2	NS
Accesión	48	36681.6	764.2	1.6	1.5	1.7	*
Error	48	23204.0	483.4				
total	97	60366.1					
	CV	29.2%					

El resultado del ANVA del cuadro 3.6 demuestra, estadísticamente, que no hay diferencias entre bloques, pero sí diferencias estadísticas entre accesiones, debido a que cada accesión tiene diferente comportamiento.

La severidad se va estandarizando a un 100% para más del 50% de las 49 accesiones de papas nativas.

De la misma manera, el coeficiente de variabilidad señala que hay una fuerte discrepancia dentro de la respuesta de la severidad de cada accesión, por las razones ya expuestas en la anterior fecha 09/03/16 de evaluación.

Cuadro 3.7: Prueba de Tukey (0.05) de severidad de una colección de 49 accesiones de papas nativas en dos bloques Carhuaschoque- 3008 m s. n. m. Acocro – Ayacucho

PRUEBA DE TUKEY AL 5% A LA FECHA 16/03/15		
ACCESIONES	PROMEDIO DE SEVERIDAD	ALS(T)
T2	100	a
T5	100	a
T8	100	a
T12	100	a
T14	100	a
T15	100	a
T16	100	a
T42	100	a
T47	100	a
T40	100	a
T1	97.5	a b
T45	95	a b
T20	90	b
T23	90	b
T46	90	b
T13	85	b c
T7	85	b c
T6	85	b c
T9	80	c d
T26	80	c d
T3	80	c d
T21	80	c d
T22	80	c d
T28	80	c d
T35	80	c d
T10	75	d e
T11	75	d e
T41	75	d e

T43	75	d e
T44	70	d e
T49	70	d e
T36	70	d e
T48	65	e f
T29	65	e f
T30	65	e f
T38	65	e f
T17	60	f
T4	60	f
T25	60	f
T27	60	f
T19	55	f g
T33	55	f g
T24	50	g
T18	50	g
T32	45	g h
T34	45	g h
T31	40	h
T37	40	h
T39	15	i

En la fecha final de evaluación (16/03/15), las accesiones resistentes ya solo fueron: T39, T31, T37, T34, T32, T18 y T24 representado un 10.2% de las 49 accesiones de papas nativas según el cuadro 3.7. La accesión 39 es la variedad más resistente por tan solo poseer un 15% de severidad al final de la investigación. Por lo tanto, existe un número menor de accesiones resistentes, coincidiendo con los trabajos de Múgica, 2010 y el de Barquero (2006).

3.1.3 Rendimiento de papas nativas con control genético

Los datos del rendimiento de las 49 accesiones de papas nativas son muy variables porque tienen diferentes grados de resistencia genética; hubo parcelas, en las que no se cosechó absolutamente nada. A través del rebusque se logró conseguir 250 gramos de una parcela completa 2.7m x 2.5m con 18 matas/parcela; se tuvo que adelantar la cosecha para poder rescatar los tubérculos sanos de la pudrición que iniciaba, ocasionados por *Phytophthora infestans*.

La gran agresividad del patógeno en estudio genera grandes pérdidas, no solo en el rendimiento del cultivo, sino llegando hasta pérdidas del 100% por la podredumbre que llega a todos los tubérculos.

Cuadro 3.8: Rendimiento (kg/parcela) de papas nativas, con un control genético; in situ, Carhuaschoque a 3008 m s. n. m. Acocro.

TRATAMIENTO	BLOQUES	
	I	II
T1	3.1	2.8
T2	3	2.2
T3	3.1	1.3
T4	3	2.2
T5	1.15	NO
T6	2	1.4
T7	3	2.2
T8	1	0.1
T9	0.9	0.4
T10	3	3.3
T11	6	5
T12	2	1
T13	5	3.5
T14	1	NO
T15	0.5	0

T16	0.5	0
T17	5	2.9
T18	4	4
T19	4.5	5
T20	4	3
T21	3	2.3
T22	1.1	2.2
T23	3.2	2.8
T24	0	0
T25	1	1.1
T26	0.4	1.7
T27	4	4.6
T28	2.1	3
T29	1	1.9
T30	3.7	3.2
T31	3.9	5.4
T32	2.5	3.1
T33	1.5	1.9
T34	4.8	4.1
T35	2.3	2
T36	3.5	2.9
T37	5	5.2
T38	3.5	3.1
T39	3.8	6
T40	4	2.9
T41	0.5	0
T42	0.3	0
T43	2.3	1.8
T44	3.2	3.1
T45	1.1	1.5
T46	0.34	0
T47	0.6	0
T48	2.5	1.9
T49	0.3	0

a. Análisis estadístico del rendimiento (kg/parcela) de 49 accesiones de papas nativas con control genético a *Phytophthora infestans*

El análisis de varianza nos demuestra que hay una eficiencia de 117% superior al DBCR, y que no hay diferencias estadísticas entre bloques,

tampoco bloques con repeticiones; pero sí hay alta diferencia estadística entre tratamientos, por ello se recomienda realizar un estudio más profundo a esta variable. La cual se demuestra en el cuadro 3.9.

Cuadro 3.9: Análisis de varianza del rendimiento de 49 accesiones de papas nativas con control genético ante *Phytophthora infestans* en dos bloques, Carhuaschoque- 3008 m s. n. m. Acocro

FV	GL	SC	Significación
Repeticiones	1	4.6469	NS
Bloques en repeticiones.	12	0.5844	NS
tratamientos	48	4.7663	**
Error inter bloque	36	0.2447	
error	48	0.3296	

Eficiencia relativa al DBCR 117.62

Cuadro 3.10: Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento (Kg/parcela) de una colección de 49 accesiones de papas nativas en dos bloques sometidas a control genético, Carhuaschoque- 3008 m s. n. m. Acocro -Huamanga

Prueba de Tukey al 5% del promedio de ambos bloques			
Accesión	rendimiento (Kg/parcela)	rendimiento (t.ha ⁻¹)	ALS (T)
T11	5.5	8.15	a
T37	5.1	7.56	a b
T39	4.9	7.26	b c
T19	4.75	7.04	b c
T31	4.65	6.89	c
T34	4.45	6.59	c
T27	4.3	6.37	c d
T13	4.25	6.30	d
T18	4	5.93	d e
T17	3.95	5.85	d e

T20	3.5	5.19	e	f
T30	3.45	5.11	e	f
T40	3.45	5.11	e	f
T38	3.3	4.89	f	
T36	3.2	4.74	f	
T44	3.15	4.67	f	g
T10	3.15	4.67	f	g
T23	3	4.44	f	g
T01	2.95	4.37	g	
T32	2.8	4.15	g	
T21	2.65	3.93	g	h
T04	2.6	3.85	g	h
T07	2.6	3.85	g	h
T02	2.6	3.85	g	h
T28	2.55	3.78	g	h
T03	2.2	3.26	h	i
T48	2.2	3.26	h	i
T35	2.15	3.19	h	i
T43	2.05	3.04	h	i
T06	1.7	2.52		i j
T33	1.7	2.52		i j
T22	1.65	2.44		i j
T12	1.5	2.22		i j
T29	1.45	2.15		i j
T45	1.3	1.93		j k
T05	1.15	1.70		j k
T25	1.05	1.56		k
T26	1.05	1.56		k
T14	1	1.48		k
T09	0.65	0.96		k l
T08	0.55	0.81		l
T47	0.3	0.44		l ll
T15	0.25	0.37		l ll
T41	0.25	0.37		l ll
T16	0.25	0.37		l ll
T46	0.17	0.25		l ll
T42	0.15	0.22		l ll
T49	0.15	0.22		l ll
T24	0	0.00		ll

Hay mucha diferencia en el rendimiento de cada parcela, que varían desde 5.5 Kg/parcela como en el tratamiento 11, hasta no cosechar absolutamente nada como en el tratamiento 24, que se observa en el cuadro 3.10; El tratamiento 24 es motivo de mucho debate porque es una de las accesiones resistentes en base a la severidad, sin embargo, no se pudo cosechar absolutamente nada, con un rendimiento nulo. Se plantea una explicación alternativa sobre el clima por una falta de adaptación, pues la zona es un valle interandino y, al haber una alta temperatura, evitó que tuberizara y se fuera de vicio foliar. El resto de las accesiones estuvo dentro de los parámetros.

Con las accesiones más rendidoras, como los tratamientos T11, T37, T39, T19, T31, y el T34, se sugiere continuar con los estudios para conseguir una variedad nueva y resistente a *Phytophthora infestans* mediante un cruzamiento genético.

El resultado arroja una gran variabilidad en el rendimiento y el grado de la resistencia genética en toda la colección de papas nativas, lo cual coincidió con los resultados de Ernesto (2009).

3.1.4 Rendimiento comparativo de papa entre un control químico y con control genético

a.- Conducción de las papas nativas con un control químico

Se instaló un tercer bloque como testigo, que tuvo aplicaciones químicas de manera calendarizada contra *Phytophthora infestans* con la finalidad

de poder comparar los rendimientos de un control químico frente a un control genético y determinar la veracidad completa de la diferencia de los dos controles.

Se realizaron un conjunto de aplicaciones contra los oomycetes con productos combinados (2 a 3 ingredientes activos) para evitar cualquier tipo de resistencia debido a la gran presión del patógeno que presenta la zona, y así conducir sin ningún problema el experimento. Todas las aplicaciones se realizaron de manera calendarizada cada dos semanas, según el poder residual de cada insumo agrícola aplicado.

Teniendo en cuenta a Giovani (2007) las dos últimas aplicaciones se realizaron con los ingredientes activos de mayor garantía en el mercado; incluso se aumentó la dosis con la finalidad de poder controlar a *Phytophthora infestans* con mayor eficacia, puesto que los meses de mayor precipitación fueron los meses de febrero y marzo, por eso se tuvo que exceder en la dosis de uno de los productos y controlar eficientemente cualquier infección. Estos agroquímicos mencionados se describen en el cuadro 3.11.

Por el contrario, las parcelas aledañas ya se encontraban con alta incidencia y severidad por *Phytophthora infestans* el 15/02/15, por tal razón se tuvo que subir las dosis. Al 29 de marzo de 2015, las accesiones con control químico del 3er bloque se encontraban con síntomas de la enfermedad, a pesar de tantas aplicaciones con insumos químicos,

porque faltaban más aplicaciones y los administrados tenían poder residual bajo, como el último insumo agrícola aplicado.

Para poder conducir bien los cultivos de papa se recomienda unas 6 aplicaciones como mínimo si se desea altos rendimientos y poder controlar a cualquier Oomycete en la zona, pero todo depende de las condiciones climáticas que se presenten en la campaña; se esgrime esta recomendación en base a la experiencia propia que se tuvo en la zona.

Cuadro 3.11: Relación de ingredientes activos, producto comercial, hongos afectados y fechas de aplicaciones diseñados especialmente para *Phytophthora infestans* para el bloque III-testigo

FECHA DE APLICACIÓN	INGREDIENTE ACTIVO(PRODUCTO COMERCIAL)	DOSIS	HONGOS AFECTADOS
01/12/15	Azoxistrobin(amistar)	IA: 40g/cil PC: 80g/cil	Oomycetes, Deuteromycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes.
25/12/15	Cymoxanil + mancozeb (curzate)	I.A: (80g+640g)/cil PC: 1kg/cil	Oomycetes
20/01/16	Fosetil de aluminio(Totem)	IA: 800g/cil PC: 1kg/cil	Oomycetes
06/02/16	Chlorothalonil + Dimethomorph(sphinx supra 480 wg)	IA: (Chlorothalonil 400 g + Dimethomorph 80 g)/cil PC: 1kg/cil	Oomycetes
20/02/16	Propamocarb + fenamidone (consento) + <i>Bacillus Subtilis</i> (serenade)	IA:(Propamocarb 375g fenamidone 75 g)/cil PC: 1lt/cil IA: <i>Bacillus subtilis</i> 800ml/cil PC: 1lt/cil	Oomycetes, Deuteromycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes.
04/03/16	Propamocarb + fenamidone (consento) + <i>Bacillus Subtilis</i> (serenade)	IA:(Propamocarb 375g fenamidone 75 g)/cil PC: 1lt/cil IA: <i>Bacillus subtilis</i> 1600ml/cil PC: 2lt/cil	Oomycetes, Deuteromycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes.

Los datos del control genético es el promedio de los bloque I y II, los que se compararon con un tercer bloque, con el que se mantuvo un conjunto de aplicaciones químicas para poder controlar a *Phytophthora infestans*, que se muestra en el cuadro 3.12, resultando un rendimiento de 3 veces superior el control químico al control genético, aunque no se hayan esperado estos resultados. Se plantea que las temperaturas cálidas generaron una menor tuberización. El suelo, al tener materia orgánica de 5%, es muy bajo en comparación a las condiciones que posee en las alturas, medio adecuado para las papas nativas. Por ello este trabajo tiene aún muchas incógnitas. Se sugiere continuar con las investigaciones y complementar al trabajo presentado, pero con mayor grado de observación.

Cuadro 3.12: Comparación (kg.parcela^{-1} y t.ha^{-1}) de rendimiento entre un control químico y control genético ante *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo-Carhuaschoque 3008 m s. n. m. - Acocro

Accesión	CONTROL GENÉTICO		CONTROL QUÍMICO	
	rendimiento (Kg/parcela)	rendimiento (Tn/hectárea)	Rendimiento (Kg/parcela)	Rendimiento (Tn/hectárea)
T11	5.5	8.15	14.5	21.48
T37	5.1	7.56	16.1	23.85
T39	4.9	7.26	15.1	22.37
T19	4.75	7.04	15.6	23.11
T31	4.65	6.89	12.5	18.52
T34	4.45	6.59	13.3	19.70
T27	4.3	6.37	NO	NO
T13	4.25	6.30	9.9	14.67
T18	4	5.93	12.5	18.52
T17	3.95	5.85	13.7	20.30
T20	3.5	5.19	8.3	12.30
T30	3.45	5.11	9.5	14.07
T40	3.45	5.11	8.5	12.59
T38	3.3	4.89	NO	NO
T36	3.2	4.74	NO	NO
T44	3.15	4.67	NO	NO
T10	3.15	4.67	7.7	11.41
T23	3	4.44	8.6	12.74
T01	2.95	4.37	6.7	9.93
T32	2.8	4.15	8.9	13.19
T21	2.65	3.93	10.8	16.00
T04	2.6	3.85	8.3	12.30
T07	2.6	3.85	6.4	9.48
T02	2.6	3.85	NO	NO
T28	2.55	3.78	6.6	9.78
T03	2.2	3.26	8.4	12.44
T48	2.2	3.26	4.6	6.81
T35	2.15	3.19	5.5	8.15
T43	2.05	3.04	NO	NO
T06	1.7	2.52	7.3	10.81
T33	1.7	2.52	5.9	8.74
T22	1.65	2.44	7.9	11.70
T12	1.5	2.22	3.8	5.63

T29	1.45	2.15	NO	NO
T45	1.3	1.93	5.3	7.85
T05	1.15	1.70	NO	NO
T25	1.05	1.56	NO	NO
T26	1.05	1.56	7.7	11.41
T14	1	1.48	8.4	12.44
T09	0.65	0.96	6.8	10.07
T08	0.55	0.81	7.4	10.96
T47	0.3	0.44	5.9	8.74
T15	0.25	0.37	5.7	8.44
T41	0.25	0.37	4.8	7.11
T16	0.25	0.37	3.3	4.89
T46	0.17	0.25	3.8	5.63
T42	0.15	0.22	4.4	6.52
T49	0.15	0.22	6.6	9.78
T24	0	0.00	4.9	7.26

b.- Análisis comparativo del rendimiento de un control químico y control genético en 49 accesiones de papas nativas Caruaschoque-3008 m s. n. m.

El análisis de varianza del cuadro 3.13 determina que tanto los bloques y las accesiones tienen alta diferencia estadística. Los bloques son diferentes porque uno tuvo un control químico y el otro un control genético, con un rendimiento del control químico hasta de un 350% superior al control genético.

Las diferencias entre cada accesión de papas nativas de un mismo bloque fue en base a su fenotipo y genotipo característico de cada una de ellas, ya que presentan diferentes rendimientos a pesar de ser independiente de un control químico y genético.

Bajo la prueba de comparación de promedios ($t < 0.01$) existe diferencias estadísticas en el rendimiento del control genético y control químico.

En el control químico se tuvo una mejor respuesta en el rendimiento de las papas nativas tras el ataque de *Phytophthora infestans*, porque este tipo de control elimina de manera directa a este patógeno virulento. Es muy importante comparar los rendimientos entre ambos tipos de controles para cada accesión tal como se muestra en el cuadro 3.12.

Cuadro 3.13: Análisis de varianza de la comparación de control químico vs control genético de 49 accesiones de papas nativas ante *Phytophthora infestans* en dos bloques-Qaruaccchoque, 3008 m s. n. m.

FV	GL	SC	CM	FC	FT		significación
					0.005	0.001	
Bloque	1	539.0	539.0	83.7	4.0	7.2	**
Accesión	39	473.9	12.2	1.9	1.5	1.7	**
Error	39	251.2	6.4				
Total	97	1264.1					
CV		53.3 %					

Según el cuadro 3.12, las accesiones más rendidoras con un control químico son: T37, T19, T39 Y T11 con un rendimiento de: 23.85, 23.11, 22.37 y 21.48 t.ha⁻¹, respectivamente, y las accesiones menos rendidoras son: el T16, T46, T42 con un promedio de 4.89, 5.63 y 6.52 t.ha⁻¹, respectivamente.

Hay demasiada diferencia en cada tratamiento y mucho más aun en los bloques, por ello se debe profundizar en la investigación a esta variable; sin embargo, si se desea obtener rendimientos altos, se debe aplicar agroquímicos para poder controlar a *Phytophthora infestan* de manera calendarizada para obtener cosechas adecuadas. Al control químico sería ideal adicionarle el control genético y poder conseguir resultados satisfactorios con un manejo integrado.

Giovani (2008) demostró que al realizar aplicaciones químicas continuas y al controlar eficientemente cualquier patógeno, se logra obtener mejores rendimientos; tal como se pudo experimentar y observar al evaluar este parámetro en el presente trabajo de investigación.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE ACCESIONES DE PAPAS NATIVAS RESISTENTES-IN VITRO

3.2.1 Medio de cultivo garbanzo (MCG)

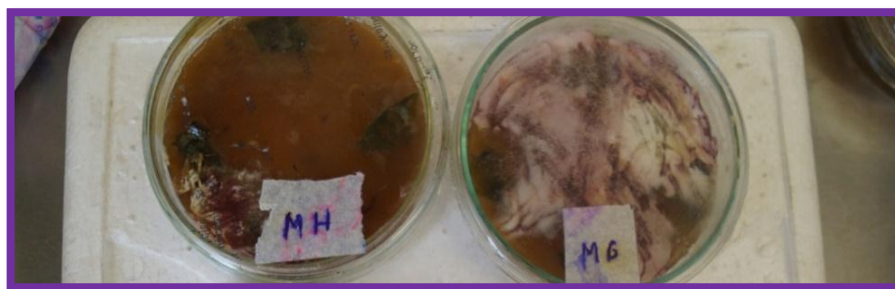
En el medio de cultivo (MCG), el inóculo tuvo un crecimiento más rápido. En 15 días, las colonias alcanzaron un diámetro de 3.5 cm; debido a que este medio de cultivo, que contiene el garbanzo, posiblemente provee mejores condiciones a *Phytophthora infestans* para su desarrollo. Para fines de trabajos rápidos se recomienda este tipo de medios de cultivo por generar mejores colonias. Esto se conservó solo hasta 2 meses, luego del cual se observa decaimiento de las colonias y desgaste del medio.

3.2.2 Medios de cultivo arveja (MCA)

En este medio de cultivo se observó el crecimiento lento de colonias de *Phytophthora infestans*, pudiéndose usar estas colonias en unos 3 meses, aproximadamente, para trabajos de investigación, con diámetros de colonias de 1.0 y llegar a conservarse hasta 6 meses; por lo cual se recomienda este medio de cultivo para la conservación de las colonias debido a que su crecimiento es lento juntamente con su madurez. Esto coincide con los datos reportados por Cedeño (2008).

3.2.3 Medios de cultivo haba (MCH)

Su crecimiento tuvo un desarrollo medio en comparación con las otras dos alternativas de harina. Las colonias se conservan hasta unos 4 meses para poder realizar cualquier trabajo, su colonia creció hasta unos 2.0 cm en promedio.



Fotografía 1: Amplio crecimiento de *Phytophthora infestans* en el medio MCG, en tanto que en el medio MCH, el crecimiento es menor

Cuadro 3.14: Características de los diferentes medios de cultivo elaborados en el laboratorio de genética y biotecnología vegetal-UNSCH

Medio de cultivo	Diámetro de colonia(cm)	Tiempo (días)	aspecto	Color
arveja	0.5	30	algodonoso	blanco
garbanzo	2.5	15	algodonoso	blanco
haba	1.5	20	algodonoso	blanco

3.2.4 Comparativo in vitro de 49 accesiones de papas nativas con *Phytophthora infestans*

La prueba in vitro se realizó en base a los resultados de campo; se obtuvo folíolos de las accesiones resistentes, tolerantes y susceptibles ya definidas en la prueba de campo para corroborar en el laboratorio los datos obtenidos in situ y así demostrar por ambos métodos la resistencia genética del germoplasma de papas nativas y poseer datos más certeros acerca de su resistencia genética.

Cuadro 3.15: Valores de severidad in vitro ocasionadas por *Phytophthora infestans* a foliolos de papas nativas inoculadas en condiciones de laboratorio

Numero	Accesiones	Área foliar afectada (%)	Grado de severidad	Diámetro de colonia(cm)
1	T37	25	IV	0.8
2	T08	20	IV	0.5
3	T33	60	V	1
4	T41	30	IV	1.2
5	T29	70	VI	2
6	T22	45	V	1.6
7	T24	5	II	0.1
8	T11	0	I	0
9	T18	5	II	0.1
10	T34	4	II	0.1
11	T44	50	V	1.8
12	T09	60	V	1
13	T19	20	IV	0.8
14	T21	5	II	0.1
15	T26	5	II	0.1
16	T27	8	III	0.15
17	T43	0	I	0.1
18	T45	8	III	0.1

El grado de resistencia se sustentó con lo planteado por Barquero (2006) para poder categorizar y determinar el grado de severidad en la que se encuentran cada una de las lesiones generadas por *Phytophthora infestans*, presente en el cuadro de anexo 3, luego se define de manera contundente las accesiones de papas nativas que fueron resistentes, tolerantes y/o susceptibles por ambos métodos.

3.3 Comparación de resistentes, tolerantes y susceptibles con ambos métodos en una colección de 49 accesiones de papas nativas

Cuadro 3.16: Comparación de resistencia genética bajo dos métodos (in situ e in vitro) con las últimas fechas de evaluación

ACCESIONES	EVALUACIÓN EN CAMPO FECHA :16/03/2015		EVALUACIÓN EN LABORATORIO FECHA :09/03/2015-09/04/2015	
	SEVERIDAD	CATEGORIO	SEVERIDAD	CATEGORIO
T11	75	SUSCEPTIBLE	0	RESISTENTE
T34	45	RESISTENTE	4	RESISTENTE
T18	50	RESISTENTE	5	RESISTENTE
T24	50	RESISTENTE	5	RESISTENTE
T19	55	TOLERANTE	20	RESISTENTE
T8	100	SUSCEPTIBLE	20	RESISTENTE
T37	40	RESISTENTE	20	RESISTENTE
T9	80	SUSCEPTIBLE	60	TOLERANTE
T33	55	TOLERANTE	60	TOLERANTE
T41	75	TOLERANTE	30	RESISTENTE
T44	70	TOLERANTE	50	TOLERANTE
T29	65	TOLERANTE	70	SUCEPTIBLE
T22	80	SUSCEPTIBLE	45	RESISTENTE
T21	80	SUSCEPTIBLE	5	RESISTENTE
T26	80	SUSCEPTIBLE	5	RESISTENTE
T27	60	TOLERANTE	8	RESISTENTE
T43	75	TOLERANTE	0	RESISTENTE
T45	95	SUSCEPTIBLE	8	RESISTENTE

Se ve en el cuadro 3.16, que de todo el trabajo de campo y laboratorio coinciden por ambos métodos, tan solo 6 accesiones de papas nativas, de toda la colección, corroborable por el Grafico 3.6. Por ello se sugiere continuar investigando con esta colección para poder profundizar más acerca de este tema. Las variables fueron muchas, por eso los resultados no coincidieron. Suponemos que la densidad del inóculo que se aplicó a

los foliolos en laboratorio fue el principal motivo para que ambos métodos no coincidieran en mayor porcentaje. El criterio para poder determinar el grado de resistencia en base a la severidad se tomó de Barquero (2005).

Se puede deducir fácilmente del Cuadro 3.16 y se muestra en el Gráfico 3.6, los resultados de severidad obtenidos con ambos métodos que coinciden para unas pocas accesiones, demostrándose por ambos métodos que las accesiones resistentes que se presentaron en el campo se volvieron a corroborar en el laboratorio, de la misma manera los susceptibles.

Las accesiones T34, T18, T24, T37, T44, T33 son las únicas que coinciden con el trabajo con los dos métodos, con los datos de campo a la fecha 16/03/15, como se ve en el cuadro 3.16; pero en la fecha 09/03/15 con los datos de campo y los mismos datos del laboratorio, solo 3 accesiones coinciden con ambos métodos.

Según Mugica (2010) en Argentina todas las accesiones de papas nativas resistentes en campo, deben de presentar los mismos síntomas en laboratorio; por ello se sugiere seguir estudiando para poder tener una mayor certeza en los resultados de esta evaluación. También podemos resaltar que el T09 es un posible susceptible y se debe de confirmar en futuros trabajos de investigación, debido a la gran diferencia en su severidad en los dos métodos empleados para determinar su grado de resistencia genética.

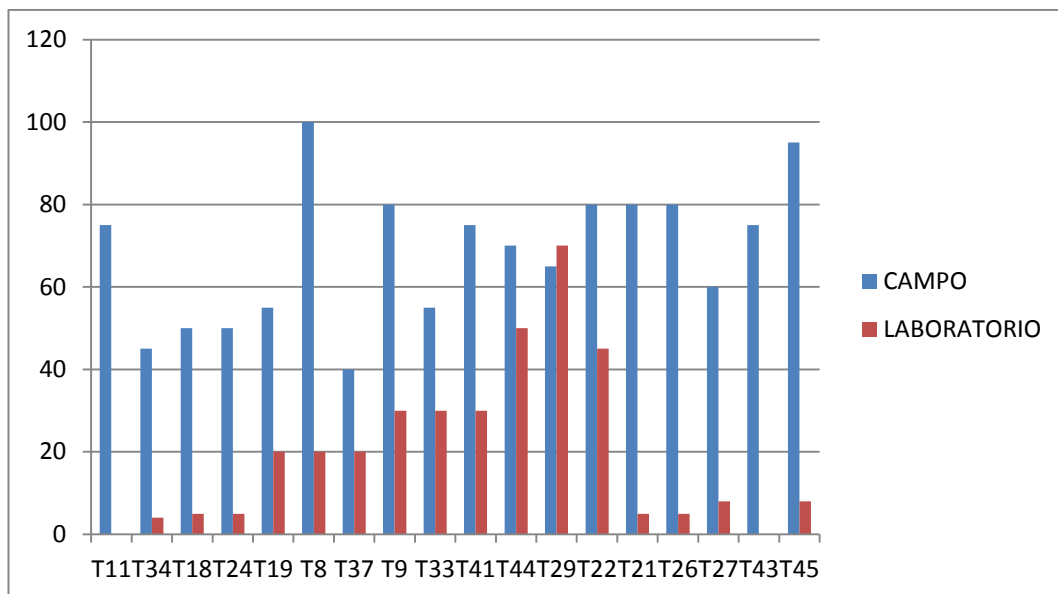


Grafico 3.6: Comparativo de resistencia genética de las accesiones evaluadas por ambos métodos (in situ e in vitro)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. Se ha identificado siete accesiones que muestran mucha diferencia entre toda la colección de papas nativas por sus diferentes respuestas a los tratamientos, pues solo las accesiones: T39, T31, T37, T34, T32, T18 y el T24 fueron las más resistentes a *Phytophthora infestans* a la última fecha de evaluación (16/03/15) según el método de campo; en tanto, con el método de laboratorio las accesiones: T11, T34, T18, T24, T19, T8, T37, T41, T22, T21, T26, T27, T43 y T45 fueron las más resistentes. Las accesiones resistentes que coincidieron por ambos métodos fueron: T34, T18, T24 y T37 (Rayacchalle, Yutupa runtun, Yuraq chikñas y yana huaña); estas se podrían usar para futuros trabajos de mejoramiento genético.
2. Comparando el rendimiento de 49 accesiones de papas nativas, resultaron con mejor rendimiento sometidas al control genético: T11,

T37, T39, T19 con valores de 8.15, 7.56, 7.26 y 7.04 t.ha⁻¹; mientras las mismas accesiones rindieron: 21.48, 23.85, 22.37 y 23.11 t.ha⁻¹ con un control químico, respectivamente: demostrando una eficiencia de 3.5 veces superior.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Seguir con las investigaciones, ya sea in situ e in vitro, para identificar las accesiones resistentes y usarlas para futuros trabajos de mejoramiento genético, y obtener variedades resistentes a *Phytophthora infestans*. Iniciando con la búsqueda de más accesiones para engrandecer el germoplasma en estudio.
2. La mejor alternativa para obtener mejores rendimientos es tener un manejo integrado para zonas tan endémicas como Caruhaschoque; usar medidas drásticas como: control cultural, control etológico, control biológico, control genético y como último recurso el control químico para reducir la población de cualquier patógeno.

REFERENCIAS IBLIOGRAFICAS

- Agrios, G. 1995.** Fitopatología. E.E. U.U.: New Yorck academic.
- Araus, L. 1998.** Fitopatología. Costa Rica: enfoque agroecológico.
- Barquero, M; Gómez, T. 2006.** Resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones promisorios de papa. Costa Rica.
- Carlos, G; Elizabeth, B. 2008.** Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* sub sp. *andigena*) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Nariño- Colombia.
- Cedeño, L; Fermín, G. 2008.** Medios de cultivo alternativos para aislar *Phytophthora infestans* de foliolo de papa. Venezuela.
- Coca, M. 2012.** Tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans*. Bolivia: Boletín técnico.
- Egusquiza, R; Catalan, W. 2011.** Manejo integrado de la papa. Agrobanco. Ayacucho: Guía técnica.
- Ernesto, L; Eduardo, C. 2005.** Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia. Colombia.
- Escallón, R; Ramírez, M. 2004.** Evaluación del potencial de rendimiento y de la resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont. de Bary) en la colección de papas redondas amarillas de la especie *Solanum phureja* (Juz. et Buk.). Colombia: Centro Experimental ICA San Jorge y en el Centro Agropecuario Marengo.
- Forbes, A; Pérez, W. 2014.** Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Lima- Perú; CIP.

Hibert, M; Jaramillo, S. 2007. Sensibilidad de aislamientos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos. Colombia.

Giraldo, H; Pérez, W. 2010. Severidad del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en zonas agrícolas del Perú asociado con el cambio climático. Peru.

Gonzales, L. 1981. Introducción a la fitopatología. Costa Rica.

Ivette, B. 2008. Manejo Integrado del Tizón tardío y estrategias de control químico. Chile. Gobierno Chileno.

Gabriel, J; Fernández, S. 2003. Niveles de resistencia al tizón tardío en clones de papa del Centro Internacional de la Papa. Bolivia: CIP.

Mateu, W. 2014. Manual de tuberosas y granos andinos. Ayacucho: Guia de teoría.

Mauricio, J. 2014. Consideraciones técnicas para el efectivo manejo integrado del tizón tardío en papa. Bolivia.

Música, H. 2010. Evaluación del comportamiento frente a *Phytophthora infestans* de una familia de *Solanum tarijense*. Argentina. Tesis.

Sanchez, C. 2003. Cultivo y comercialización de la papa. Lima-Perú.

Universidad de Piura, Facultad de Comunicación. 2001. Guía para citas y referencias bibliográficas. Perú.

ANEXOS

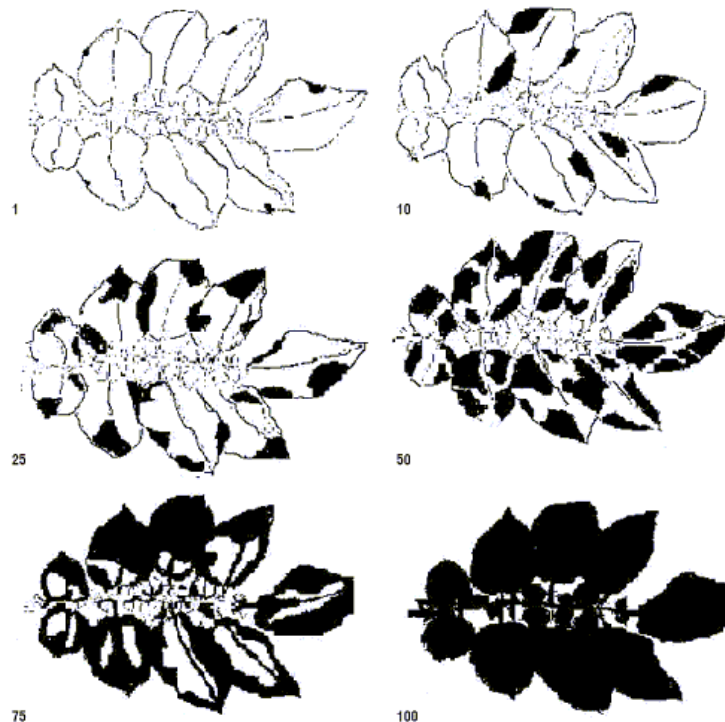
Anexo 1.

Niveles de grado para de la severidad por (Barquero 2006).

Grado	Porcentaje tejido afectado	Síntomas
1	0	No se observa tizón
2	0 - 5	Máximo 10 lesiones / planta.
3	5 - 15	Plantas sanas, área foliar afectada (20 foliolos).
4	15 - 35	Mayoría plantas afectadas, 25% follaje destruido (fd).
5	45 - 65	Parcela se ve verde, hojas inferiores muertas, 50% fd.
6	65 - 85	Parcela se ve verde, con manchas pardas, 75% fd.
7	85 - 95	Solo hojas superiores están verdes, tallos con lesiones.
8	95 - 100	Parcela se ve parda, mayoría tallos afectados o muertos.
9	100	Tallos y hojas muertos.

Anexo 2.

Escalas de severidad modificada, propuesta por Clive 1990.



Anexo 3.

Categorización de resistentes, tolerantes y susceptibles según Barquero, 2006.

Porcentaje de severidad	categoría
<51%	Alta resistencia
51%< y 76%<	Moderadamente resistentes
>75%	susceptibles

Anexo 4.

Escala de Horfall-Barrat para la evaluación de enfermedades.

Valor utilizado para re-convertir a porcentaje.			
clase	Severidad o incidencia	Punto medio	Formula en blanco
0	0	0	0
1	0-3	1.5	2.34
2	3-6	4.5	4.68
3	6-12	9	9.37
4	12-25	18.5	18.75
5	25-50	37.5	37.5
6	50-75	65.5	62.5
7	75-88	81.5	81.25
8	88-94	91	90.63
9	94-97	96.5	95.31
10	97-100	98.5	97.66
11	100	100	100

FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO IN SITU

Fotografía 2: Plantas de papas nativas susceptibles con severidad al 100% por *Phytophthora infestans*.

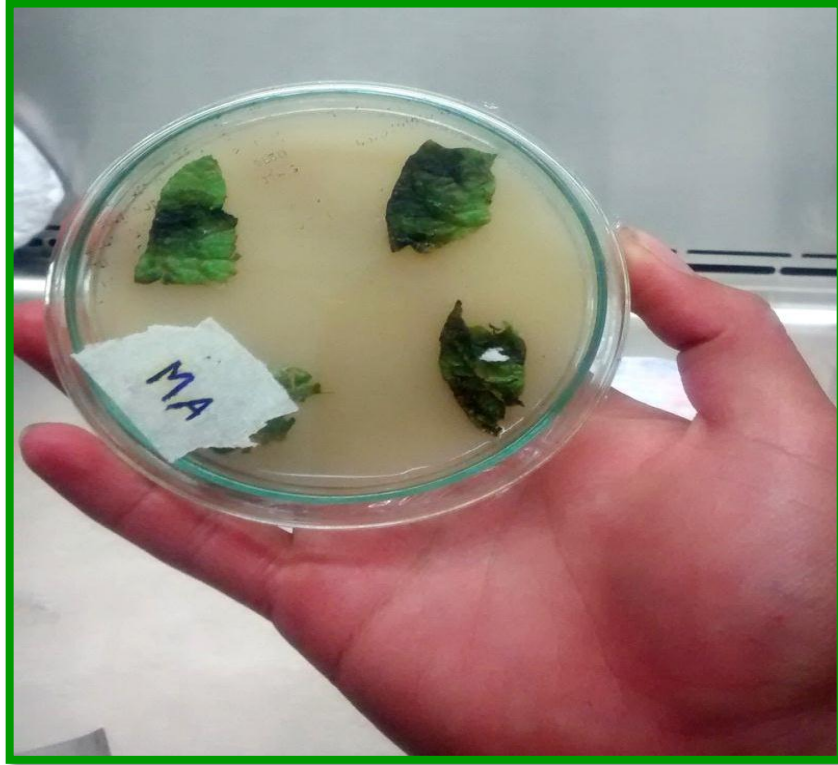


Fotografía 3: Accesoión resistente a *Phytophthora infestans*, culminada la campaña.



FOTOGRAFÍAS DEL MÉTODO IN VITRO

Fotografía 4: Medio de cultivo de arveja, recién inoculada.



Fotografía 5: Resultado del trabajo in vitro de resistencia genética.



Fotografía 6: Evaluación permanente del trabajo instalado en la cámara de bioseguridad.

