

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



*TESIS*

**Evaluación de inductores de resistencia y fungicidas  
en el control de *Phytophthora infestans* en tres  
variedades de papa en condiciones agroecológicas de  
Paucartambo**

**Para optar el título de;  
Ingeniero Agrónomo**

**Autor: Bach. Miriam Yanet AYRA ÁLVAREZ**

**Asesor: M. Sc. Andrés LEÓN MUCHA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2 018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Evaluación de inductores de resistencia y fungicidas  
en el control de *Phytophthora infestans* en tres  
variedades de papa en condiciones agroecológicas de  
Paucartambo**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Manuel LLANOS ZEVALLOS**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ**  
**MIEMBRO**

---

**Ing. Gina Elsi Asunción CASTRO BERMÚDEZ**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a Dios ya que gracias a él he logrado conducir mi carrera.

A mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos por sus palabras y su compañía a mis amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

## RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mis más profundos reconocimientos a:

- Agradezco a Dios todo poderoso por darme vida y salud. Así mismo A la Escuela de Formación Profesional de Agronomía sección Paucartambo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión” por cobijarnos en sus ambientes durante nuestros estudios.
- A los Magísteres Manuel LLANOS ZEVALLOS y Josué INGA ORTIZ, a la Ing. Gina CASTRO BERMÚDEZ, miembros del Jurado Calificador por sus acertadas sugerencias en el presente trabajo.
- Al Mg. Sc. Andrés E. LEÓN MUCHA. Asesor de mi tesis, quien guió acertadamente en la presente investigación con sus valiosos conocimientos para llegar a la culminación de mis objetivos.
- Al Ing. Carlos Alberto, ZAMBRANO POMA, co-asesor por habernos brindado su apoyo incondicional en la ejecución de este trabajo de tesis.
- A mis padres, hermanos por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, quienes me apoyaron en todo el trayecto de mis estudios muchos de mis logros se lo debo a ustedes. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.
- Gracias madre y padre.
- A todas las personas quienes hicieron posible la realización de este proyecto gracias.

## RESUMEN

El cultivo de papa se encuentra entre los cuatro cultivos más importantes en la dieta humana conjuntamente con el maíz, trigo y el arroz, por su contenido de almidón asimilable, proteínas, aminoácidos, vitamina C, así como de un 75 a 80 % de agua.

Una de las enfermedades más importantes que genera pérdidas económicas en el cultivo de papa a nivel mundial es el tizón tardío o rancho que es ocasionado por *Phytophthora infestans*, por lo que su control se basa principalmente en la utilización de productos químicos, generando un impacto negativo al medio ambiente y a la salud de las personas, así como también se incrementan los costos de producción.

La presente investigación fue desarrollado durante los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018, en el lugar denominado Poxogan, perteneciente al distrito de Paucartambo, provincia y región de Pasco, comprendida en la zona de vida de Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh – MT); la misma que tuvo por objetivo general estudiar tres inductores de resistencia y tres estrategias de control químico de *Phytophthora infestans* en tres variedades de papa en condiciones del distrito de Paucartambo, conducidos en un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con un factor A (Variedades de papa) de 3 niveles y un factor B (Inductores de resistencia y fungicidas) de 6 niveles, donde las variedades de papa estuvieron en parcelas y los inductores con los fungicidas estuvieron en sub parcelas en 3 repeticiones, haciendo un total de 54 sub parcelas.

Las observaciones realizadas durante el desarrollo de la presente investigación fueron: el porcentaje de emergencia de las plantas, la susceptibilidad – severidad al ataque del tizón tardío y el rendimiento de tubérculos.

Los resultados obtenidos del porcentaje de emergencia a nivel de campo estuvieron comprendidos entre el 96 al 100 % para las tres variedades de papa, siendo los ideales para las evaluaciones posteriores.

Los tratamientos T7 (Yungay + Phosalex) y T12 (Yungay + Infinito) presentaron mejores respuestas al control de la *Phytophthora infestans* obteniendo valores de severidad de 13.33 % en ambos casos a los 146 días de haber sido sembrados; mientras que el tratamiento con menor respuesta a la presencia de *P. infestans* es el T3 (Canchan + Fosfito de magnesio) presentando un 30.67 % de severidad.

En cuanto al rendimiento el tratamiento T12 (Yungay + Infinito) presentó un rendimiento promedio de 23.72 tn/ha; dicho rendimiento presenta una relación inversamente proporcional con el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC), es decir a menor valor del rAUDPC hay mayor rendimiento de tubérculos por hectárea.

**Palabras clave:** Inductores de resistencia, tizón tardío, fosfito.

## ABSTRACT

Potato cultivation is among the four most important crops in the human diet together with corn, wheat and rice, because of its assimilable starch content, proteins, amino acids, vitamin C, as well as 75 to 80% water.

One of the most important diseases that generate economic losses in the potato crop worldwide is the late blight or ranch that is caused by *Phytophthora infestans*, so its control is mainly based on the use of chemical products, generating a negative impact to the environment and people's health, as well as production costs are increased.

The present investigation was carried out during the months of November 2017 to April 2018, in the place called Poxogan, belonging to the district of Paucartambo, province and region of Pasco, included in the life zone of Tropical Rainforest Montano Tropical (bmh - MT); The same objective was to study three resistance inductors and three chemical control strategies of *Phytophthora infestans* in three potato varieties in conditions of the Paucartambo district, conducted in a randomized complete block design in divided plots with a factor A ( Potato varieties) of 3 levels and a factor B (resistance inductors and fungicides) of 6 levels, where the potato varieties were in plots and the inductors with the fungicides were in sub plots in 3 repetitions, making a total of 54 sub plots.

The observations made during the development of the present investigation were: the percentage of emergence of the plants, the susceptibility - severity to the attack of the late blight and the yield of tubers.

The results obtained from the emergency percentage at the field level were between 96 and 100% for the three potato varieties, being the ideal for subsequent evaluations.

The treatments T7 (Yungay + Phosalex) and T12 (Yungay + Infinity) presented better responses to the control of the *Phytophthora infestans* obtaining severity values of 13.33% in both cases at 146 days after being sown; while the treatment with the lowest response to the presence of *P. infestans* is T3 (Canchan + Magnesium Phosphite) presenting a 30.67% severity.

In terms of performance, the T12 treatment (Yungay + Infinity) had an average yield of 23.72 tons / ha; This yield has an inversely proportional relationship with the area under the relative disease progress curve (rAUDPC), that is, at a lower value of the rAUDPC there is a higher yield of tubers per hectare.

**Keywords:** Resistance inductors, late blight, phosphite.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Perú el cultivo de papa ocupa el segundo lugar en importancia en el producto bruto interno (PBI), después del cultivo de arroz, con una superficie sembrada de 304 772 hectáreas y teniendo como rendimiento promedio nacional de 14.1 t/ha. Asimismo se ha establecido como la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias.

El Departamento de Pasco tiene una superficie sembrada de 9 388 hectáreas y cuyo rendimiento promedio es de 11.8 t/ha, estando por debajo del rendimiento nacional, la misma que tiene una participación del 3 % en el PBI. De los cuales la provincia de Pasco ocupa la mayor área de siembra con un 78.5 %, seguidos de Daniel Carrión con un 21.1 % y Oxapampa con tan solo un 0.4 %.

Una de las principales limitaciones biológicas que afectan a este cultivo es el tizón tardío de la papa causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary; que además es considerada como una de las enfermedades más importantes que afecta al cultivo de la papa a escala mundial, causando significativas pérdidas en rendimiento (Mantecon, 2002).

El desarrollo de la enfermedad es particularmente devastadora en zonas húmedas y templadas (Hijmans et al., 2000) como en los valles interandinos y costeros del Perú; especialmente cuando hay temperatura moderada durante el día y alta humedad relativa en las noches (Pérez & Forbes, 2007).

La principal estrategia para reducir el uso de fungicidas en el control del tizón tardío y reducir las pérdidas causadas por la enfermedad es el uso de cultivares resistentes

(Wastie, 1991; Forbes y Jarvis, 1994); sin embargo, el nivel de resistencia de los cultivares debe ser complementado con un eficiente manejo de fungicidas y con otras medidas sanitarias y culturales, es decir, se requiere desarrollar sistemas de manejo integrado para la enfermedad (Fry, 1977).

Como una alternativa dentro del sistema de manejo integrado tenemos, el uso de fosfitos como inductores de resistencia sistémica, los cuales además tienen un modo de acción propio de un fungicida y son una fuente nutricional importante debido a que adicionalmente a la molécula de fosfito tienen iones de Ca, K o Mg.

En el distrito de Paucartambo, el tizón tardío es el principal factor limitante para la producción del cultivo de papa debido a la práctica del monocultivo y a las condiciones climatológicas que favorecen su desarrollo. En la actualidad se siembran alrededor de 4000 ha, preferentemente el cultivar "Canchan INIA" cuya producción está destinada principalmente al abastecimiento del mercado mayorista de la ciudad de Lima.

El control del tizón tardío en el distrito de Paucartambo está basado en el uso de fungicidas de contacto, principalmente de ditiocarbamatos entre los que destacan el mancozeb y el propineb. El uso de fungicidas de contacto se debe generalmente al bajo costo, en comparación a los fungicidas traslaminares y sistémicos.

Considerando el uso excesivo de fungicidas y un desconocimiento de productos inductores de resistencia en las plantas como una estrategia de control del tizón tardío de la papa se propuso realizar el presente trabajo cuyos objetivos fueron:

Objetivo general:

- 1) Estudiar tres inductores de resistencia y tres estrategias de control químico de *Phytophthora infestans* en tres variedades de papa en condiciones del distrito de Paucartambo.

Objetivos específicos:

- 1) Comparar los tres inductores de resistencia y las tres estrategias de control de *Phytophthora infestans* en las variedades de papa Yungay, Canchan y Andina en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo.
- 2) Determinar el inductor de resistencia con mejor control de *Phytophthora infestans* en las tres variedades de papa en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo.

# ÍNDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
LISTA DE CUADROS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE GRÁFICOS	
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1. Delimitación geográfica .....	3
1.2.2. Delimitación temporal .....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS.....	9
2.2.1. EL CULTIVO DE PAPA .....	9
A. Origen y distribución.....	9
B. Taxonomía y botánica.....	10
C. Producción de la papa en el Perú.....	13
D. Variedades de papa más difundidas en Perú con relación al tizón tardío.	19
E. Características de las variedades en estudio.....	20
F. Importancia económica y social de la papa en el Perú.....	23
2.2.2. TIZÓN TARDÍO.....	24
A. Origen.....	24
B. Morfología.....	24
C. Ciclo de vida.....	26
D. Síntomas .....	27
E. Manejo del tizón tardío.....	31
F. Evaluación de la enfermedad.....	38
2.2.3. INDUCTORES DE RESISTENCIA.....	41
2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS FUNGICIDAS EMPLEADOS .....	47
A. Infinito .....	47
B. Acrobat .....	49
C. Bravo 720 SC .....	50

2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	53
2.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	54
2.4.1.	Hipótesis general .....	54
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	54
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	54
2.6.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES .....	55
CAPITULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN. ....		57
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.2.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	57
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	59
a)	Diseño experimental .....	59
b)	Modelo matemático .....	59
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	60
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	60
3.5.1.	Técnicas .....	60
3.5.2.	Instrumentos .....	61
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	61
3.7.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....	61
3.8.	SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	63
3.9.	ORIENTACIÓN ÉTICA. ....	63
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....		64
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	64
4.1.1.	Ubicación del campo experimental .....	64
a)	Ámbito de estudio.....	64
b)	Antecedentes del campo experimental .....	64
c)	Características de la zona .....	65
➤	Características del suelo experimental .....	65
➤	Características climáticas de la zona .....	66
4.1.2.	Instalación y conducción del experimento .....	67
a.	Material vegetal .....	67
b.	Preparación del suelo.....	67
c.	Trazado de parcelas experimentales .....	67
d.	Fertilización .....	67
e.	Siembra.....	68
f.	Labores culturales.....	68
g.	Control fitosanitario.....	69
h.	Cosecha.....	69
4.1.3.	Datos registrados .....	69
a)	Porcentaje de emergencia. ....	69
b)	Escala de susceptibilidad.....	69
c)	Rendimiento de tubérculos .....	69
4.2.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....	70
4.2.1.	Porcentaje de emergencia .....	70
4.2.2.	Escala de susceptibilidad – Severidad.....	72
4.2.3.	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).	75
4.2.4.	Rendimiento de tuberculos (kg/9.6 m <sup>2</sup> ).....	77
A)	Rendimiento de tubérculos de primera.....	78

B)	Rendimiento de tubérculos de segunda. ....	80
C)	Rendimiento de tubérculos de tercera. ....	83
D)	Rendimiento de tubérculos en tn/ha. ....	86
4.2.5.	Relación Severidad – Rendimiento. ....	88
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	90
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	90
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		
ANEXOS		

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Pág.</b>
01	Los 20 principales países productores de papa.	33
02	Nivel de reacción a <i>Phytophthora infestans</i> de los principales cultivares comerciales del Perú.	38
03	Diseño de tratamientos utilizados en el experimento.	80
04	Análisis físico químico de los suelos experimentales – Lote 1 y Lote 2.	83
05	Comportamiento meteorológico por meses registrados en la localidad de estudio.	84
06	Análisis de variancia del porcentaje de emergencia.	88
07	Porcentaje de emergencia y grupos Duncan.	89
08	Análisis de variancia del área de la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).	93
09	Duncan del área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo.	94
10	Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de primera.	96
11	Duncan del rendimiento de tubérculos de primera en kg/9.6 m <sup>2</sup> .	97
12	Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de segunda.	99
13	Duncan del rendimiento de tubérculos de segunda.	100
14	Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de tercera.	101
15	Duncan del rendimiento de tubérculos de tercera.	102
16	Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos en tn/ha.	103
17	Duncan del rendimiento de tubérculos en tn/ha.	104
18	Relación número de aplicaciones – rAUDPC – Rendimiento (tn/ha).	106

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
01	Morfología de la planta de papa.	30
02	Micelio sin septas (m) y esporangios limoniformes y elipsoidales.	43
03	Esporangio limoniforme mostrando el pedicelo (p) y la semipapila (sp).	44
04	Esporangióforo de crecimiento continuo mostrando los hinchamientos (h) que se forman justo debajo del esporangio.	44
05	Oospora típica mostrando el color característico y la pared engrosada.	44
06	Ciclo de vida de <i>Phytophthora infestans</i> .	46
07	Manchas necróticas con halo amarillento causadas por <i>P. infestans</i> .	47
08	Lesiones iniciales en los bordes y ápices de las hojas.	47
09	Micelio blanquecino presente en el envés de las hojas.	47
10	Lesiones características en el ápice y tallo de la planta.	48
11	Lesiones alargadas de color marrón oscuro presentes en el tallo.	48
12	El tallo afectado se quiebra fácilmente.	49
13	Lesiones irregulares de color marrón rojiza sobre la superficie de los tubérculos.	49
14	Estrías necróticas que van de la superficie del tubérculo hacia el interior.	50
15	Esquema de manejo Integrado del tizón tardío de la papa.	50
16	Compuestos constituyentes del mecanismo de defensa constitutiva activa y pasiva en plantas.	60

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico</b>		<b>Pág.</b>
01	Producción anual de Papa, 1997-2016.	34
02	Dinámica de la producción de Papa, 1997-2016.	35
03	Producción de Papa por Regiones, 2016.	37
04	Perú: Rendimiento promedio por hectárea.	37
05	Climograma de los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018.	84
06	Porcentaje de emergencia.	90
07	Curva del progreso del tizón tardío (AUDPC) en las variedades Canchan, Yungay y Andina usando inductores de resistencia y fungicidas.	92
08	Área de la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).	95
09	Rendimiento de tubérculos de primera.	98
10	Rendimiento de tubérculos de segunda.	100
11	Rendimiento de tubérculos de tercera.	103
12	Rendimiento de tubérculos en tn/ha.	105
13	Relación del rendimiento de tubérculos en tn/ha y el rAUDPC en las tres variedades de papa.	107

# CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad en el Perú el cultivo de papa ocupa el segundo lugar en importancia en el producto bruto interno agrícola (PBI) después del cultivo de arroz, con una superficie sembrada de 304 772 hectáreas y teniendo como rendimiento promedio nacional de 14.1 t/ha. Asimismo se ha establecido como la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias.

El departamento de Pasco tiene una superficie sembrada de 9 388 hectáreas y cuyo rendimiento promedio es de 11.8 t/ha, estando por debajo del rendimiento nacional, la misma que tiene una participación del 3 % en el PBI agrícola. De los cuales la provincia de Pasco ocupa la mayor área de siembra con un 78.5 %, seguidos de Daniel Carrión con un 21.1 % y Oxapampa con tan solo un 0.4 %.

En el distrito de Paucartambo, el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es el principal factor limitante para la producción del cultivo de papa debido a la práctica del monocultivo y a las condiciones climatológicas que favorecen su desarrollo. En la actualidad se siembran alrededor de 4000 ha, preferentemente el cultivar "Canchan INIA" cuya producción está destinada principalmente al abastecimiento del mercado mayorista de la ciudad de Lima.

El control del tizón tardío en el distrito de Paucartambo está basado en el uso de fungicidas de contacto, principalmente de ditiocarbamatos entre los que destacan

el mancozeb y el propineb. El uso de fungicidas de contacto se debe generalmente al bajo costo, en comparación a los fungicidas traslaminares y sistémicos.

El mal uso y manejo de los fungicidas es conocido en nuestro distrito, esta práctica produce resistencia en el hongo, por lo consiguiente ocurre un desperdicio del producto y un incremento de la mano de obra y de los costos de producción. Asimismo la excesiva aplicación de fertilizantes es otro de los aspectos que ocasiona la acidificación de los suelos, disminuye la capacidad de amortiguación, destruye las características como son textura y estructura.

El desconocimiento de productos inductores de resistencia de las plantas a las enfermedades como es el caso de los fosfitos, que estimulan esa defensa y que tienen efectos biocidas en hongos fito-patógenos, las mismas que son considerados biopesticidas por ser inocuos para el hombre y el ambiente, hace que no exista una estrategia de control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa en el distrito de Paucartambo.

En relación a la problemática, referente al uso excesivo de fungicidas y al desconocimiento de productos inductores de resistencia en las plantas como una estrategia de control del tizón tardío de la papa en nuestro distrito, la presente investigación busca determinar mediante el diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con un factor A (Variedades de papa) de 3 niveles y un factor B (Inductores de resistencia y fungicidas) de 6 niveles; el inductor de resistencia con mejor control de *Phytophthora infestans* en las variedades de papa Yungay, Canchan y Andina en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo, el mismo que se desarrolló entre los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018.

## **1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Delimitación geográfica**

El experimento se desarrolló en el lugar de Poxogan, ubicada en el distrito de Paucartambo, provincia y región de Pasco.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

La presente investigación estuvo comprendida entre los meses de noviembre del año 2017 a abril del año 2018.

## **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál de los tres inductores de resistencia, presenta mejores respuestas en el control de la *Phytophthora infestans* en tres variedades de papa, en comparación con los fungicidas empleados como estrategias de control por los agricultores del distrito de Paucartambo, Provincia de Pasco?

### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Qué inductores de resistencia y fungicidas en estudio serán mejores en el control de *Phytophthora infestans* en las variedades de papa Canchan, Yungay y Andina en condiciones del distrito de Paucartambo?

¿Qué inductores de resistencia y fungicidas empleados en las tres variedades de papa serán una alternativa tecnológica en el control de *Phytophthora infestans* en el distrito de Paucartambo?

## **1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Estudiar tres inductores de resistencia y tres estrategias de control químico de *Phytophthora infestans* en tres variedades de papa en condiciones del distrito de Paucartambo.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ✓ Comparar los tres inductores de resistencia y las dos estrategias de control de *Phytophthora infestans* en las variedades de papa Yungay, Canchan y Andina en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo.
- ✓ Determinar el inductor de resistencia con mejor control de *Phytophthora infestans* en las tres variedades de papa en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La justificación del presente trabajo de investigación desde el punto de vista social es que el distrito de Paucartambo es una de las principales zonas productoras de papa en el departamento de Pasco y por consiguiente es afectada por problemas fitosanitarios.

La papa es uno de los cultivos más importantes junto al maíz, trigo y el arroz, es uno de los diez alimentos de mayor producción en los países en desarrollo. La papa en el Perú tiene importancia económica, social y cultural.

Según la FAO para el 2009 y 2013, los rendimientos alcanzados por el cultivo de papa en el Perú son bajos (14.4 t/ha), en comparación con Argentina 28.8 t/ha, Colombia 18.6 t/ha, Venezuela 19.1 t/ha.

La justificación desde el punto de vista científico es que el fosfito es un inductor químico de resistencia en las plantas, debido a su principio activo muy similar al fosfonato, permite una rápida penetración dentro del tejido vegetal y un transporte rápido en las plantas, tanto en forma ascendente como descendente que permitirá reducir el número de aplicaciones y reducir la posibilidad de resistencia a los fungicidas por parte del patógeno; además son inocuos para el hombre y el medio ambiente.

Los fosfitos tienen una acción eficiente cuando está dentro de la planta, estimulando las reacciones de defensa como la producción de compuestos fenólicos que forman bandas osmófilas que rodean a la célula de penetración del pseudohongo (Pantoja, 1994).

Finalmente con la divulgación de los resultados obtenidos, los productores podrán emprender la implementación de una nueva alternativa tecnológica en la producción agrícola, porque beneficiará la producción del cultivo de papa, principalmente en el distrito de Paucartambo y la región de Pasco así como de otras zonas productoras de similares condiciones.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

La principal limitante que se tuvo durante la conducción del experimento es la obtención de los fosfitos, la misma que se tuvo que traer desde la ciudad de Lima,

porque en nuestro distrito existe todavía el desconocimiento de su uso por parte los agricultores y de las casas agrícolas.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.

Quinatoa (2 010), en un trabajo sobre la evaluación de la eficiencia de fungicidas a base de fosfitos para el control de Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Cutulagua–Pichincha. Llegaron a las siguientes conclusiones: la eficiencia de los fosfitos se incrementan si son utilizados en genotipos con cierto nivel de resistencia genética; los fosfitos más eficientes para el control de Tizón Tardío en campo fueron fosfitos de potasio (50%) con un nivel de control similar a Dimetomorph y superior a Mancoceb, rendimientos promedio de 15,2 t/ha; la interacción más eficiente resulta de combinar fosfitos de potasio (50%) con el genotipo moderadamente resistente CIP.388790.24 (I-Fripapa).

Quinatoa (2 010), dice con la aplicación del fosfito de cobre en dosis alta y media (1,4 y 0,7 g de ingrediente activo/litro de agua) y Mancoceb, se obtuvo el mejor control de patógeno que produce la enfermedad del Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*) en el genotipo de Fripapa, reportando un promedio de 0,044 de área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad relativa. Para el control de clon CIP 386209.10 debido a su precocidad y resistencia, todos los tratamientos mostraron un control eficiente de Tizón Tardío con promedios que van desde 0,006 a 0,06 de rAUDPC.

Benalcázar (2007), menciona que el ensayo realizado de control químico de “tizón tardío”, realizado en 2007, se observó que la estrategia constituida por los

fungicidas Dimetomorph + Metalaxyl + Cymoxanil + Metalaxyl + Fosetyl Al, es la que mejor que había controlado la enfermedad que es provocada por (*Phytophthora infestans*), relacionando el control de la enfermedad, el rendimiento y el beneficio–costo, se determina que la mejor estrategia es la que está conformada por productos sistémicos. Con respecto a las posibilidades de que, el hongo cree resistencia a productos sistémicos puede ser mínima o ninguna ya que se ha utilizado fungicidas con diferentes ingredientes activos, familias y por lo tanto diferente mecanismo de acción.

Faber y Downer (2 007), evaluaron productos que se venden como fungicidas o fertilizantes foliares para medir su eficacia contra (*Phytophthora infestans*) en la variedad “Topa Topa”. En los resultados no hubo diferencias entre la eficacia de los materiales ni siquiera con los tratamientos que recibieron dos aplicaciones. Sin embargo, las plantas tratadas con fosfonato mostraron un peso de raíces significativamente mayor que en las que no fueron tratadas pero sí inoculadas y un peso menor que las que no fueron tratadas ni inoculadas.

Kodera, Y. (1 990), afirma que las fitoalexinas son metabolitos secundarios sintetizados a partir de un redireccionamiento de precursores del metabolismo primario, son compuestos antimicrobianos que se acumulan en algunas plantas en altas concentraciones, después de infecciones bacterianas o fúngicas y ayudan a limitar la dispersión del patógeno. Se sintetizan muy rápido, en pocas horas después del ataque microbiano. Su formación está restringida a una zona local alrededor del sitio de infección son tóxicas a un espectro amplio de hongos y bacterias patógenas en plantas.

En un estudio en papa realizado en la localidad de Chaglla, Huánuco (Perú), usando la variedad Canchán INIA, se obtuvo uno de los mejores controles de la enfermedad causada por *P. infestans.*, así como los más altos rendimientos en el tratamiento donde se realizó aplicaciones preventivas con el producto Kalex (fosfito de K 70 %), producto químico que induce mecanismos de defensa en plantas (Pérez, 2001).

## **2.2. BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS.**

### **2.2.1. EL CULTIVO DE PAPA**

#### **A. Origen y distribución**

La papa (*Solanum tuberosum*) es originaria de la zona andina de América del Sur en donde se la cultiva desde hace unos cuatro mil años, en sitios en los que la altura ya no favorece el desarrollo del maíz. La papa formaba parte de los alimentos principales de los incas, que habían perfeccionado un método para su conservación, secándola en frío, convirtiéndola en lo que denominaban “chuñu”. La papa es un tubérculo comestible, se conoce de su consumo desde 1538; existen datos que las culturas Inca, Tihuanaco, Nazca y Mochica ya sembraron papas. El cronista español Bernabé Cobo la calificó como “pan del indio” en su Historia del Nuevo Mundo de 1653, ya que cumplía el mismo propósito que el pan de trigo o de centeno, era el alimento principal del pueblo en la Europa del Medievo y el Renacimiento. En el año de 1570, los españoles llevaron la planta de papa a Europa. A Inglaterra llegó en 1586 y, aproximadamente en 1610, se la da a conocer en Holanda, donde sólo se usó como planta ornamental. En el Viejo Continente, en un inicio, la papa fue discriminada por su

condición de fruto enterrado en la tierra. Se entendía denigrante el comer raíces. Le adjudicaron ser causante de la lepra. En Rusia la llamaron “planta del diablo”, y los religiosos escoceses decretaron que “era pecado” consumirla, pues no se la mencionaba en la Biblia. Dos siglos tuvieron que pasar para que se la usara en la alimentación diaria y a nivel masivo, hoy en día la papa es un alimento de consumo mundial, por ello se la cultiva en casi todos los países; además que es el cuarto producto que se siembra en todo el mundo. (Pumisacho & Velásquez, 2 009, Citado por Yépez, 2 016)

Agrytec.com (2 010), menciona que en el continente americano hay unas 200 especies de papas silvestres, pero fue en los Andes centrales donde los agricultores lograron seleccionar y mejorar. En realidad, lo que hoy se conoce como "papa" (*Solanum especie tuberosum*) contiene apenas un fragmento de la diversidad genética de las siete especies reconocidas de papa y las 5 000 variedades que se siguen cultivando en los Andes.

## **B. Taxonomía y botánica.**

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Filogenética de **Cronquist** (1 988) la papa es clasificada de la siguiente manera:

División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Asteridae
Orden	:	Scrophulariales
Familia	:	Solanaceae

Género : Solanum

Especie : *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753

La papa, posee un número básico de cromosomas  $x=12$ . Es una especie poliploide que varía desde  $2n=24, 36, 48, 60$  y  $72$  cromosomas, cuya evolución parece que se realizó a nivel diploide (**Ross 1 986, Hawkes 1990** citados por **Alor 2 015**). Entre las especies cultivadas destaca *S. tuberosum* ( $2n=4x=48$ ) que cubre el 98% de la superficie global del cultivo con sus dos subespecies, *tuberosum* y *andígena*. La primera está adaptada a latitudes de  $25^\circ$  a  $50^\circ$  S o N y fotoperiodo largo, y la segunda entre  $0^\circ$  a  $20^\circ$  S o N, de día corto.

**Alor (2 015)**, menciona que la especie *S. tuberosum* se diferencia de otras especies de la misma serie taxonómica por presentar articulación del pedicelo en el tercio medio y los lóbulos del cáliz corto y dispuesto de modo regular. Posee estolones o tallos laterales que crecen horizontalmente y es ahí donde se inicia el llenado del tubérculo, en la parte apical del mismo, tal como se muestra en la siguiente figura.

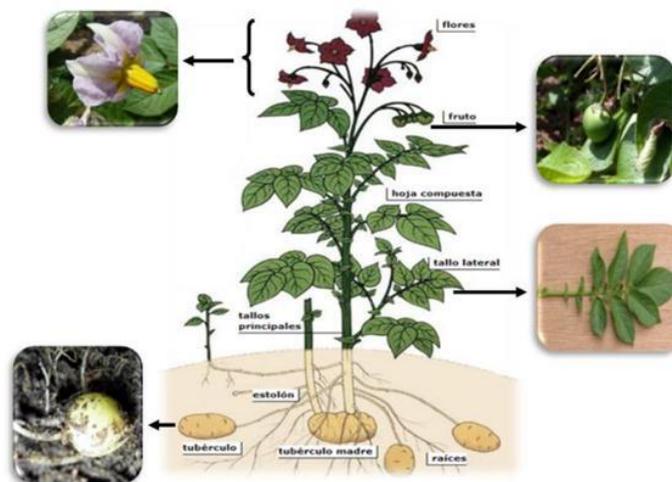


Figura 1. Morfología de la planta de papa (Huamán, 1986).

La reproducción vegetativa se realiza a través de los tubérculos, brotes o yemas, dando lugar a clones genéticamente idénticos a la planta original. De esta forma se pueden obtener fácilmente copias idénticas de los genotipos seleccionados, lo cual es una gran ventaja para los mejoradores. Otra utilización práctica de la propagación asexual es el cultivo de tejidos y de meristemas, cuya finalidad está relacionada con la eliminación de algunos de los principales patógenos del cultivo (**Orillo y Bonierbale, 2009**). Por otra parte, la reproducción sexual permite que el material genético de dos individuos se recombinen y formen nuevas estructuras alélicas. Este proceso requiere de la polinización de los órganos reproductores femeninos o pistilos por los masculinos o anteras, formando las bayas con un número variable de semillas. Cada una de éstas constituye un nuevo individuo potencial.

La papa es una planta dicotiledónea herbácea anual, presenta un sistema aéreo y un sistema subterráneo. El primero está conformado por el tallo, hojas, flores y frutos, el segundo por raíces, estolones y tubérculos. El tallo es anguloso y grueso con una altura que varía entre 0,5 y 1 m, las hojas son imparipinadas, con nueve o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejado se encuentran del nudo de inserción (**Malagamba, 1997**). Las flores son pentámeras y los colores son diversos variando desde el blanco a morado, su número varía y depende de la variedad. El fruto es una baya redondeada de color verde que se vuelve amarilla al madurar, su tamaño suele variar entre uno a tres centímetros de diámetro (**Arce, 2002**).

El tubérculo es un tallo subterráneo modificado, acortado, engrosado y carnoso, provisto de yemas latentes u ojos. Varían mucho en forma y tamaño, mayormente son redondos, acilindrados y alargados. También pueden ser ovalados, achatados, fusiformes, algo enroscados, es decir, adoptan diversas formas irregulares. El color de la piel del tubérculo es muy variable, va desde el blanco al amarillo, de violeta a rojo oscuro y morado, púrpura o negro. Muchos tienen áreas jaspeadas o vetas de colores, que depende de la variedad de la papa (**Ministerio de Agricultura, 2006**).

### **C. Producción de la papa en el Perú.**

De acuerdo con las estadísticas de la FAO, la producción de Perú en el 2014 ocupó el lugar 14, dentro del conjunto de 150 países que siembran este cultivo; siendo el segundo país con mayor producción en América, después de Estados Unidos; y, el primero, en América del Sur (**MINAGRI – DGPA, 2017**)

Ese mismo año el Perú ocupó el octavo lugar en el mundo respecto la superficie cosechada, superando a países como Alemania, Francia, Polonia y Países Bajos, que se ubican dentro de los primeros 10 lugares como productores del mundo. No obstante, desde la perspectiva de productividad por ha, la ubicación del Perú se vio relegada al puesto 122, con un rendimiento promedio de 14 778 kg/ha, inferior en 26,0%, respecto del promedio mundial, e inclusive menor que los rendimientos obtenidos por nuestros países vecinos, que oscilan entre 18 449 Kg/ha (Ecuador), 20 042 Kg/ha (Colombia), 27 941 Kg/ha (Brasil) y 21 675 Kg/ha (Chile). Los

rendimientos en los países europeos como Francia, Alemania, Países Bajos; así como, de los Estados Unidos de América, superan las 45 mil Kg por ha.

**Cuadro 01.** Los 20 principales países productores de papa

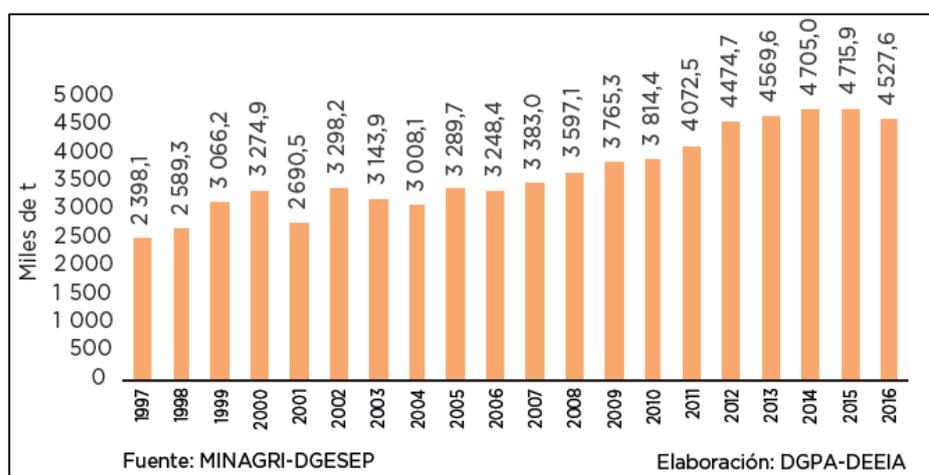
Ranking	Países	Cosechas (Has)		Producción (t)		Rendimiento (kg/ha)
	<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>19 098 330</b>	<b>100</b>	<b>381 682 142</b>	<b>100</b>	<b>19 985</b>
1	China, Continental	5 645 000	29,6	95 515 000	25,0	16 920
2	India	2 024 000	10,6	46 395 000	12,2	22 922
3	Federación de Rusia	2 101 461	11,0	31 501 354	8,3	14 990
4	Ucrania	1 342 800	7,0	23 693 350	6,2	17 645
5	Estados unidos de América	425 370	2,2	20 056 500	5,3	47 151
6	Alemania	244 800	1,3	11 607 300	3,0	47 415
7	Bangladesh	461 710	2,4	8 950 000	2,3	19 384
8	Francia	168 519	0,9	8 085 184	2,1	47 978
9	Polonia	276 927	1,5	7 689 180	2,0	27 766
10	Países bajos	155 502	0,8	7 100 258	1,9	45 660
11	Belarús	307 943	1,6	6 279 715	1,6	20 392
12	Reino Unido	141 000	0,7	5 911 000	1,5	41 922
13	Irán	158 958	0,8	4 717 266	1,2	29 676
<b>14</b>	<b>Perú</b>	<b>318 380</b>	<b>1,7</b>	<b>4 704 987</b>	<b>1,2</b>	<b>14 778</b>
15	Argelia	156 176	0,8	4 673 516	1,2	29 925
16	Egipto	172 005	0,9	4 611 065	1,2	26 808
17	Canadá	138 942	0,7	4 589 200	1,2	33 030
18	Bélgica	81 121	0,4	4 380 556	1,1	54 000
19	Turquía	128 392	0,7	4 166 000	1,1	32 448
20	Brasil	132 058	0,7	3 689 836	1,0	27 941
	<b>Otros países</b>	<b>4 517 266</b>	<b>23,7</b>	<b>73 365 875</b>	<b>19,2</b>	<b>16 241</b>

Fuente: MINAGRI – DGPA, 2017

### ✓ Producción histórica de papa en el Perú (1997 – 2016).

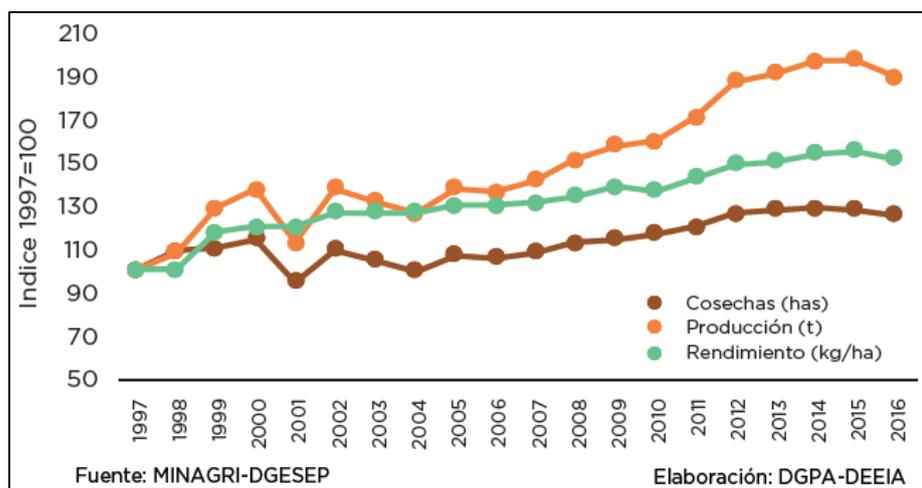
La producción de papa en el país pasó de 1 364,3 a 4 527,6 mil toneladas entre 1950 y 2016, mostrando una tasa de crecimiento anual promedio de 1,8 %. Sin embargo, en las dos últimas décadas (de 1997 al 2016), la producción de este tubérculo creció más rápidamente, a una tasa de 3,4 % anual, llegándose a obtener en el año 2015, una producción histórica récord de 4 715,9 mil t, como resultado de la expansión de la superficie cosechada, que creció a una tasa anual promedio de 1,2 % y, principalmente, de una mejora de los rendimientos por ha, que creció a una tasa anual promedio de 2,2 %.

**Gráfico 01.** Producción anual de Papa, 1997-2016.



En el gráfico 2, se observa la dinámica de la producción de papa en las dos últimas décadas, donde se evidencia la importancia de la mejora de rendimientos como disparador del crecimiento de la producción.

**Gráfico 02.** Dinámica de la producción de Papa, 1997-2016.



### ✓ Principales Regiones Productoras de Papa, 2016

La superficie cosechada de este cultivo en el año 2016 fue de 311, 2 mil hectáreas a nivel nacional, ocupando el segundo lugar, después del arroz.

Por su parte, la producción nacional este mismo año llegó a 4 527,6 mil toneladas, cantidad inferior en 4,0 %, en comparación con la producción del año 2015 (4 715,9 mil t), que fue la producción más alta desde que se tienen registros estadísticos.

En el gráfico 3, se puede apreciar que este tubérculo se cultiva en 19 de las 25 regiones del país, siendo la región Puno, la de mayor producción y la región Lambayeque, la de menor producción.

El 47,1 % de la producción nacional corresponde al conjunto de regiones de la Zona Sierra Sur del país (Puno, Apurímac, Cusco, Arequipa, Ayacucho, Moquegua y Tacna), el 28,5 % al conjunto de regiones de la Zona Sierra Centro (Huánuco, Junín, Huancavelica y Pasco), el 20,3 % al

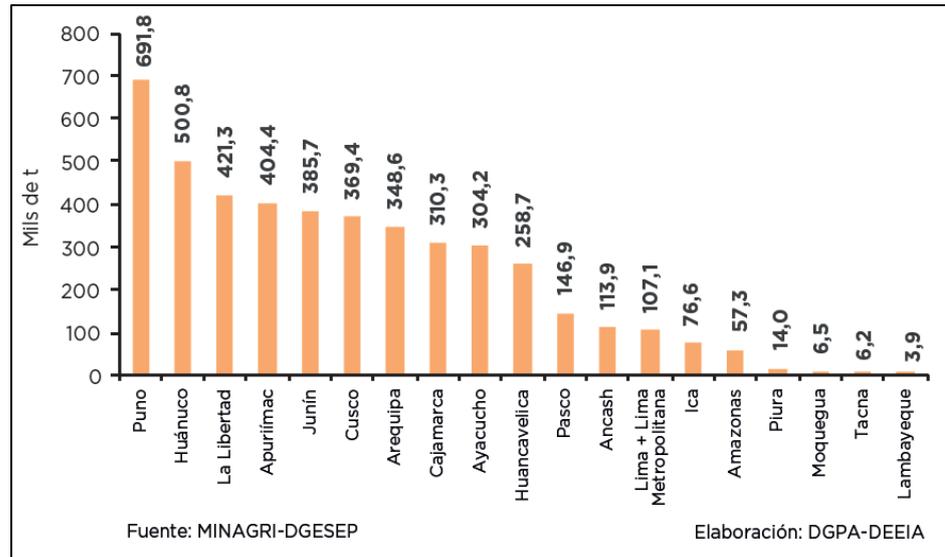
grupo de regiones la Zona Sierra Norte (La Libertad, Cajamarca, Ancash, Amazonas, Piura y Lambayeque); y, el 4,1 % restante, a la producción de las regiones de la Zona Centro Costa (Lima e Ica).

#### ✓ **Productividad de Papa según Regiones, 2016**

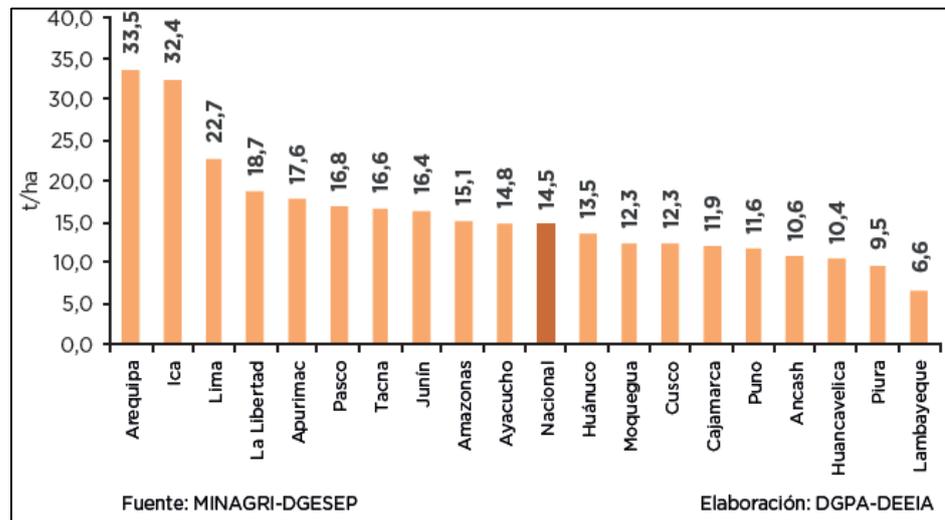
En el gráfico 4 se muestra el nivel de productividad por ha, alcanzado por cada departamento. Es evidente las asimetrías a nivel del país, ya que mientras en Arequipa se obtiene un rendimiento promedio de 33,5 t/ha y en Ica 32,2 t/ha, en las regiones de Piura y Lambayeque, estos apenas llegan a 9,5 t/ha y 6,6 t/ha, respectivamente. Estas diferencias están relacionadas directamente con manejo del cultivo en áreas bajo riego o bajo seco; así, se tiene que en Arequipa, Ica y Lima, que muestran los más altos rendimientos del país, casi toda la producción proviene de áreas bajo riego; mientras que, en las regiones de Huánuco, Junín, Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, con rendimientos más bajos, la producción proviene en su mayor parte de áreas bajo seco y en una pequeña proporción de áreas bajo riego. En los casos de Piura y Lambayeque, que registran los rendimientos más bajos del país, toda la producción proviene exclusivamente de áreas bajo seco.

Cabe destacar, sin embargo, que en 10 de las 19 regiones productoras de papa, se obtiene rendimientos por encima del promedio nacional, que fue de 14,5 t/ha, y que la producción de papa ha venido creciendo, principalmente, en base a la mejora de rendimientos, que de una expansión de las áreas cosechadas.

**Gráfico 03.** Producción de Papa por Regiones, 2016.



**Gráfico 04.** Perú: Rendimiento promedio por hectárea.



**D. Variedades de papa más difundidas en Perú con relación al tizón tardío.**

En general no existe un sistema estandarizado para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa. La práctica más común es clasificar a los genotipos en resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil en ciertos casos, pero es muy limitada para comparar genotipos en diferentes ambientes y para obtener información para manejo de fungicidas (**Andrade-Piedra et al, 2010**).

El uso de cultivares con niveles apropiados de resistencia genética a *Phytophthora infestans* es sin lugar a dudas, un componente de importancia visible. Como se puede observar en el cuadro N° 2, los cultivares de papa más sembrados en el Perú son susceptibles a *Phytophthora infestans* por lo que se siembran o se recomienda sembrarlos preferentemente en las zonas en las que la enfermedad no se presenta o en las que su incidencia es ocasional (**Egusquiza y Apaza 2001**).

**Cuadro 02.** Nivel de reacción a *Phytophthora infestans* de los principales cultivares comerciales del Perú.

Cultivares	Importancia *	Reacción **
Yungay	A	T
Canchán INIA	A	S
Tomasa Condemayta	A	MS
Perricholi	A	R
Amarilis	B	R
Liberteña	B	T

<b>Cultivares</b>	<b>Importancia *</b>	<b>Reacción **</b>
CICA	B	MS
Andina	B	MS
Huayro	B	S
Peruanita	B	T
Tumbay	B	T
Diacol Capiro	C	MS
Mariva	C	S
Revolución	C	S
Amapola	C	R
Chasca	C	S
Muru	C	R
Costanera	C	S
San Antonio Abad	C	T
Unica	C	S
Maria Reiche	C	S
Qompis	C	MS
Yana imilla	C	MS
Runtush	C	MS
Kori INIA	C	T
Chagllina INIA	C	T
INIA 301	C	T
Chata Roja	C	T
INIA 305	C	T

(\*) Importancia: A = Amplia distribución geográfica; B = Regular distribución geográfica; C = Distribución geográfica regional.

(\*\*) Reacción: R = Resistente; S = Susceptible; T = Tolerante; MS = Muy susceptible. (EGUSQUIZA y APAZA 2001)

## **E. Características de las variedades en estudio.**

### **Canchan INIA**

Fue originada en el CIP en 1980 y desde 1982 se iniciaron las evaluaciones en el Departamento de Huánuco (Mayobamba). Este clon proviene del

cruzamiento (B1-2)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Clack (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del Cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andigena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la racha- Fuente: INIA, 2012 (<http://www.inia.gob.pe/webinia/vinia/variedad>).



### Yungay

La papa Yungay, variedad liberada por el programa de papa de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (UNALM) en 1971. Derivada de un cruce doble entre la subsp. *tuberosum* x subsp. *andigena*: (Saskia x Earline) x (Huagalina x Renacimiento). Plantas de talla alta, tallos subpigmentados de rosado. Hojas verdes oscuras moderadamente divididas. Flores rosadas con acumenes blancos, abundante floración y poca fructificación. Tubérculos de forma oval chato, de piel blanca amarillenta con el ápice ojos y cejas rosadas, ojos superficiales brotes rosados y carne amarillenta. Estolonifera, estolones largos. Período vegetativo. Posee un período vegetativo tardío de 6 a 7 meses.



Andina

Según **Cabrera y Escobal** (1996), las características agronómicas de la variedad andina son las siguientes:

**Adaptación** : De amplia adaptación en el altiplano de Puno.

**Tubérculos:**

Forma : Oval – chato a oblongo.

Tamaño : Mediano.

Ojos : Semiprofundos.

Color de piel : Morado.

Color de pulpa : Amarillento uniforme.

**Periodo vegetativo** : tardío (170 días).

**Rendimiento** : Muy bueno, 30 a 45 t/ha.

**Comportamiento frente a enfermedades:**

Tolera a roña.

Susceptible a pudrición seca.

Susceptible a corazón vacío, nematodos y marchitez bacteriana.

**Densidad de siembra:** 1 metro entre surcos, 0.30 a 0.40 entre plantas.



#### **F. Importancia económica y social de la papa en el Perú.**

El Valor Bruto de la Producción (VBP) de Papa en el 2016, llegó a representar el 10,6% del Valor Bruto del Sub sector agrícola, convirtiéndose en el segundo producto más importante de la agricultura del país, siendo solamente superado por el VBP correspondiente al arroz (13,4%) (MINAGRI – DGPA, 2017)

El cultivo de papa, asimismo, es el sustento de más de 710 mil familias, según el IV Censo nacional Agropecuario (2012), afincadas predominantemente en zonas andinas del país.

Se estima que en el 2016 generó aproximadamente 33,4 millones de jornales, que representaron alrededor del 4,0% del PBI Agrícola.

### 2.2.2. TIZÓN TARDÍO.

#### A. Origen.

**Pérez y Forbes** (2008) mencionan que el nombre de *Phytophthora infestans*, se deriva de las palabras griegas phyto=planta, phthora=destructor. Este patógeno, miembro de la clase oomycete, pertenece al reino cromista y está relacionado filogenéticamente con las diatomeas y algas pardas la pared celular de los oomycetes contiene principalmente celulosa y  $\beta$ -glucanos antes que quitina y no tienen capacidad de sintetizar los esteroides. Estas características hacen suponer que los oomycetes han coevolucionado a partir de líneas diferentes de los hongos superiores como ascomycetos y basidiomycetos.

#### B. Morfología

Según **Pérez y Forbes** (2008), el micelio es cenocítico, es decir, no presenta septas o tabiques que separen el micelio; los esporangios son ovoides, elipsoidales a limoniformes, ahusados en la base, caducos, con un pedicelo menor de 3 mm y semipapilados. Su tamaño varía de 36 x 22  $\mu\text{m}$  a 29 x 19  $\mu\text{m}$  (Fig. 2 y 3). Los esporangióforos son de crecimiento continuo, con un pequeño hinchamiento justo debajo del esporangio (Fig. 4).

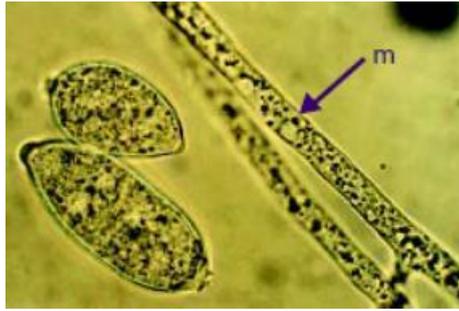


Fig. 2 Micelio sin septas (m) y esporangios limoniformes y elipsoidales.



Fig. 3. Esporangio limoniforme mostrando el pedicelo (p) y la semipapila (sp).

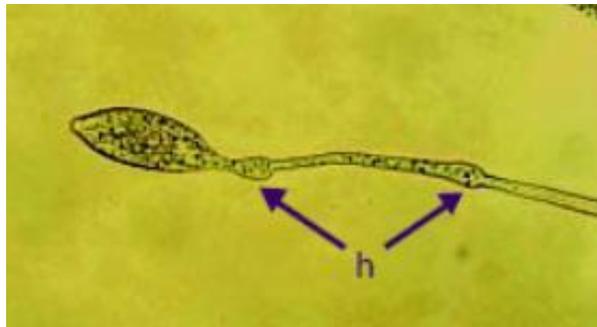


Fig. 4. Esporangióforo de crecimiento continuo mostrando los hinchamientos (h) que se forman justo debajo del esporangio.

Las oosporas formadas en las hojas tienen un diámetro promedio de 30  $\mu\text{m}$  (24 – 35  $\mu\text{m}$ ) y las formadas en medio de cultivo, entre 24 a 56  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 5).

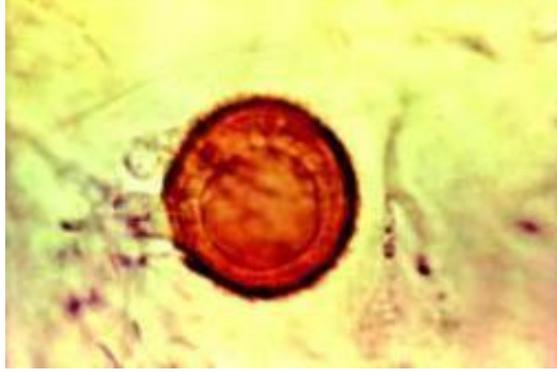


Fig. 5. Oospora típica mostrando el color característico y la pared engrosada. (Foto: CIP).

### C. Ciclo de vida

#### a) Asexual

**Pérez y Forbes** (2 008) señalan que una vez dentro de la planta, el micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de las células. Ocasionalmente se forman haustorios en forma extracelular (Fig. 6).

Cuando la temperatura es mayor a 15° C, los esporangios pueden germinar directamente, formando un tubo germinativo que penetra la epidermis de la hoja e infecta al hospedante.

#### b) Sexual

Los gametangios se forman en dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálico. Así, ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual. La unión de los gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y ocurre la plasmogamia. Esto conduce a la fertilización y al desarrollo de una oospora con paredes celulares gruesas. La oospora es fuerte y puede sobrevivir en los rastrojos. Bajo condiciones

favorables, la oospora produce un tubo germinativo que forma un esporangio apical, el cual puede liberar zoosporas o formar nuevamente un tubo germinativo, los cuales sirven como inóculo primario (Fig. 6).

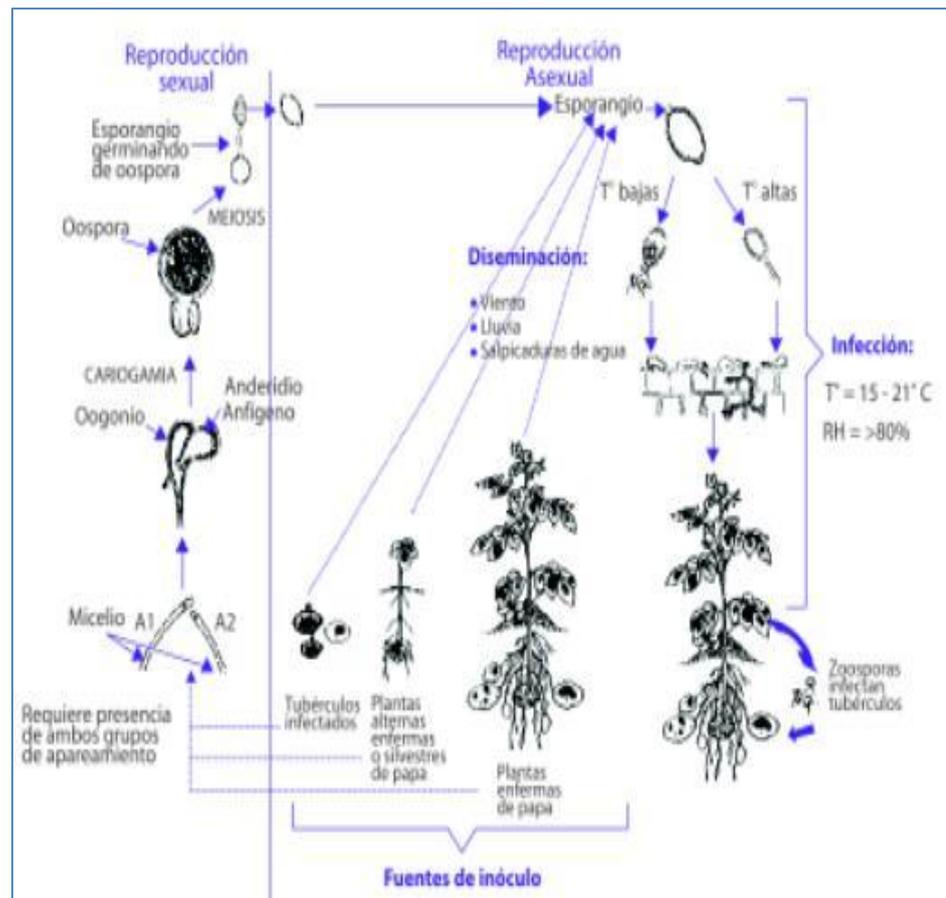


Fig. 6. Ciclo de vida de *Phytophthora infestans*.

#### D. Síntomas

**Pérez y Forbes** (2008), mencionan los siguientes síntomas de *P. infestans* en diferentes partes de la planta de papa:

**Hojas:** Las manchas son de color marrón claro a oscuro, de apariencia húmeda, de forma irregular, algunas veces rodeadas por un halo

amarillento, no están limitadas por las nervaduras de las hojas (Fig.7). Estos síntomas se presentan inicialmente en los bordes y puntas de las hojas (Fig.8). Bajo condiciones de alta humedad, se forman en la cara inferior (envés) de las hojas unas vellosidades blanquecinas que constituyen las estructuras del patógeno (esporangióforos y esporangios) (Fig.9).



Fig. 7. Manchas necróticas con halo amarillento causadas por *P. infestans*.



Fig. 8. Lesiones iniciales en los bordes y ápices de las hojas.



Fig. 9. Micelio blanquecino presente en el envés de las hojas.

**Tallos y pecíolos:** Las lesiones son necróticas, alargadas de 5 – 10 cm de longitud, de color marrón a negro, generalmente ubicadas desde el tercio medio a la parte superior de la planta, presentan consistencia vítrea (Fig. 10 y 11). Cuando la enfermedad alcanza todo el diámetro del tallo, éstas se quiebran fácilmente al paso de las personas, equipos agrícolas o de vientos fuertes (Fig. 12). En condiciones de alta humedad también hay esporulación sobre estas lesiones pero no muy profusa como se presenta en las hojas.



Fig. 10. Lesiones características en el ápice y tallo de la planta.



Fig. 11. Lesiones alargadas de color marrón oscuro presentes en el tallo.



Fig. 12. El tallo afectado se quiebra fácilmente.

**Tubérculos:** Los tubérculos afectados presentan áreas irregulares, ligeramente hundidas. La piel toma una coloración marrón rojiza (Fig.13). Al corte transversal se pueden observar unas prolongaciones delgadas que van desde la superficie externa hacia la médula a manera de clavijas. En estados avanzados se nota una pudrición de apariencia granular de color castaño oscuro a parduzco (Fig. 14), en estas condiciones puede ocurrir una pudrición secundaria causada por otros hongos (*Fusarium* spp.) y bacterias (*Erwinia* spp. *Clostridium* spp. etc), provocando la desintegración del tubérculo y haciendo difícil el diagnóstico.



Fig. 13. Lesiones irregulares de color marrón rojiza sobre la superficie de los tubérculos.

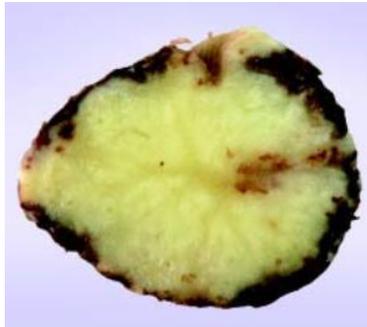


Fig. 14. Estrías necróticas que van de la superficie del tubérculo hacia el interior.

#### **E. Manejo del tizón tardío.**

El manejo integrado es el empleo de diferentes métodos de control de las enfermedades (Fig. 15). Se realiza con la finalidad de disminuir o evitar las pérdidas que ocasionan, de tal manera que el agricultor logre una mayor rentabilidad, además de evitar daños a la salud humana y al medio ambiente es necesario tener en consideración que los distintos métodos de control no se excluyen entre sí.

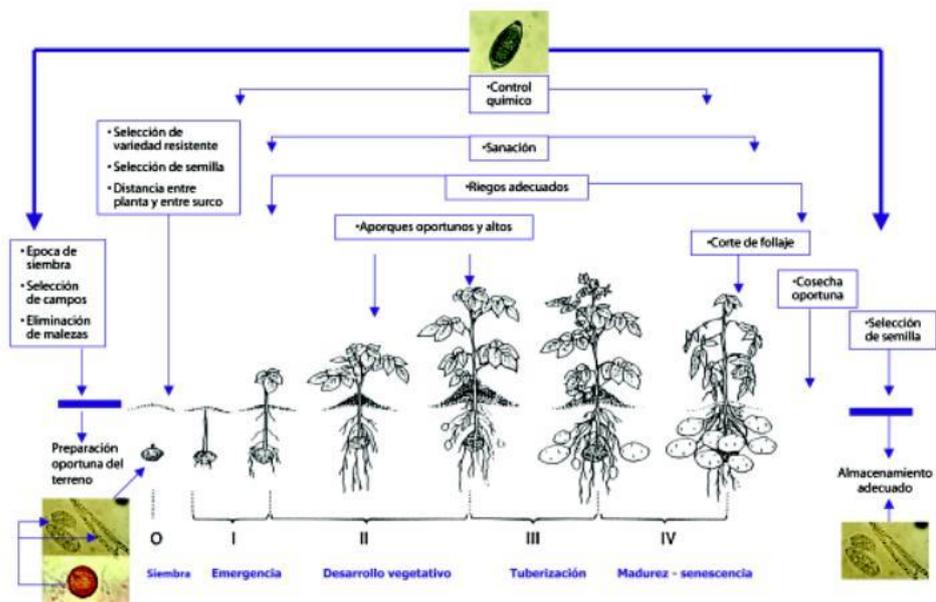


Fig. 15. Esquema de manejo Integrado del tizón tardío de la papa. Los principales componentes del manejo del tizón tardío comprenden controles genético, químico, cultural y biológico.

#### a) Control Genético

Consiste en utilizar la habilidad que tienen algunas variedades o especies vegetales para impedir el desarrollo de la enfermedad debido a sus características intrínsecas.

En las variedades con resistencia horizontal, el inicio y el desarrollo de la enfermedad son mucho más lentos que en las variedades susceptibles. La integración de la resistencia genética y el control químico permiten reducir el uso de fungicidas, reducir el costo de producción y reducir daños a la salud humana y al medio ambiente.

#### b) Control Químico

Involucra la utilización de productos químicos capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección. Los

productos usados para controlar el tizón tardío son clasificados como de contacto, sistémicos y translaminares.

✓ De contacto

Actúan sobre la superficie de la planta y evitan la germinación y penetración del patógeno, disminuyendo las fuentes iniciales de la enfermedad. Son conocidos como fungicidas protectantes, residuales o de contacto. Entre los más importantes se encuentran los cúpricos y los ditiocarbamatos. Sólo protegen las zonas donde se deposita el fungicida, las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno.

✓ Sistémicos

Estos productos son absorbidos a través del follaje o de las raíces. La translocación se realiza en forma ascendente, y a veces descendente, por vía interna a través del xilema y floema. Tienen la capacidad de proteger las hojas producidas después de la aplicación. Inhiben algunas o varias etapas específicas del metabolismo del patógeno. Con ciertos productos, su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas.

Los fungicidas sistémicos fueron introducidos al mercado agrícola en la década de 1970. Metalaxyl, ofurace, oxadixil y benalaxil, pertenecientes a las fenilamidas, son los productos más efectivos pues tienen un fuerte efecto curativo, es decir pueden matar al patógeno aun después de que éste haya infectado a la planta. La principal

desventaja de este grupo es que la población del patógeno desarrolla rápidamente resistencia a estos fungicidas.

✓ Translaminares

Son productos que tienen la capacidad de moverse a través de la hoja, pero no de hoja a hoja, por lo que las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno.

El uso de sistémicos o translaminares después de la infección no es aconsejado, por razones de resistencia al producto, pero en la realidad se hace. Si el productor cree que su cultivo no fue bien protegido durante el periodo favorable a la infección debería considerar el uso de un sistémico o translaminar.

✓ Resistencia a fungicidas

La resistencia a fungicidas significa una menor sensibilidad que la normal a dichos productos en una población del patógeno. Esta resistencia es el resultado de mutaciones estables y heredables. La resistencia al ingrediente activo metalaxyl es uno de los ejemplos más claros y que ha sido reportada dentro de poblaciones de *P. infestans* a escala mundial, constituyéndose en un factor limitante en el uso de este fungicida.

Estrategias de manejo antiresistencia

- Limitar el número de aplicaciones de un fungicida de alto riesgo.

- Mezclar un fungicida de alto riesgo con uno de bajo riesgo para asegurarse de que las esporas no sobrevivan.
- Alternar las aplicaciones de fungicidas de alto riesgo con otros de bajo riesgo incluyendo el uso de fungicidas con diferente modo de acción.
- Implementar otras prácticas de manejo integrado diferentes a las del componente químico para impedir el desarrollo de la enfermedad.

#### c) Control cultural

El control cultural involucra todas las actividades que se realizan durante el manejo agronómico del cultivo, que alteran el microclima, la condición del hospedante y la conducta del patógeno, de tal manera que evitan o reducen la actividad del patógeno; entre ellas tenemos a las siguientes:

- Época de siembra; Planificar la época de siembra, para evitar la época de mayor incidencia de la enfermedad. En áreas de continua producción esto no es siempre posible.
- Selección de campos de cultivo; Los terrenos deben tener buen drenaje y adecuada ventilación para evitar acumulación de humedad en el follaje y suelo.
- Eliminación de plantas voluntarias y malezas; Evitar el monocultivo de papa para evitar el inóculo primario que pueda estar presente en plantas o residuos de tubérculos infectados durante la campaña anterior.

- Selección de variedad; Se recomienda utilizar variedades con resistencia horizontal. Se debe evitar la mezcla de variedades para lograr un adecuado manejo agronómico del cultivo y mejor control de la enfermedad.
- Selección de semilla; Debe asegurarse la sanidad de los tubérculos semilla antes de la siembra. A veces la semilla puede estar infectada con *P. infestans* sin que haya síntomas del tizón. Hasta la fecha no hay evidencia de que la semilla infectada se puede “limpiar” o curar con fungicidas.
- Distancia entre plantas y entre surcos; Para disminuir la humedad en el follaje se debe tener distancias adecuadas entre plantas y surcos. Esta actividad debe estar relacionada con la variedad empleada y la finalidad del cultivo (semilla o consumo).
- Aporques; Realizar aporques altos y bien formados para evitar o disminuir el contacto de los tubérculos con los esporangios y zoosporas provenientes del follaje infectado.
- Nutrición de las plantas; Algunos autores reportaron que dosis altas de fósforo y potasio reducen el tizón tardío mientras que las dosis altas de nitrógeno incrementan la incidencia de la enfermedad.
- Corte del follaje; Quince días antes de la cosecha se debe realizar el corte del follaje y sacarlo a un costado del campo.
- Riegos; Evitar los riegos excesivos por inundación, especialmente en terrenos con drenaje deficiente, pues pueden crear microclimas favorables para el desarrollo de la enfermedad, o causar pudriciones en los tubérculos. En lugares donde se riega por aspersión, evitar

realizarlo en horas de la noche debido a que las hojas permanecerán húmedas mayor tiempo facilitando la infección en el follaje.

- Saneamiento; En algunas regiones donde la enfermedad se presenta ocasionalmente, se recomienda que si la enfermedad aparece en pequeños focos, debe aplicarse desecantes para eliminar las fuentes iniciales de inóculo y de esta manera prevenir la diseminación del patógeno.
- Cosecha oportuna; Realizar cosechas oportunas y evitar realizar los trabajos bajo condiciones de humedad, porque favorecen la infección de los tubérculos y la posterior diseminación de la enfermedad.
- Eliminación de tubérculos descartados; Después de la cosecha se recomienda recoger todos los tubérculos descartados (podridos, dañados, etc.) y utilizarlos como fuente de alimento para cerdos o, en su defecto, deben ser quemados o enterrados profundamente, para que no actúen como fuente de inóculo primario o reservorio de otras plagas o enfermedades.
- Almacenamiento adecuado; Se debe almacenar los tubérculos sanos a fin de evitar infecciones durante el periodo de almacenamiento. Para ello utilizar almacenes con luz difusa.

#### d) Control biológico

Es la reducción de la enfermedad por interacción de uno o más organismos vivos con el patógeno causante de la enfermedad. Se han reportado el efecto antagonista de varios microorganismos contra *P. infestans*, entre los que se mencionan *Serratia* spp., *Streptomyces* spp., *Pseudomonas*

spp., *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Fusarium* spp. *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Myrothecium* spp., entre otros.

#### **F. Evaluación de la enfermedad.**

**Pérez y Forbes** (2 008), mencionan que para evaluar la resistencia de un determinado material genético a este tipo de enfermedad se recomienda utilizar el parámetro conocido como área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC, por sus siglas en inglés: “area under disease progressive curve”). Este parámetro se calcula basándose en los porcentajes de área foliar afectada por el tizón tardío, los cuales son determinados en forma visual y son registrados con el mismo intervalo de tiempo, o en distintas fechas durante la ocurrencia de la epidemia.

La ventaja de usar el AUDPC es su simplicidad para realizar los cálculos, pues usa múltiples evaluaciones y no necesita realizar transformación de datos. Es muy útil para realizar análisis comparativos entre variedades, genotipos o tratamientos en el mismo experimento y en la misma estación de cultivo.

Un inconveniente de usar el AUDPC se manifiesta cuando se pretende comparar los resultados entre diferentes experimentos, porque estos valores no son siempre comparables por varias razones. Otra inconveniencia es que puede subestimar la diferencia entre materiales resistentes y susceptibles cuando las evaluaciones son realizadas en intervalos de tiempo prolongado, o el inicio de las evaluaciones se realiza

después que la enfermedad ha afectado severamente a los genotipos susceptibles.

a) Consideraciones para la evaluación

Las evaluaciones del porcentaje de área foliar enferma por el tizón deben iniciarse inmediatamente después que la epidemia ha empezado.

Los intervalos de tiempo para realizar los registros de la enfermedad no deben ser prolongados por lo que se recomienda que éstos sean menores si las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Las evaluaciones deben culminar de inmediato cuando los genotipos susceptibles estén severamente afectados.

Se debe registrar la fecha de cada evaluación para determinar los días después de la siembra en el que se están realizando estas evaluaciones.

Se debe usar el AUDPC relativo (rAUDPC) para comparar experimentos. Esta medida es mejor que el AUDPC, pero puede también introducir unos sesgos en la comparación entre experimentos.

El rAUDPC es calculado dividiendo el AUDPC entre el número total de días comprendido entre la primera y última evaluación del área foliar enferma por 100.

b) CÁLCULO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD A *Phytophthora infestans* PARA GENOTIPOS DE PAPA

En la mayor parte del mundo no existe un sistema estándar para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en los genotipos de papa. Generalmente son clasificados en: resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil, pero para la comparación de genotipos en diferentes ambientes es muy limitada y es demasiado simple para proveer información útil para el manejo con fungicidas. Para enfrentar este problema, **Yuen** y **Forbes** propusieron una escala simple (0 a 9) que puede calcularse a partir de los valores de AUDPC o un rAUDPC; sin embargo, para usar esta escala se requiere tener un cultivar susceptible como referencia en todos los experimentos que van a ser comparados.

La escala de valores de susceptibilidad se calcula usando la siguiente ecuación:

$$S_x = S_y \frac{D_x}{D_y}$$

Donde  $S_y$  y  $D_y$  representan, respectivamente, el valor de la escala de susceptibilidad asignada y la medida de la enfermedad observada (AUDPC o rAUDPC) para el genotipo estándar, y  $S_x$  y  $D_x$  representan, respectivamente, el valor de la escala de susceptibilidad calculada y la medida de la enfermedad observada para el genotipo

en cuestión. En esencia, se divide el valor de la susceptibilidad asignada al testigo por la medida de resistencia del testigo (p.e. AUDPC o rAUDPC) para generar una constante. Esta puede ser multiplicada luego por la medida de resistencia de cada cultivar de interés para obtener el valor de la susceptibilidad de ese genotipo.

### 2.2.3. INDUCTORES DE RESISTENCIA.

Como respuesta a la presión ejercida por factores bióticos y abióticos, relacionados con las condiciones ambientales, la planta ha desarrollado diferentes sistemas de defensa, los cuales van asociados un tipo de respuesta, que básicamente se ha clasificado en dos categorías; un primer sistema de defensa constitutiva o preexistente y otro de respuesta inducible, ambos sistemas de defensa son específicos según la especie, ya que son consecuencia de la memoria genética y la capacidad de la planta de sintetizar sustancias antipatógenicas (García, 2003; Tofiño *et al.*, 2007, citados por Dotor y Cabezas, 2014)

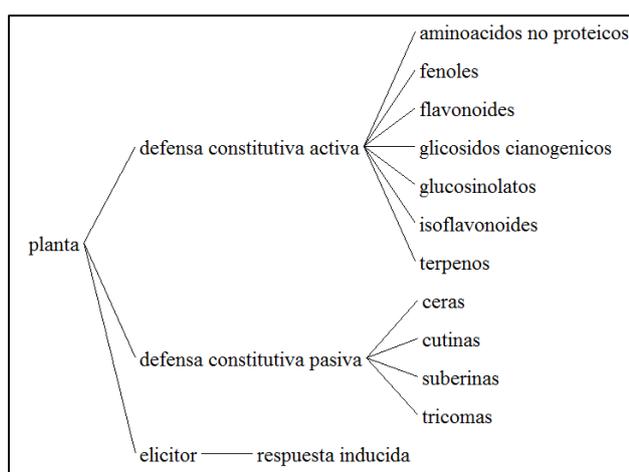


Figura 16. Compuestos constituyentes del mecanismo de defensa constitutiva activa y pasiva en plantas.

La idea de acelerar la respuesta de la planta mediante la aplicación de inductores de resistencia sistémica resulta atractiva y se presenta como una alternativa biológica, ambiental y comercialmente viable frente a la creciente necesidad de disminuir el uso de plaguicidas químicos en el control de agentes causantes de plagas. Por lo tanto, la demanda social de elicitores de respuestas de defensa de las plantas y compatibles con el medio ambiente, es cada vez mayor. Otro aspecto que puede favorecer el uso de estos compuestos es su procedencia, a partir de subproductos de un proceso o industria, lo cual abarata su obtención (**Peteira, et al 2008**).

**Molina y Rodríguez** (2008), señalan que en las plantas se han caracterizado varios tipos de resistencia inducible sistémica entre los que se pueden destacar:

1. **Resistencia sistémica adquirida (SAR).**- La SAR se activa local y sistémicamente tras la infección de la planta por patógenos que producen necrosis (virus, bacteria u hongos). La SAR se caracteriza por ser una resistencia de amplio espectro, es decir, que confiere resistencia no sólo al patógeno que la ha activado (p. ej. virus TMV), sino también a otros patógenos (p. ej. otros virus, bacterias y hongos). Se ha comprobado que la SAR es un resistencia duradera (activa durante días o semanas) en condiciones tanto naturales como de laboratorio, lo que la hacen muy atractiva desde un punto de vista agronómico.
2. **Resistencia Sistémica Inducida (ISR).**- La ISR se activa por determinadas cepas bacterianas del suelo (rizobacterias) que son

capaces de colonizar las raíces de las plantas. Al igual que la SAR, la ISR es una resistencia sistémica, de amplio espectro (puede conferir protección frente a bacterias, hongos y algunos virus), y duradera en condiciones de laboratorio y de campo. La activación de la ISR no depende de un incremento endógeno local y sistémico del ácido salicílico (SA). Por el contrario dicha resistencia depende de las rutas reguladas por las hormonas etileno (ET) y ácido jasmónico (JA), siendo no operativa en plantas que tiene bloqueadas las rutas del ET y JA.

3. **Resistencia Inducida por herida (WIR).**- Esta resistencia se activa tras el ataque de una planta por insectos que causan daño/herida, como los insectos comedores, pero también se puede activar por daño mecánico. La WIR es una resistencia sistémica y duradera, pero no es de amplio espectro, ya que protege principalmente frente a otros insectos comedores.
4. **Resistencia Inducida por PAMPs/elicitores (PTI).**- La PTI se activa tras el reconocimiento por parte de receptores específicos de MAMPs/PAMPs o elicitores. Este reconocimiento conduce a la activación de una respuesta de defensa que se caracteriza por la acumulación de calosa, fortificación de la pared celular y la activación de la expresión de genes de defensa.
5. **Resistencia Química Inducida (CIR).**- Se puede definir esta resistencia como la activada en la planta tras el tratamiento de la misma con un producto químico de naturaleza inorgánica u orgánica. Existen en el mercado una serie de productos fitosanitarios que son

capaces de proteger las plantas frente a las infecciones. Entre ellos se pueden destacar compuestos que están catalogados como fungicidas/bactericidas, aunque no se ha demostrado su actividad in vitro frente a los patógenos que controlan cuando se aplican sobre las plantas.

Una de las principales estrategias para reducir el uso de fungicidas y las pérdidas ocasionados por el tizón tardío es usando variedades resistentes y/o tolerantes; pero ello debe ir asociado con las buenas prácticas agrícolas del cultivo, de manera que podamos tener un manejo integrado de la enfermedad según las condiciones agroclimáticas de una zona en particular.

Como una alternativa dentro de este sistema de manejo integrado tenemos, el uso de activadores químicos de resistencia que permitirán reducir el número de aplicaciones y reducir la posibilidad de resistencia a los fungicidas por parte del patógeno. Además, estos productos ofrecen un buen control de la enfermedad y son inocuos para el hombre y el medio ambiente (Navia, *et al.*, 2000, citado por **Romero, 2010**).

#### A. Fosfito

A finales de la década de los 70, apareció un nuevo fungicida llamado “Chipco Signature” cuyo ingrediente activo era el Fosetyl-Al, y llegó a convertirse en la piedra filosofal para combatir diversas enfermedades fúngicas, especialmente las que padecían los céspedes de los campos de golf y el denominado “desechado de las coníferas”. El Fosetyl-Al, una vez

absorbido por la planta se convierte en el ión fosfito (= fosfonato)  $\text{PO}_3^-$  (**Rubilar y Balbontin** 2009).

**Lovatt y Mikkelsen** (2006), manifiestan que el fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los organismos vivos. El P en forma elemental no aparece en la naturaleza porque es muy reactivo, se combina rápidamente con otros elementos como oxígeno (O) e hidrógeno (H). Cuando se oxida completamente, el P se une con cuatro átomos de O para formar la conocida molécula de fosfato. Sin embargo, cuando no se oxida completamente un átomo de H ocupa el lugar de O y la molécula resultante se denomina fosfito. Este aparentemente simple cambio en la estructura molecular causa diferencias significativas que influyen la solubilidad relativa de la molécula y afecta la absorción y metabolismo de las plantas.

Los fosfitos son considerados como fertilizantes foliares que además presenta un modo de acción propio de un fungicida permitiendo la protección del tejido de la planta. Luego de la absorción del producto este sufre un proceso de oxidación o conversión resultando en una fuente continua de ácido fosforoso ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ). Esto fomenta un incremento de las sustancias que activan la resistencia sistémica adquirida dentro de la planta para diversos agentes patogénicos como los hongos y pseudohongos. Por este modo de acción (indirecto) se atribuye el hecho de que no se reporten casos de resistencia a los fosfitos y es improbable que esto ocurra (**Schwinn y Margot**, 1991; **Aventis Cropscience Perú**, 2 000 y **Química Suiza**. 2 001, citados por **Romero**, 2010).

Los fosfitos tienen una acción eficiente cuando está dentro de la planta, estimulando las reacciones de defensa como la producción de compuestos fenólicos que forman bandas osmófilas que rodean a la célula de penetración del pseudohongo (**Pantoja**, 1994).

## **B.** Funcionamiento de los fosfitos

**Rubilar y Albontín** (2009), señalan que el ión fosfito es un compuesto relativamente sencillo pero de una gran importancia en sanidad vegetal: presenta un efecto fungicida, especialmente frente a hongos de la clase Oomicetes (por ejemplo, *Phytophthora*) y además la molécula es un aporte nutricional en cuanto a P y K. Asimismo tiene una actividad fúngica doble la que:

- Está implicado en activar los sistemas naturales de defensa de la planta mediante el mecanismo SAR y por otro lado provoca cambios en la pared celular del hongo, fraccionándola en una serie de elicitores, y activando el proceso inmunológico. El ión fosfito ejerce un efecto directo en interrumpir el metabolismo del hongo; y
- El efecto directo del ión fosfito sobre el metabolismo del hongo radica en que este ión compite con el fósforo en diversas rutas metabólicas catalizadas por diversas enzimas fosforilativas. De esta manera, los procesos implicados en transferencia energética del hongo, sufren un considerable retraso e incluso pueden llegar a bloquearse. Asimismo, el ión fosfito, al ser sistémico e ingresar fácilmente en la planta, facilitando la distribución de los elementos nutritivos (P y K) con los que está unido químicamente.

## 2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS FUNGICIDAS EMPLEADOS

### A. Infinito

#### Características

Infinito es un fungicida de nueva generación, que combina el ingrediente activo Fluopicolide, representante de una nueva clase química, los Acylpicolides, con las reconocidas capacidades de Propamocarb HCl, los cuales sumados trabajan en forma sinérgica en el control de Tizón Tardío. Además, se trata de una excelente herramienta anti - resistencia, dado su efecto sobre cepas de Tizón Tardío que han demostrado resistencia a las Fenilamidas.

#### FORMULACIÓN

Infinito contiene dos ingredientes activos, Fluopicolide (6,25 % p / v) y Propamocarb HCl (62,5 % p / v). Su formulación, Suspensión Concentrada (SC), le permite ser una alternativa ideal de fácil dosificación y uso en papas y tomates.

#### ESPECTRO DE ACCIÓN

Infinito es un fungicida activo sobre un amplio rango de enfermedades del grupo de los Oomycetos. Sin embargo, su efectividad sobre Phytophthora infestans es sobresaliente, y ha sido demostrada a nivel mundial en cultivos de tomates y papas.

#### MODO DE ACCIÓN

Infinito es activo sobre todos los estados clave dentro del ciclo del hongo: la esporulación, formación de zoosporas y su enquistamiento, movilidad de las zoosporas, germinación de esporangios y zoosporas y crecimiento de micelio. La acción sobre la germinación directa e indirecta de los esporangios, permite la prevención independientemente de la temperatura, bloqueando la enfermedad en cada oportunidad disponible. Por otro lado, sus ingredientes activos poseen acción sistémica y translaminar, lo que sumado a sus efectos biológicos, permiten la protección de hojas, tallos, brotes nuevos y tubérculos, con excelente efectividad, adecuada resistencia al lavado por lluvias y destacable efecto residual.

#### ÉPOCA DE APLICACIÓN

La protección durante la época de floración, ha demostrado ser crítica a la hora de asegurar rendimientos adecuados y evitar la infección sobre los tubérculos. Prefiera su uso en forma preventiva ante la ocurrencia de condiciones climáticas predisponentes o “alarma de Tizón Tardío”. En consecuencia, la protección completa y duradera de Infinito en este período clave del cultivo será su mejor decisión.

#### Ventajas

- ✓ Prevención y control sobresaliente de Tizón Tardío.
- ✓ Efectos translaminar y sistémico, con actividad anti - esporulante.
- ✓ Activo sobre todos los estados de desarrollo claves del hongo.
- ✓ Rápida acción y adecuada residualidad.

- ✓ Protección de hojas, tallos, brotes y tubérculos.
- ✓ Excelente herramienta anti - resistencia.
- ✓ Formulación fácil de usar y dosificar.

## **B. Acrobat**

### COMPOSICIÓN

Ingrediente activo:

9 gr., de Dimetomorf: (E,Z) 4 - [3 - (4-clorofenil) - 3 - (3,4-dimetoxifenil) acriloil]morfolina.

60 gr., de Mancozeb: Etilen bis (ditiocarbamato) de manganeso (polimero) complejo con sal de zinc.

100 gr., de Inertes y coadyuvantes c.s.p.

ACROBAT\* MZ, fungicida recomendado para el control del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) combina la acción de dos principios activos, Dimetomorf y Mancozeb. Posee acción preventiva y antiesporulante.

El Dimetomorf es un fungicida oomicetal que actúa por interrupción de la formación de la pared celular de los hongos. Interfiere en el normal crecimiento del hongo y puede llevar a lisis de la pared celular y muerte de las células. Tiene actividad durante las fases del ciclo biológico en que tenga lugar crecimiento activo. La actividad antiesporulante del

Dimetomorf disminuye notablemente el potencial de diseminación de la infección.

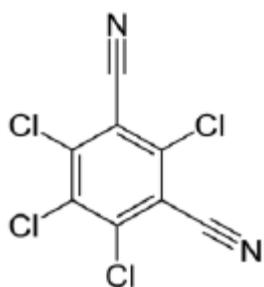
En las aplicaciones foliares el Dimetomorf es absorbido por la hoja y es translocado dentro de la misma (movimiento translaminar). Por su parte, el mancozeb es un fungicida protector que permite ampliar el rango de acción contra diferentes hongos, y por ser fungicida de diferente modo de acción que el Dimetomorf, contribuye a evitar la aparición de razas resistentes.

Como una **práctica general de manejo de resistencia de hongos a fungicidas** se recomienda aplicar este producto secuencialmente con otros fungicidas registrados, para el control del tizón tardío de la papa, con distinto modo de acción.

### C. Bravo 720 SC

#### IDENTIDAD

Composición	:	Chlorothalonil
Concentración	:	720 g/L
Formulación	:	Suspensión concentrada
Grupo Químico	:	Cloronitrilos
Clase de Uso	:	Fungicida
Fórmula Empírica	:	C <sub>8</sub> Cl <sub>4</sub> N <sub>2</sub>
Peso molecular (gmol)	:	265.91
Fórmula estructural	:	



## CARACTERISTICAS

Bravo 720 SC es un fungicida perteneciente al grupo de los cloronitrilo, es de acción preventiva y de contacto; su nueva formulación bajo la tecnología Weather Stock permite que presente una mejor adherencia sobre la superficie de la planta, brindando así un mayor número de días de protección.

## PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Densidad	:	1.345 g/ml a 20 °C
pH	:	6.5 – 9.5
Estado Físico	:	Líquido
Color	:	Blanco apagado a castaño ligero
Olor	:	Ligeramente agrio, suave
Explosividad	:	No explosivo
Corrosividad	:	No corrosivo
Estabilidad en Almacenamiento	:	Es estable bajo condiciones normales de manipulación y almacenamiento por 2 años.

## MODO DE ACCION

Bravo 720 SC actúa por contacto.

## MECANISMO DE ACCION

Bravo 720 SC inhibe el proceso de respiración (conversión de carbohidratos en energía) de las células del hongo mediante un enlace rápido de las moléculas de clorotalonil con grupos sulfidrilos, deteniendo la producción de energía, el crecimiento y provocando la muerte del individuo.

## CONDICIONES DE APLICACIÓN

Para obtener un control óptimo Bravo 720 SC debe ser aplicado preventivamente o tan pronto se observen los primeros síntomas de la enfermedad. El intervalo de aplicación puede variar entre 5 a 7 días.

## COMPATIBILIDAD

Bravo 720 SC no debe combinarse con plaguicidas, surfactantes o fertilizantes a menos que la experiencia muestre que la combinación es físicamente compatible, efectiva y no causa daños al cultivo en el que se va a utilizar. No debe ser mezclado con aceites o aplicado a cultivos que hayan sido tratados con aceite en por lo menos 10 días.

## REINGRESO A UN ÁREA TRATADA

No ingresar a las áreas tratadas hasta 24 horas después de la aplicación.

## FITOTOXICIDAD

Bravo 720 SC no es fitotóxico siguiendo las recomendaciones de la etiqueta.

## CATEGORIA TOXICOLÓGICA

Moderadamente Peligroso.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- ✓ **Plaguicida;** Es cualquier sustancia, o mezcla de sustancias, que se utiliza para prevenir, controlar o destruir una plaga, incluyendo: Vectores de agentes causales de enfermedades humanas o de animales; especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o interfieren con la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y sus productos.
- ✓ **Inductor de resistencia;** Se entiende por inductor de resistencia a los mecanismos de defensa inducibles que requieren sistemas de percepción de microorganismos invasores que permitan activar los genes implicados en la respuesta defensiva.

Lo mismo que en nuestro sistema inmunitario, este sistema de percepción debe hallarse capacitado para distinguir lo propio de lo ajeno.

En la terminología actual, los inductores se llamarían PAMP (de las siglas en inglés de “patrones moleculares asociados a patógenos”).

Los PAMP se unen a receptores de reconocimiento de patrones (PRR), que operan en la transducción de la señal y en la activación de genes de la célula vegetal comprometidos en las tareas de defensa.

## **2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Los inductores de resistencia y las estrategias de control químico de *Phytophthora infestans* presentan diferencias significativas en las tres variedades de papa.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

Los inductores de resistencia y las estrategias químicas presentan diferencias estadísticas en el control de la *Phytophthora infestans*, bajo condiciones agroecológicas de Paucartambo para las variedades de papa Yungay, canchan y andina.

La evaluación de los inductores de resistencia y las estrategias de control químico permite identificar la mejor alternativa tecnológica en el control de *Phytophthora infestans*.

## **2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

Dentro de los factores o variables en estudio, tenemos a los siguientes:

### **Variables independientes:**

#### **A. Variedades de papa:**

<u>Variedades</u>	<u>Clave</u>
a) Canchan	V <sub>1</sub>
b) Yungay	V <sub>2</sub>
c) Andina	V <sub>3</sub>

**B. Inductores de resistencia y fungicidas:**

	<u>Clave</u>
a. Phosalex	I <sub>1</sub>
b. Alecto	I <sub>2</sub>
c. Fosfito de magnesio	I <sub>3</sub>
d. Bravo + Acrobat	I <sub>4</sub>
e. Bravo + Curzate	I <sub>5</sub>
f. Infinito	I <sub>6</sub>

**Variable dependiente;** plantas de papa y se evaluará los parámetros siguientes:

- Porcentaje de emergencia (%)
- Escala de susceptibilidad.
- Rendimiento de tubérculos (kg).

**2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES**

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL			INSTRUMENTOS
		DIMENSIÓN O FACTOR A MEDIR	INDICADOR	VALORES ESCALARES	
<b>V.I. Inductores de resistencia</b>	Es cualquier molécula química que pueda estimular mecanismos de defensa o asociados con la respuesta de defensa en las plantas.	Presencia del tizón tardío de la papa después de la aplicación del producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Severidad del tizón tardío en tallos y hojas.</li> <li>➤ Incidencia de la enfermedad en la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ %.</li> <li>➤ %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Analíticos.</li> </ul>
<b>V.D. Tizón tardío.</b>	Enfermedad causado por un oomiceto llamado <i>Phytophthora infestans</i> .	Agresividad y adaptabilidad del oomiceto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Porcentaje de área foliar afectada.</li> <li>➤ Rendimiento o del cultivo de papa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ %.</li> <li>➤ Kg/ha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Métodos e instrumentos analíticos</li> <li>➤ Balanza analítica.</li> </ul>

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación es experimental y aplicada, ya que se usa el método científico con el apoyo de la estadística inferencial.

### **3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

El método de investigación es el experimental; mediante la comparación entre sí de los dieciocho tratamientos (factorial 3A x 6B) y conducidos bajo las mismas condiciones agroclimáticas, teniendo el campo experimental las siguientes características:

#### Parcelas:

Número de Parcelas	9
Largo	30 m.
Ancho	4 m.
Área total por bloques	360 m <sup>2</sup> .
Distanciamiento entre bloques	1 m.
Área total del experimento	1 280 m <sup>2</sup> .

#### Sub Parcelas:

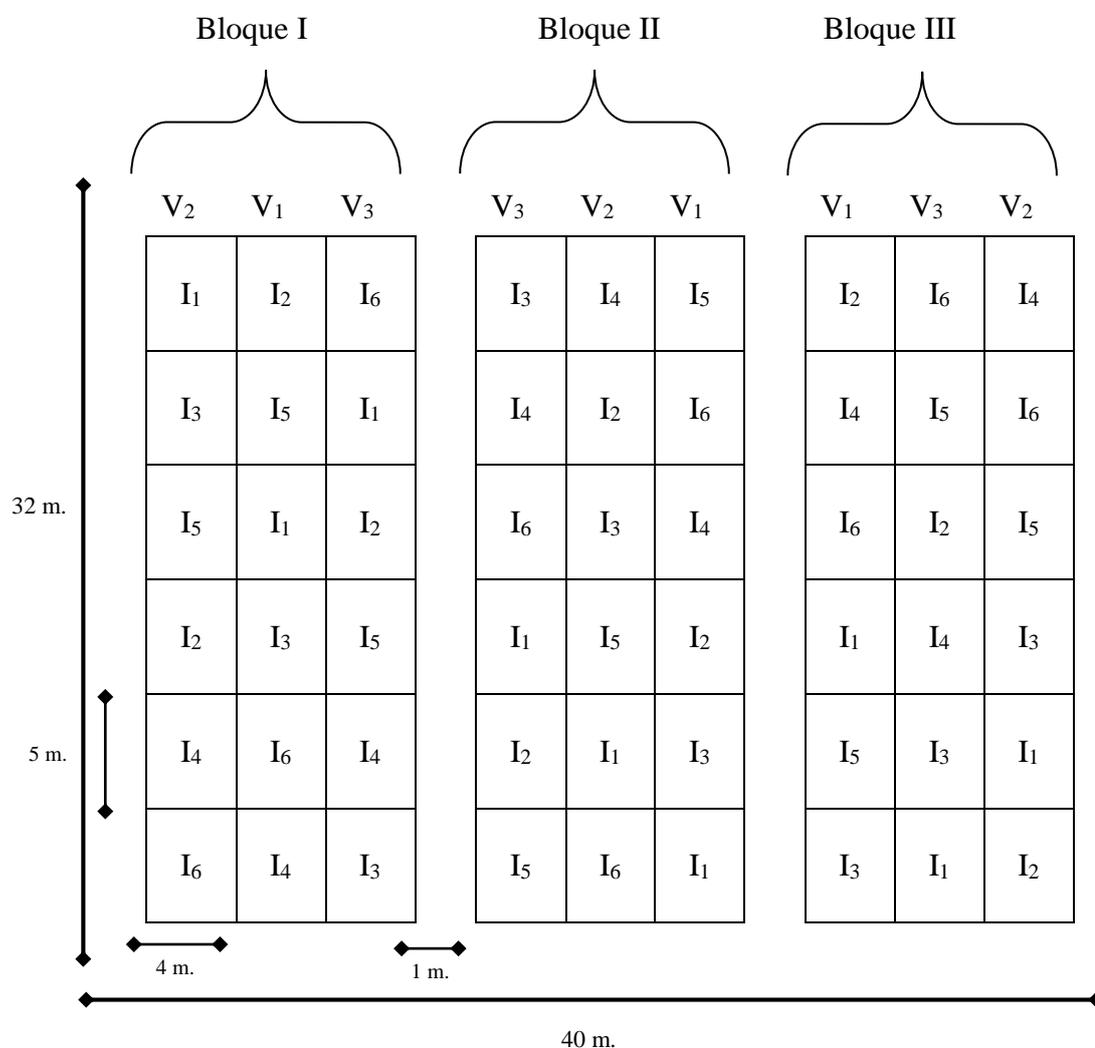
Número total de sub parcelas del experimento	54
Número de sub parcelas por parcela	6
Largo de la sub parcela	5 m.
Ancho de la sub parcela	4 m.

Área de la sub parcela 20 m<sup>2</sup>.

Surcos:

Número de surcos por sub parcelas 5  
 Distancia entre surcos 0.80 m  
 Distancia entre plantas 0.5 m.

El croquis del campo experimental para la conducción del presente experimento es el siguiente:



**LEYENDA:**

V<sub>1</sub> = Variedad Canchan. D<sub>2</sub> = Variedad Yungay. D<sub>3</sub> = Variedad Andina.  
 I<sub>1</sub> = Phosalex I<sub>2</sub> = Alecto I<sub>3</sub> = Fosfito de magnesio I<sub>4</sub> = Bravo + Acrobat.  
 I<sub>5</sub> = Bravo + Curzate I<sub>6</sub> = Infinito.  
 Área total del experimento = 1 280 m<sup>2</sup> (40\*32)

### 3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

#### a) Diseño experimental

El presente experimento fue conducido en un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con un factor A (Variedades de papa) de 3 niveles y un factor B (Inductores de resistencia y fungicidas) de 6 niveles, donde las variedades de papa estuvieron en parcelas y los inductores con los fungicidas estuvieron en sub parcelas en 3 repeticiones. Entonces se designó los 3 niveles del factor A en los bloques teniendo  $3 \times 3 = 9$  parcelas.

En cada parcela se tuvo los niveles del factor B (6 niveles), lo que vino a representar las sub parcelas; las cuales fueron en un total de 54 sub parcelas ( $9 \times 6 = 54$ ).

#### b) Modelo matemático

El modelo estadístico lineal aditivo, en el cual se ajustan los análisis de varianza es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \delta_{(i)k} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{(ij)k}$$

$$i = 1, 2, 3 \text{ Variedades de papa}$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ Inductores de resistencia y fungicidas}$$

$$k = 1, 2, 3 \text{ Bloques o replicas}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Valor de la observación del experimento factorial en la *i*-ésima variedad de papa, *j*-ésimo inductor de resistencia y fungicida, *k*-ésimo bloque o replica.

$\mu$ .... = Efecto común a todas las observaciones.

$\rho_k$  = Efecto del bloque o replica *k*

$\alpha_i$  = Efecto del nivel *i* del factor A (Variedades de papa)

$\delta_{(i)k}$  = Efecto asociado con el error (a)

$\beta_j$  = Efecto del nivel  $j$  del factor B (Inductores de resistencia y fungicidas)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de los niveles de A x B

$\varepsilon_{(ij)k}$  = Efecto asociado con el error (b)

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **Población:**

La población total del presente experimento está constituido por 2 700 tubérculos de papa o unidades experimentales distribuidos en las 54 sub parcelas del experimento.

De los 2 700 tubérculos de papa, 900 corresponden a la variedad de Canchan, 900 serán de la variedad Yungay y los 900 tubérculos restantes son de la variedad Andina.

#### **Muestra:**

La muestra del presente trabajo de investigación está conformada por 24 plantas de los 3 surcos centrales de las sub parcelas lo que hace un total de 1 296 (de las tres variedades) unidades experimentales.

### **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1. Técnicas**

La técnica de recolección de datos para el porcentaje de germinación, escala de susceptibilidad y el rendimiento de tubérculos fue mediante la

observación sistemática regulada o controlada; las que fueron recolectadas de forma manual.

### **3.5.2. Instrumentos**

Los instrumentos utilizados fueron:

- ✓ Fichas.
- ✓ Escalas de evaluación.
- ✓ Cuaderno de campo.
- ✓ Balanza.
- ✓ Formatos de cuadros estadísticos.

## **3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Habiéndose observado, medido y registrado los datos del porcentaje de emergencia, escala de susceptibilidad y rendimiento de tubérculos, se procedieron a tabular y realizar el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan con la ayuda del programa estadístico del SAS (Statistical Analysis System), la misma que corresponde al diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas.

## **3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

Los tratamientos o factores en estudio de la presente investigación son:

Factor A: Las variedades de papa Canchan, Yungay y Andina.

Factor B: Los Inductores de resistencia y fungicidas; Phosalex, Alecto, Fosfito de magnesio, Bravo + Acrobat, Bravo + Curzate, Infinito. Las cuales son para el control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Por lo tanto es un experimento factorial de 3A x 6B, las mismas que son igual a 18 tratamientos, las que se detallan a continuación:

**Cuadro 03.** Diseño de tratamientos utilizados en el experimento.

TRATAMIENTOS	FACTORES EN ESTUDIO	
	A	B
	VARIEDADES	INDUCTORES DE RESISTENCIA Y FUNGICIDAS
T1	Canchan	Phosalex
T2	Canchan	Alecto
T3	Canchan	Fosfito de magnesio
T4	Canchan	Bravo + Acrobat
T5	Canchan	Bravo + Curzate
T6	Canchan	Infinito
T7	Yungay	Phosalex
T8	Yungay	Alecto
T9	Yungay	Fosfito de magnesio
T10	Yungay	Bravo + Acrobat
T11	Yungay	Bravo + Curzate
T12	Yungay	Infinito
T13	Andina	Phosalex
T14	Andina	Alecto
T15	Andina	Fosfito de magnesio
T16	Andina	Bravo + Acrobat
T17	Andina	Bravo + Curzate
T18	Andina	Infinito

Fuente: Elaboración propia.

### **3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación se han seleccionado y utilizado los instrumentos correspondientes a la estadística inferencial para probar las hipótesis según el diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas, para trabajos conducidos en condiciones de campo.

Las que fueron representadas en los cuadros de análisis de varianza, donde se tienen como fuentes de variación a las variedades de papa, los inductores de resistencia y fungicidas, el error de la factor A y el error del factor B, así como la interacción de ambos factores, asimismo los grados de libertad, suma de cuadrados, cuadrados medios, la F calculada, la F tabular para los niveles de 95 y 99 % y la significación respectiva.

También se tiene el coeficiente de variación que debe estar por debajo del 30 % el cual nos permitirá expresar la validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados en el presente experimento.

### **3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA.**

La evaluación de inductores de resistencia y fungicidas en el control de *Phytophthora infestans* en tres variedades de papa en condiciones agroecológicas de Paucartambo, está orientado a determinar el inductor de resistencia con mejor control del tizón tardío para que los agricultores puedan hacer uso de una nueva alternativa tecnológica o incluirlas dentro de las estrategias de control por ser inocua al medio ambiente y al hombre y evitar la resistencia del patógeno a los fungicidas utilizados en su control; ya que la papa es uno de los cultivos más importantes tanto económica, social y culturalmente para el distrito de Paucartambo.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El presente trabajo de investigación tuvo la siguiente secuencia a nivel de campo:

#### 4.1.1. Ubicación del campo experimental

##### a) **Ámbito de estudio**

La ubicación política, geográfica y ecológica del presente trabajo de experimentación que se realizó en los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018 tiene las siguientes características:

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Paucartambo

Lugar : Poxogan

Longitud : 75°47'40"

Latitud : 10°45'22"

Altitud : 2 897 m.s.n.m.

Zona de vida : Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh – MT)

(Fuente: Gobierno Regional de Pasco 2 004)

##### b) **Antecedentes del campo experimental**

El campo experimental durante las últimas tres campañas 2 014, 2 015 y el 2 016 no se instaló ningún cultivo es decir estuvo en descanso.

c) **Características de la zona**

➤ **Características del suelo experimental**

Los resultados del análisis físico químico del suelo experimental procedentes del laboratorio de Servicio de análisis de suelos del INIA – Huancayo, se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro 04.** Análisis físico químico de los suelos experimentales – Lote 1 y Lote 2.

<b>LOTE 1</b>		
<b>ELEMENTO</b>		<b>MÉTODO</b>
Profundidad de muestreo	30 cm.	
<b>ANÁLISIS FÍSICO</b>		
Arena	61.2 %	Hidrométrico
Limo	24 %	Hidrométrico
Arcilla	14.8 %	Hidrométrico
Clase textural	Franco Arenoso	Triangulo textural
<b>ANÁLISIS QUÍMICO</b>		
pH	4.84	Potenciómetro
Materia orgánica	2.5	Walkey y Black
Fosforo disponible	6.0 (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible	100 (ppm)	Peech
Nitrógeno	0.12 %	
<b>LOTE 2</b>		
<b>ANÁLISIS FÍSICO</b>		
Arena	61.2 %	Hidrométrico
Limo	26 %	Hidrométrico
Arcilla	12.8 %	Hidrométrico
Clase textural	Franco Arenoso	Triangulo textural
<b>ANÁLISIS QUÍMICO</b>		
pH	4.5	Potenciómetro
Materia orgánica	4.0 %	Walkey y Black
Fosforo disponible	5.6 (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible	98 (ppm)	Peech
Nitrógeno	0.2 %	

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos INIA-Huancayo.

➤ **Características climáticas de la zona**

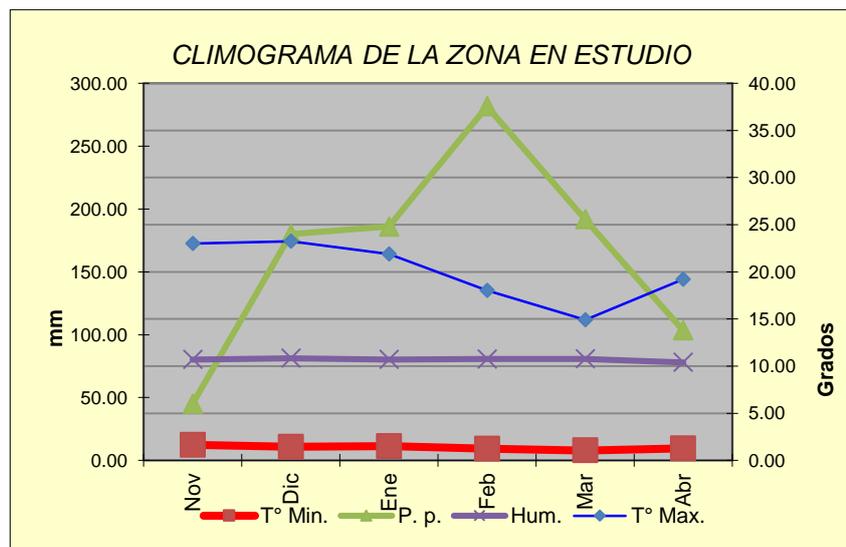
Los datos meteorológicos diarios de temperatura, precipitación pluvial y evaporación que se registraron en la localidad experimental se encuentran en la parte de anexos (cuadro 01); en los siguientes cuadros se muestran el resumen y la ocurrencia por meses de los datos obtenidos.

**Cuadro 05.** Comportamiento meteorológico por meses registrados en la localidad de estudio.

Mes	Temperatura (°C)		Precipitación (en mm/m <sup>2</sup> )	Humedad (%)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
Noviembre	12.33	23.00	45.10	72.00	88.67
Diciembre	10.81	23.23	180.00	73.06	89.48
Enero	11.29	21.90	186.00	72.55	87.90
Febrero	9.34	18.02	281.66	71.89	89.36
Marzo	7.94	14.90	191.77	70.55	90.94
Abril	9.6	19.20	103.40	69.80	86.20

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 05.** Climograma de los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018.



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.2. Instalación y conducción del experimento**

##### **a. Material vegetal**

Para el presente trabajo se utilizó las variedades Canchan INIA, Yungay y Andina; la semilla fue de categoría común, que se adquirió (en el distrito de Paucartambo) de la misma zona en estudio con un peso aproximado de 40 gramos.

##### **b. Preparación del suelo**

Para la conducción del presente experimento se realizó la toma de muestras de suelo para el respectivo análisis, seguidamente la roturación, mullido y surcado del terreno fue en forma manual, los surcos tuvieron un distanciamiento de 0.80 m., sobre los surcos formados se procedió a la delimitación de las unidades experimentales, parcelas, sub parcelas las calles y bordes.

##### **c. Trazado de parcelas experimentales**

Para el trazado y la delimitación de las parcelas experimentales se utilizó una wincha, estacas, cordel y cal.

##### **d. Fertilización**

La fertilización se hizo según el nivel recomendado por el laboratorio de suelos del INIA – Huancayo, que fue de 180 – 180 – 160 de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) para el Lote 1 y de 160 – 180 – 180 de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) para el Lote 2.

Para ello se usaron las siguientes fuentes de fertilización: para el nitrógeno Urea (46 % de N); para el fósforo, el fosfato diamónico (18 % de N y 46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y para el Potasio, el Cloruro de Potasio (60 % de K<sub>2</sub>O); luego

de una mezcla previa se fertilizó golpe por golpe, seguidamente se procedió a cubrir con una capa delgada de suelo de 10 cm.

**e. Siembra**

La siembra se realizó en forma manual, dejando una semilla por golpe en el fondo de los surcos, con una distancia entre plantas de 0.5 m y de 0.8 m entre surcos; teniendo una población total del presente experimento de 2 700 tubérculos de papa distribuidos en las 54 sub parcelas del experimento.

De los 2 700 tubérculos de papa, 900 correspondieron a la variedad de Canchan, 900 al de la variedad Yungay y los 900 tubérculos restantes son de la variedad Andina.

**f. Labores culturales**

✓ Deshierbo.

Esta labor cultural se realizó a los 25 días después de la siembra y cada vez que era necesario, las malezas que se presentaron durante la conducción del experimento fueron las siguientes:

- Bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*).
- Cola de caballo (*Equisetum arvense*)
- Huanta
- Amor seco (*Bidens pilosa*)
- Ichu (*Pennisetum sativum*), etc.

✓ Aporques:

Se realizaron dos aporques, el primero a los 38 días después de la siembra, el segundo aporque fue a los 65 días después de la siembra.

**g. Control fitosanitario**

Para prevenir el ataque de insectos, se utilizó la metodología de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

**h. Cosecha**

La cosecha se realizó a la madures del cultivo que fue alrededor de los 147 días después de la siembra.

**4.1.3. Datos registrados**

a) Porcentaje de emergencia.

Se realizó la evaluación del porcentaje de emergencia hasta un 80 %, mediante la técnica de observación y mecánica (conteo), para posterior a ello realizar las aplicaciones de los respectivos tratamientos.

b) Escala de susceptibilidad

Este parámetro se evaluó semanalmente, es decir desde el momento en que aparecieron los primeros síntomas del patógeno; para ello se utilizó la escala sugerida por **Fry** (1 977) y **Oyarzún** (2 002).

c) Rendimiento de tubérculos

Se evaluó el rendimiento de los tubérculos al momento de la cosecha, para realizar el análisis de rentabilidad de cada tratamiento, y para ello se utilizó una balanza de precisión.

Los tubérculos cosechados fueron seleccionados en tres categorías teniendo en cuenta su peso: los tubérculos de primera son aquellos que alcanzaron un peso comercial mínimo de 100 gramos, los tubérculos de segunda aquellos que tuvieron un peso de 50 a 100 gramos, y los tubérculos de tercera aquellos con un peso inferior a 50 gramos. Esta

última categoría no tiene valor comercial por lo que se le considera como descarte.

## 4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

### 4.2.1. Porcentaje de emergencia

La evaluación del porcentaje de emergencia de los tubérculos se realizó a los 17 días después de la siembra, mediante la técnica de conteo y de la observación panorámica visual, donde se utilizaron 50 tubérculos de papa por parcela, y por cada parcela se tuvo 5 surcos y en cada uno de ellos 10 tubérculos. Los datos de estas observaciones se encuentran en el cuadro 02 en la parte de anexos; a continuación se muestra el análisis de variancia.

**Cuadro 06.** Análisis de variancia del porcentaje de emergencia.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Signi</b>
Bloques	2	7.259					
A	2	1.93	0.963	0.74	6.94	18.00	n.s.
Error (a)	4	5.185	1.296				
B	5	10.148	2.030	1.18	2.53	3.70	n.s.
AB	10	17.630	1.763	1.026	2.16	2.98	n.s.
Error (b)	30	51.556	1.719				
TOTAL	53	93.704					

C.V. = 1.33 %

La prueba de F al 0.05 y 0.01 % del cuadro de análisis de varianza nos muestra que no existen diferencias estadísticas significativas para los promedios del Factor A, Factor B y la interacción de ambos (AxB), con respecto al porcentaje de emergencia.

El coeficiente de variación de la presente evaluación es de 1.33 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos en condiciones de campo.

Seguidamente se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para corroborar los datos obtenidos en el análisis de varianza, asimismo establecer el orden de mérito de las mismas, las cuales se muestran a continuación:

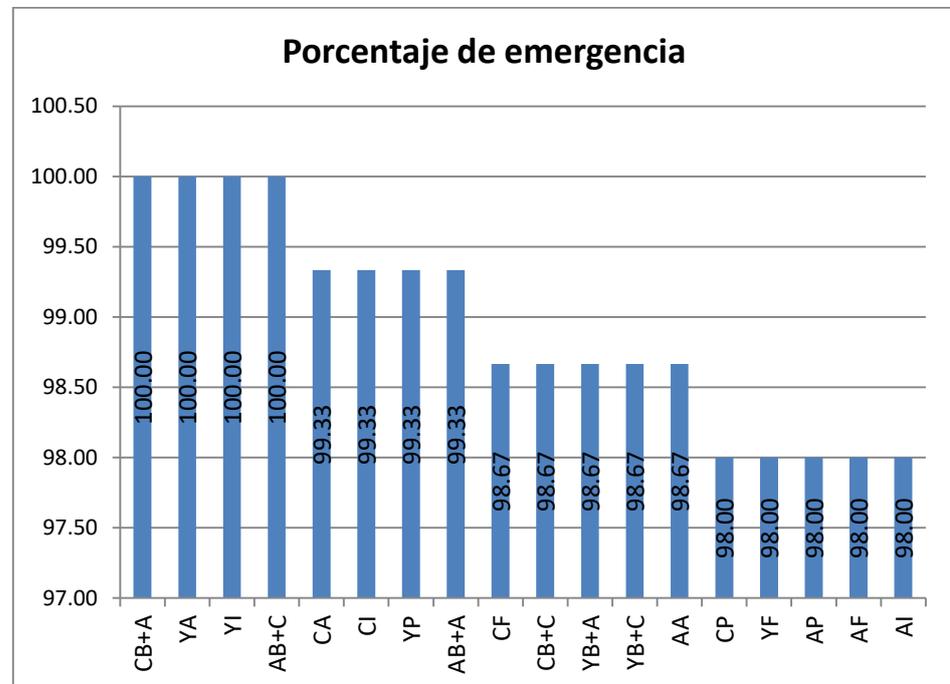
**Cuadro 07.** Porcentaje de emergencia y grupos Duncan.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (en %)	Grupo Duncan
1	Canchan - Bravo + Acrobat	100.00	A
2	Yungay - Alecto	100.00	A
3	Yungay - Infinito	100.00	A
4	Andina - Bravo + Curzate	100.00	A
5	Canchan - Alecto	99.33	A
6	Canchan - Infinito	99.33	A
7	Yungay - Phosalex	99.33	A
8	Andina - Bravo + Acrobat	99.33	A
9	Canchan - Fosfito de magnesio	98.67	A
10	Canchan - Bravo + Curzate	98.67	A
11	Yungay - Bravo + Acrobat	98.67	A
12	Yungay - Bravo + Curzate	98.67	A
13	Andina - Alecto	98.67	A
14	Canchan - Phosalex	98.00	A
15	Yungay - Fosfito de magnesio	98.00	A
16	Andina - Phosalex	98.00	A
17	Andina - Fosfito de magnesio	98.00	A
18	Andina - Infinito	98.00	A

La prueba de Duncan para el porcentaje de emergencia de los tubérculos de papa, nos muestra también que no existe significación entre todos los tratamientos, es por ello que se encuentran bajo el mismo grupo Duncan A.

El cuadro de Duncan también nos indica que de los 50 tubérculos sembrados por cada parcela y tratamiento, todos los tratamientos en estudio estuvieron comprendidos entre el 98 y 100 % de emergencia es decir más de 46 tubérculos por parcela y tratamiento, las mismas que garantizaron las evaluaciones posteriores que se hicieron en el presente trabajo de investigación.

**Gráfico 06.** Porcentaje de emergencia.



#### 4.2.2. Escala de susceptibilidad – Severidad

La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada. La observación de esta variable se registra a lo largo de la campaña junto con la fecha de cada lectura. Los datos son recolectados en cada parcela o unidad experimental (cada variedad dentro de cada repetición) (**Forbes, et, al 2014**). La toma de datos debe comenzar tan

pronto como las condiciones del clima se vuelvan propensas para el desarrollo del tizón tardío; las siguientes lecturas deben hacerse apenas se observen los primeros síntomas de la enfermedad.

En el presente trabajo de investigación se realizaron 06 evaluaciones de severidad la misma que nos sirvió para construir la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) de las tres variedades de papa. Los datos de la presente evaluación se encuentran en el cuadro 03 en la parte de anexos.

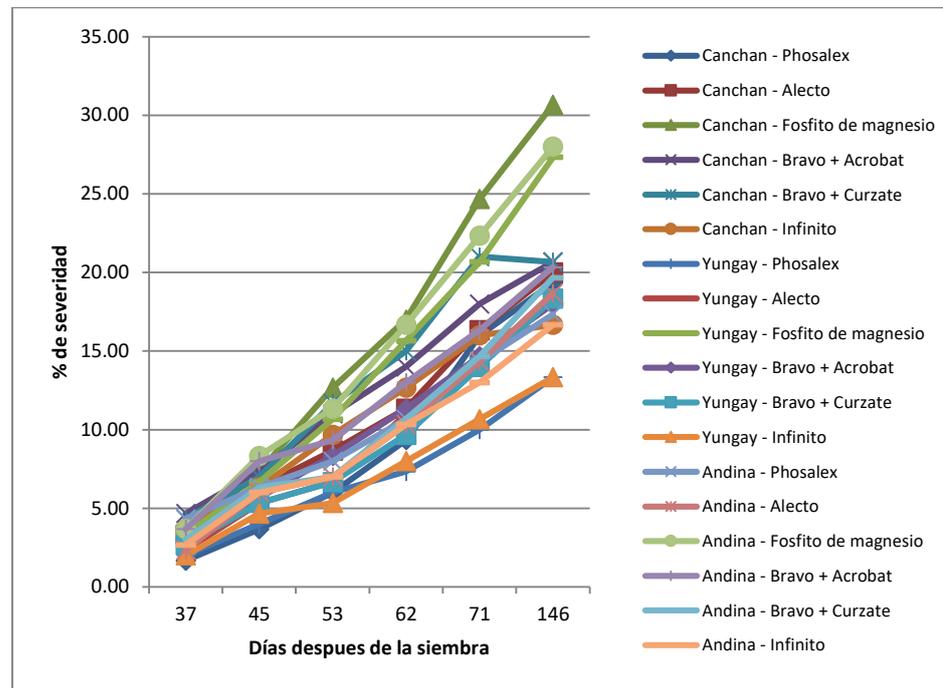
Debido a que el tizón tardío es una enfermedad policíclica, el CIP recomienda el uso del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC) para medir la resistencia. El AUDPC es una medida de resistencia calculada a partir de los porcentajes estimados de área de hoja afectada registrados en diferentes momentos durante la epidemia (**CIP. 2010**)

El AUDPC es frecuentemente calculado usando la siguiente fórmula (Campbell y Madden, 1990):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde “t” es el tiempo de cada lectura, “y” el porcentaje de follaje afectado en cada lectura y “n” el número de lecturas. La variable “f” puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia.

**Gráfico 07.** Curva del progreso del tizón tardío (AUDPC) en las variedades Canchan, Yungay y Andina usando inductores de resistencia y fungicidas.



Del gráfico podemos decir que el tratamiento T3 (variedad canchan con fosfito de magnesio) alcanzó un 30.67 % de severidad a los 146 días después de la siembra, seguido de los tratamientos T15, T9, T4, T5, T16, T2, T17, T1, T14, T11, T8, T10, T13, T6, T18, T7 y T12 quienes alcanzaron los porcentajes de severidad de 28.00 %, 27.33 %, 20.67 %, 20.67 %, 20.33 %, 20.00 %, 19.67 %, 19.33 %, 18.67 %, 18.33 %, 18.00 %, 18.00 %, 17.33 %, 16.67 %, 16.67 %, 13.33 % y 13.33 % respectivamente a los 146 días después de la siembra tal como se muestra en el gráfico.

El AUDPC es una variable que estima la cantidad de enfermedad a lo largo de la campaña. El AUDPC se expresa en porcentajes por días (es decir, la acumulación diaria del porcentaje de los valores de infección) y se

interpreta directamente sin transformación. Cuanto más alto es el AUDPC, más susceptible es el clon o variedad. Para tener una mejor idea de cómo se comportan los clones o variedades del experimento, generalmente es útil hacer un gráfico del porcentaje de área de hoja infectada frente a la fecha de evaluación. (Forbes, *et, al* 2014).

#### 4.2.3. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).

El análisis de varianza efectuado al área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC), nos muestra que existe diferencias estadísticas significativas para los promedios del Factor A (variedades de papa) y del Factor B (inductores de resistencia y fungicidas), mientras que para la interacción de ambos factores (AxB) no existe diferencias estadísticas significativas. La no significación de la interacción de los factores en estudio nos indica que los factores A y B actúan independientemente con respecto al presente parámetro evaluado.

Asimismo el coeficiente de variación es de 9.74 % el cual nos indica el grado de confiabilidad del experimento, ya que se encuentra dentro del rango permisible para experimentos conducidos a nivel de campo.

**Cuadro 08.** Análisis de variancia del área de la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Signi.
Bloques	2	0.00004217					
A	2	0.00185892	0.0009295	413.75	6.94	18.00	**
Error (a)	4	0.00000899	0.0000022				
B	5	0.01094382	0.0021888	44.69	2.53	3.70	**
AB	10	0.00034282	0.0000343	0.700	2.16	2.98	n.s.
Error (b)	30	0.00146915	0.0000490				

TOTAL	53	0.01466587					
-------	----	------------	--	--	--	--	--

C.V. = 9.74 %

A continuación en el cuadro 09 se muestra la prueba de Duncan, en la cual se establece el orden de mérito de los promedios de las interacciones de los factores AxB donde el tratamiento T3 (Variedad canchan con fosfito de magnesio) es el que presenta un mayor promedio (0.107) seguido de los demás tratamientos.

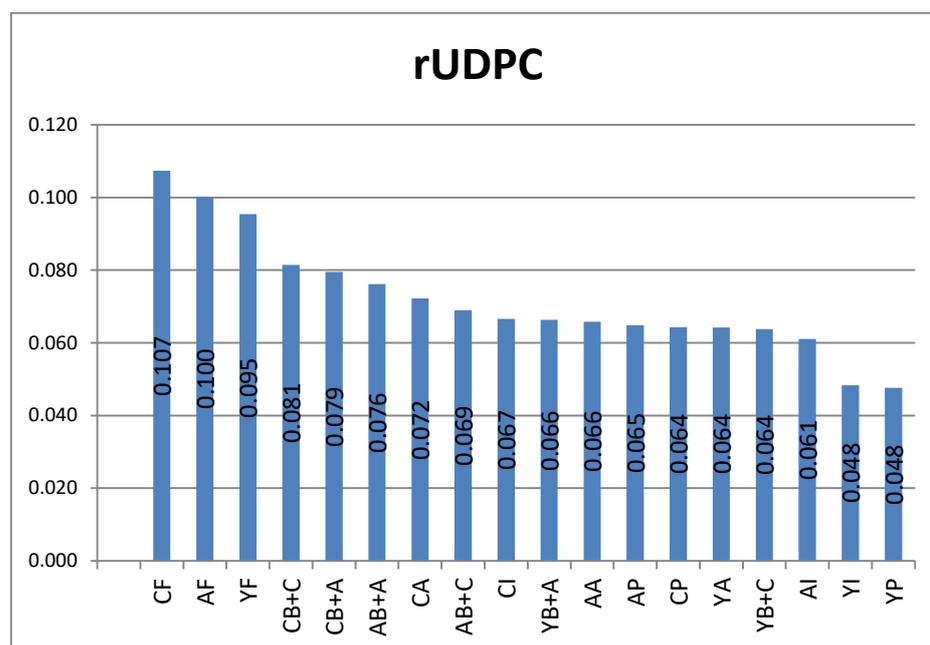
Del mismo modo podemos decir que los promedios de los tratamientos se encuentran agrupados en siete grupos Duncan (A, B, C, D, E, F, G) siendo el tratamiento T7 (variedad Yungay con phosalex) la que presentó menor promedio (0.048), siendo este tratamiento el que menor grado de severidad presentó en el presente trabajo de investigación. Los tratamientos que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no presentan diferencias estadísticas entre sí, tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguientes.

**Cuadro 09.** Duncan del área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media	Grupo Duncan
1	Canchan - Fosfito de magnesio	0.107	A
2	Andina - Fosfito de magnesio	0.100	A
3	Yungay - Fosfito de magnesio	0.095	AB
4	Canchan - Bravo + Curzate	0.081	BC
5	Canchan - Bravo + Acrobat	0.079	CD
6	Andina - Bravo + Acrobat	0.076	CDE
7	Canchan - Alecto	0.072	CDEF
8	Andina - Bravo + Curzate	0.069	CDEF
9	Canchan - Infinito	0.067	CDEF
10	Canchan - Bravo + Acrobat	0.066	DEF
11	Andina - Alecto	0.066	DEF
12	Andina - Phosalex	0.065	DEF

13	Canchan - Phosalex	0.064	EF
14	Yungay - Alecto	0.064	EF
15	Yungay - Bravo + Curzate	0.064	EF
16	Andina - Infinito	0.061	FG
17	Yungay - Infinito	0.048	G
18	Yungay - Phosalex	0.048	G

**Gráfico 08.** Área de la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC).



#### 4.2.4. Rendimiento de tuberculos (kg/9.6 m<sup>2</sup>)

La evaluación del rendimiento de los tubérculos al momento de la cosecha, se hizo con la finalidad de realizar el análisis de rentabilidad de cada tratamiento, para ello se utilizó una balanza de precisión; para ello se tomó en cuenta la clasificación de los tubérculos como son de Primera, segunda y tercera y el rendimiento total expresado en tn/ha.

### A) Rendimiento de tubérculos de primera.

Los tubérculos cosechados del área neta (9.6 m<sup>2</sup>) de cada una de las parcelas fueron seleccionados de acuerdo a su peso, tal es así aquellos que alcanzaron un peso comercial mínimo de 100 g, se consideraron como primera. Los datos obtenidos se encuentran en el cuadro 04 en la parte de anexos.

El análisis de varianza efectuado a dichos datos, nos indica que no hubo diferencias estadísticas significativas para la interacción de los factores A y B, así mismo vemos que hubo diferencias significativas para los promedios del factor A, pero para los promedios del factor B se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas.

También podemos afirmar que la no significación de la interacción de los factores A y B, nos indica que ambos factores actúan independientemente con respecto al rendimiento de tubérculos de primera. El coeficiente de variación es de 3.77 % el mismo que se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de campo.

**Cuadro 10.** Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de primera.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Signi</b>
Bloques	2	256.921					
A	2	9.55	4.776	11.02	6.94	18.00	*
Error (a)	4	1.734	0.434				
B	5	26.534	5.307	23.90	2.53	3.70	**
AB	10	2.354	0.235	1.060	2.16	2.98	n.s.
Error (b)	30	6.661	0.222				
TOTAL	53	303.756					

C.V. = 3.77 %

Para determinar el orden de mérito de los tratamientos en estudio se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad la misma que se muestra a continuación.

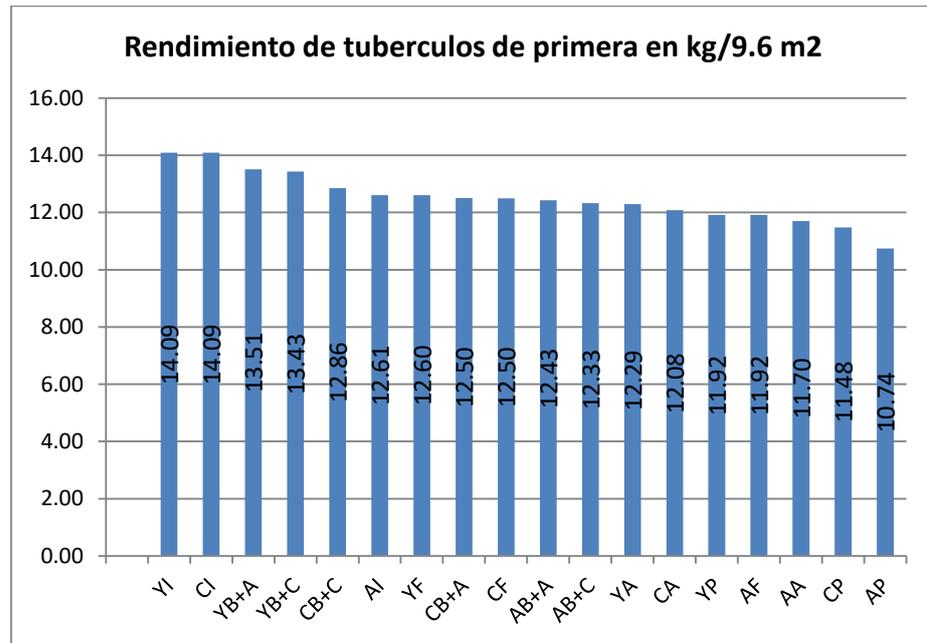
**Cuadro 11.** Duncan del rendimiento de tubérculos de primera en kg/9.6 m<sup>2</sup>.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (kg/9.6 m <sup>2</sup> )	Grupo Duncan
1	Yungay - Infinito	14.09	A
2	Canchan - Infinito	14.09	A
3	Yungay - Bravo + Acrobat	13.51	AB
4	Yungay - Bravo + Curzate	13.43	AB
5	Canchan - Bravo + Curzate	12.86	BC
6	Andina - Infinito	12.61	BCD
7	Yungay - Fosfito de magnesio	12.60	CD
8	Canchan - Bravo + Acrobat	12.50	CDE
9	Canchan - Fosfito de magnesio	12.50	CDE
10	Andina - Bravo + Acrobat	12.43	CDE
11	Andina - Bravo + Curzate	12.33	CDEF
12	Yungay - Alecto	12.29	CDEF
13	Canchan - Alecto	12.08	CDEF
14	Yungay - Phosalex	11.92	DEF
15	Andina - Fosfito de magnesio	11.92	EF
16	Andina - Alecto	11.70	EF
17	Canchan - Phosalex	11.48	FG
18	Andina - Phosalex	10.74	G

La prueba de Duncan, nos muestra que los tratamientos T12 (variedad Yungay con infinito) y T6 (variedad canchan con infinito), presentan promedios de 14.09 kg, siendo los mayores en comparación con los demás tratamientos, mientras que el tratamiento con menor promedio fue el tratamiento T13 (variedad andina con phosalex) quien obtuvo un promedio de 10.74 kg por área neta de evaluación que fue de 9.6 m<sup>2</sup>.

También podemos afirmar que los promedios de los rendimientos que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no son estadísticamente significativos entre sí.

**Gráfico 09.** Rendimiento de tubérculos de primera.



**B) Rendimiento de tubérculos de segunda.**

En la presente evaluación, se consideraron tubérculos de segunda aquellos que alcanzaron un peso de 50 g a 100 g. Los datos obtenidos de esta evaluación se encuentran en la parte de anexos en el cuadro 05.

Seguidamente se procedió a realizar el análisis de varianza donde la prueba de F al 5 % de probabilidad, nos muestra que no hubo diferencias estadísticas significativas para los promedios del factor A (variedades de papa) y de la interacción de AxB (variedades de papa con inductores de

resistencia y fungicidas), pero si hubo diferencias estadísticas altamente significativas para el factor B (inductores de resistencia y fungicidas).

El coeficiente de variación es de 19.95 % el cual nos indica que los datos son confiables y que se encuentran dentro de los rangos permisibles para experimentos conducidos a nivel de campo.

**Cuadro 12.** Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de segunda.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Signi.</b>
Bloques	2	40.554					
A	2	3.22	1.610	2.94	6.94	18.00	n.s.
Error (a)	4	2.187	0.547				
B	5	21.909	4.382	5.59	2.53	3.70	**
AB	10	2.266	0.227	0.289	2.16	2.98	n.s.
Error (b)	30	23.495	0.783				
TOTAL	53	93.631					

C.V. = 19.952 %

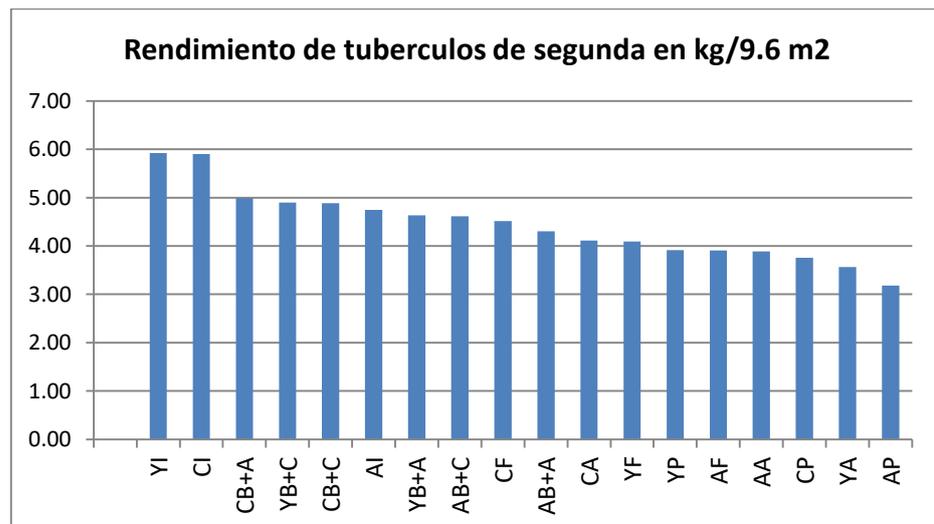
Para determinar el orden de mérito de los tratamientos en estudio, con respecto al rendimiento de tubérculos de segunda se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, donde el tratamiento T12 (variedad Yungay con infinito) presentó el mayor promedio por parcela neta de evaluación (5.92 kg/9.6 m<sup>2</sup>), mientras que el tratamiento con menor promedio fue el T13 (Variedad andina con phosalex) cuyo promedio fue de 3.76 kg.

Asimismo debemos de afirmar que los tratamientos que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, como se muestran en el cuadro y gráfico siguiente.

**Cuadro 13.** Duncan del rendimiento de tubérculos de segunda.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (kg/9.6 m <sup>2</sup> )	Grupo Duncan
1	Yungay - Infinito	5.92	A
2	Canchan - Infinito	5.90	A
3	Canchan - Bravo + Acrobat	4.99	AB
4	Yungay - Bravo + Curzate	4.90	AB
5	Canchan - Bravo + Curzate	4.89	ABC
6	Andina - Infinito	4.75	ABC
7	Yungay - Bravo + Acrobat	4.63	ABC
8	Andina - Bravo + Curzate	4.61	ABC
9	Canchan - Fosfito de magnesio	4.51	ABC
10	Andina - Bravo + Acrobat	4.30	ABC
11	Canchan - Alecto	4.11	BC
12	Yungay - Fosfito de magnesio	4.10	BC
13	Yungay - Phosalex	3.91	BC
14	Andina - Fosfito de magnesio	3.91	BC
15	Andina - Alecto	3.89	BC
16	Canchan - Phosalex	3.76	BC
17	Yungay - Alecto	3.57	BC
18	Andina - Phosalex	3.18	C

**Gráfico 10.** Rendimiento de tubérculos de segunda.



### C) Rendimiento de tubérculos de tercera.

Finalmente los tubérculos cosechados de la parcela neta (9.6 m<sup>2</sup>) que alcanzaron un peso comercial inferior a 50 g, se consideraron de tercera, ésta categoría no tiene valor comercial por lo que es considerada como descarte. Los datos de la presente observación se encuentran en la parte de anexos en el cuadro 06.

**Cuadro 14.** Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos de tercera.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>0.05</sub></b>	<b>F<sub>0.01</sub></b>	<b>Signi.</b>
Bloques	2	5.995					
A	2	0.24	0.122	1.50	6.94	18.00	n.s.
Error (a)	4	0.327	0.082				
B	5	4.016	0.803	5.81	2.53	3.70	**
AB	10	1.925	0.192	1.392	2.16	2.98	n.s.
Error (b)	30	4.149	0.138				
TOTAL	53	16.657					

C.V. = 17.37 %

La prueba de F al 5 % de probabilidad del análisis de varianza del rendimiento de tubérculos de tercera nos muestra que no existen diferencias estadísticas significativas para los promedios del factor A y para los promedios de la interacción de AxB, pero si se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios del factor B. el coeficiente de variación es de 17.37 % el cual se encuentran dentro de los rangos permisibles para experimentos conducidos a nivel de campo.

Para determinar el orden de mérito con respecto al rendimiento de tubérculos de tercera en el presente trabajo de investigación se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, donde encontramos que los promedios estaban comprendidos entre 2.76 kg y 1.57 kg las mismas que pertenecían a los tratamientos T12 (variedad Yungay con infinito) y T15 (variedad andina con fosfito de magnesio) respectivamente.

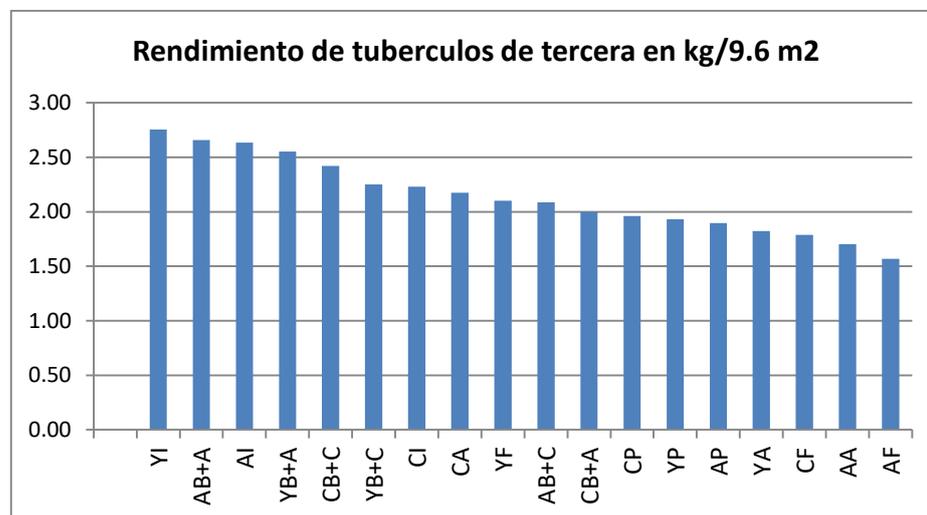
Los promedios de los dieciocho tratamientos en estudio estaban agrupados en seis grupos Duncan (A, B, C, D, E, F), los promedios de los tratamientos que se encuentran bajo un mismo grupo Duncan no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguiente.

**Cuadro 15.** Duncan del rendimiento de tubérculos de tercera.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (kg/9.6 m <sup>2</sup> )	Grupo Duncan
-----------------	-------------	--------------------------------	--------------

1	Yungay – Infinito	2.76	A
2	Andina - Bravo + Acrobat	2.66	AB
3	Andina - Infinito	2.63	ABC
4	Yungay - Bravo + Acrobat	2.55	ABCD
5	Canchan - Bravo + Curzate	2.42	ABCDE
6	Yungay - Bravo + Curzate	2.25	ABCDEF
7	Canchan - Infinito	2.23	ABCDEF
8	Canchan - Alecto	2.18	ABCDEF
9	Yungay - Fosfito de magnesio	2.10	ABCDEF
10	Andina - Bravo + Curzate	2.09	ABCDEF
11	Canchan - Bravo + Acrobat	2.00	BCDEF
12	Canchan - Phosalex	1.96	BCDEF
13	Yungay - Phosalex	1.93	CDEF
14	Andina - Phosalex	1.90	DEF
15	Yungay - Alecto	1.82	EF
16	Canchan - Fosfito de magnesio	1.79	EF
17	Andina – Alecto	1.70	EF
18	Andina - Fosfito de magnesio	1.57	F

**Gráfico 11.** Rendimiento de tubérculos de tercera.



#### D) Rendimiento de tubérculos en tn/ha.

Para el presente parámetro se tomó en cuenta el peso de la totalidad de los tubérculos cosechados de la parcela neta (9.6 m<sup>2</sup>), para ello se utilizó una balanza (Técnica mecánica), los mismos que fueron transformados a tn/ha. Los valores obtenidos durante la presente evaluación se muestran en la parte de anexos en el cuadro 07.

**Cuadro 16.** Análisis de variancia del rendimiento de tubérculos en tn/ha.

FV	GL	SC	CM	Fc	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	Signi
Bloques	2	667.563					
A	2	26.40	13.202	11.79	6.94	18.00	*
Error (a)	4	4.478	1.119				
B	5	145.159	29.032	16.62	2.53	3.70	**
AB	10	8.104	0.810	0.464	2.16	2.98	n.s.
Error (b)	30	52.404	1.747				
TOTAL	53	904.111					

C.V. = 6.65 %

El cuadro de análisis de varianza para el rendimiento de tubérculos en toneladas por hectárea, nos muestra que existen diferencias estadísticas significativas para los promedios del factor A (variedades de papa), asimismo existen diferencias estadísticas altamente significativas para el factor B (inductores de resistencia y fungicidas), pero no existe diferencias estadísticas significativas para la interacción de los factores A y B; el cual nos indica que los factores actúan independientemente.

El coeficiente de variación es de 6.65 % indicándonos que los datos son confiables y que se encuentran dentro de los rangos permisibles para experimentos conducidos a nivel de campo.

Para determinar el orden de mérito de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan al 5 % de significación, las cuales se muestran a continuación.

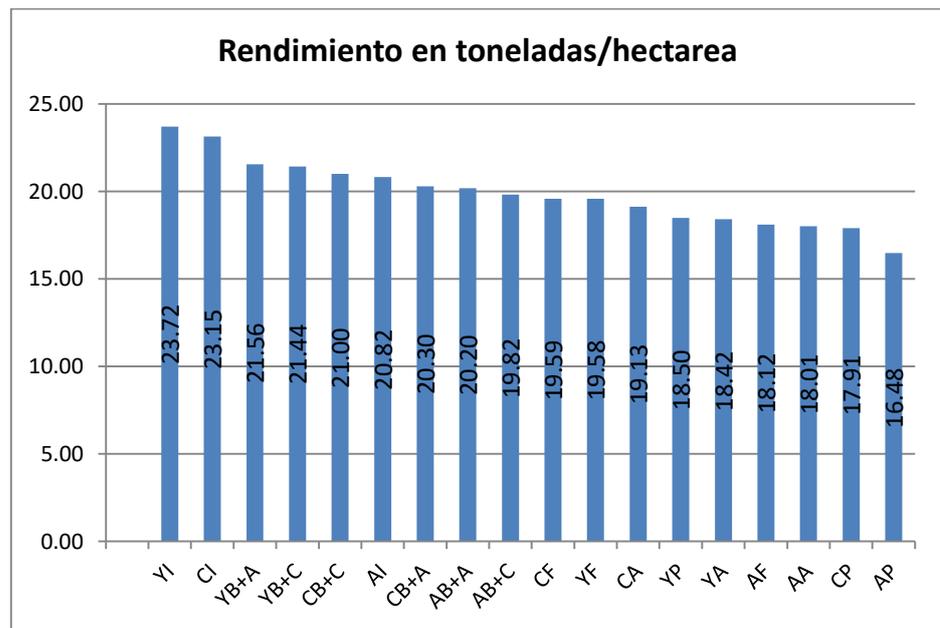
**Cuadro 17.** Duncan del rendimiento de tubérculos en tn/ha.

Orden de Mérito	Tratamiento	Media (tn/ha)	Grupo Duncan
1	Yungay - Infinito	23.72	A
2	Canchan - Infinito	23.15	AB
3	Yungay - Bravo + Acrobat	21.56	ABC
4	Yungay - Bravo + Curzate	21.44	BC
5	Canchan - Bravo + Curzate	21.00	BC
6	Andina - Infinito	20.82	BCD
7	Canchan - Bravo + Acrobat	20.30	CDE
8	Andina - Bravo + Acrobat	20.20	CDEF
9	Andina - Bravo + Curzate	19.82	CDEF
10	Canchan - Fosfito de magnesio	19.59	CDEF
11	Yungay - Fosfito de magnesio	19.58	CDEF
12	Canchan - Alecto	19.13	CDEF
13	Yungay - Phosalex	18.50	DEFG
14	Yungay - Alecto	18.42	DEFG
15	Andina - Fosfito de magnesio	18.12	EFG
16	Andina - Alecto	18.01	EFG
17	Canchan - Phosalex	17.91	FG
18	Andina - Phosalex	16.48	G

El cuadro de Duncan nos muestra que los tratamientos en estudio están agrupados en siete grupos Duncan (A, B, C, D, E, F y G), destacándose el tratamiento T12 (variedad Yungay con infinito) con un rendimiento de 23.72 tn/ha, perteneciendo al grupo Duncan A; mientras que el tratamiento T13 (variedad andina con phosalex) presentó un promedio de 16.48 tn/ha, perteneciendo al grupo Duncan G.

Cabe mencionar que los rendimientos promedios alcanzados en el presente trabajo de investigación superan al promedio nacional que es de 14.1 tn/ha, y al rendimiento promedio de la región Pasco que es de 11.8 tn/ha.

**Gráfico 12.** Rendimiento de tubérculos en tn/ha.



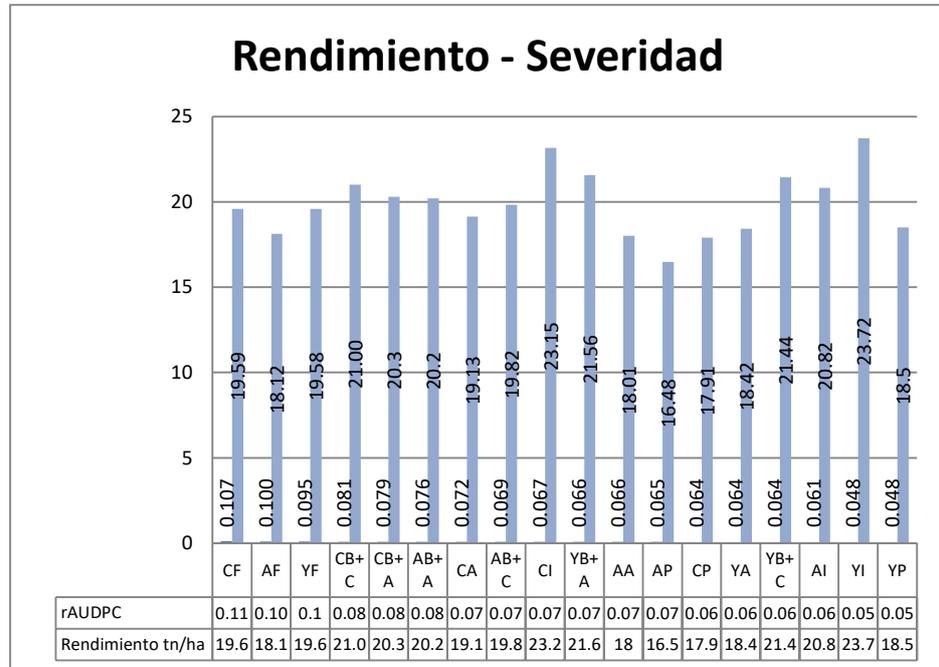
#### 4.2.5. Relación Severidad – Rendimiento.

En la presente investigación cuando se realizó la relación entre la severidad del ataque del *Phytophthora infestans*, el rendimiento para las tres variedades de papa (canchan, Yungay y andina) y el número de aplicaciones encontramos que a mayor valor del rAUDPC (Área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo) se obtuvo menos rendimiento expresado en toneladas/hectárea teniendo en cuenta que fueron 7 aplicaciones para todos los tratamientos durante la campaña, la misma que se muestra en el cuadro siguiente.

**Cuadro 18.** Relación número de aplicaciones – rAUDPC – Rendimiento (tn/ha).

Orden de Mérito	Tratamiento	N° Aplic.	rAUDPC		Rendimiento tn/ha	
			Valor	Sign.	Valor	Sign.
1	Canchan - Fosfito de magnesio	7	0.107	A	19.59	CDEF
2	Andina - Fosfito de magnesio	7	0.100	A	18.12	EFG
3	Yungay - Fosfito de magnesio	7	0.095	AB	19.58	CDEF
4	Canchan - Bravo + Curzate	7	0.081	BC	21.00	BC
5	Canchan - Bravo + Acrobat	7	0.079	CD	20.30	CDE
6	Andina - Bravo + Acrobat	7	0.076	CDE	20.20	CDEF
7	Canchan - Alecto	7	0.072	CDEF	19.13	CDEF
8	Andina - Bravo + Curzate	7	0.069	CDEF	19.82	CDEF
9	Canchan - Infinito	7	0.067	CDEF	23.15	AB
10	Yungay - Bravo + Acrobat	7	0.066	DEF	21.56	ABC
11	Andina - Alecto	7	0.066	DEF	18.01	EFG
12	Andina - Phosalex	7	0.065	DEF	16.48	G
13	Canchan - Phosalex	7	0.064	EF	17.91	FG
14	Yungay - Alecto	7	0.064	EF	18.42	CDEF
15	Yungay - Bravo + Curzate	7	0.064	EF	21.44	BC
16	Andina - Infinito	7	0.061	FG	20.82	BCD
17	Yungay - Infinito	7	0.048	G	23.72	A
18	Yungay - Phosalex	7	0.048	G	18.50	DEFG

**Gráfico 13.** Relación del rendimiento de tubérculos en tn/ha y el rAUDPC en las tres variedades de papa.



### **4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

En la presente investigación se plantearon dos hipótesis en cada una de las evaluaciones efectuadas; siendo una de ellas la hipótesis nula y la otra es la hipótesis alterna. Donde la primera consiste en que todos los promedios de los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí; en tanto la hipótesis alterna menciona que al menos uno de los promedios de los tratamientos es significativo.

Para la evaluación del porcentaje de emergencia se acepta la hipótesis nula ya que los valores de la F calculada para el factor A (variedades de papa), el factor B (inductores de resistencia y fungicidas) y la interacción de ambos factores no superan a los valores de la F tabular al 95 % y 99 %, la misma que es corroborada por la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

Para la escala de susceptibilidad – Severidad, que es representado por el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC) se acepta las hipótesis alterna; donde la variedad Yungay + Phosalex es la que presentó menor grado de severidad.

Asimismo para el rendimiento de tubérculos se aceptan las hipótesis alternas, destacándose el tratamientos conformado por la variedad Yungay + Infinito que alcanzó un promedio de 23.72 tn/ha.

### **4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En la presente investigación la variedad Yungay + Phosalex presentó un promedio de 0.048 de área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC),

siendo menor en comparación con los demás tratamientos; resultados similares encontró Quinatoa (2010), quien menciona que la eficiencia de los fosfitos se ve incrementada en genotipos que presentan cierto nivel de resistencia genética y que en condiciones de campo los fosfitos de potasio son los que presentan mayor eficiencia en el control del tizón tardío.

## CONCLUSIONES.

1. Las condiciones medioambientales durante la conducción del experimento fueron favorables para la presencia y el desarrollo del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary) por lo que nos permitió realizar una adecuada evaluación de la enfermedad.

La temperatura promedio durante el desarrollo de la investigación fue de 15.13 ° C, con precipitación pluvial acumulada de 987.93 mm y una humedad relativa de 80.20 %; siendo estas condiciones climáticas las adecuadas para el desarrollo de la enfermedad en la presente zona de estudio durante los meses de noviembre a abril.

2. Los porcentajes de emergencia a nivel de campo en el presente trabajo estuvieron comprendidos entre el 96 al 100 %, siendo los ideales ya que las mismas garantizaron el desarrollo vegetativo de las tres variedades de papa y el proceso de evaluación; teniendo en cuenta que las semillas fueron adquiridas en la misma zona en estudio.

3. La variedad canchan al cual se le aplicó fosfito de magnesio (tratamiento T3) es la que presentó mayor susceptibilidad en el presente experimento con un valor de 30.67 % a los 146 días de haber sido sembrado.

Los tratamientos T2 (variedad canchan con alecto) y T1 (variedad canchan con phosalex) presentaron una susceptibilidad de 20.00 % y 19.33% respectivamente, para esta variedad con menor porcentaje de susceptibilidad se encontró cuando se le aplicó el fungicida infinito con un porcentaje de 16.67 %.

Comportamientos idénticos en cuanto a la susceptibilidad se presentaron en las variedades Yungay y Andina; por lo que podemos afirmar que el fungicida infinito

es el que mejor controló la presencia de la *Phytophthora infestans*, en las tres variedades de papa en la presente campaña; mientras que el phosalex y el alecto resultan una alternativa importante al uso indiscriminado de fungicidas, asimismo es conocido que estos productos son sinergizantes con otros fungicidas lo cual permitiría un mejor control de la enfermedad y de esta manera convertirse en una estrategia para el manejo integrado de la *Phytophthora infestans*, en el distrito de Paucartambo

4. Con respecto a los rendimientos obtenidos por los tratamientos en el presente trabajo de investigación; el tratamiento conformado por la variedad Yungay + Infinito (T12) es el que presentó un mayor rendimiento promedio con un 23.72 tn/ha. Asimismo debemos afirmar que dicho rendimiento presenta una relación inversamente proporcional con el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (rAUDPC), es decir a mayor valor del rAUDPC, los rendimientos son menores, mientras que a menor valor del rAUDPC hay mayor rendimiento de tubérculos por hectárea en las tres variedades estudiadas.

## RECOMENDACIONES

1. Efectuar investigaciones utilizando los fosfitos de Ca, Mg y K en forma individual, combinados entre sí y con fungicidas, para determinar su eficiencia y eficacia en el control de la *Phytophthora infestans*, en el distrito de Paucartambo
2. Realizar réplicas de la presente investigación en zonas similares del distrito para validar los resultados y determinar estrategias de control de la *Phytophthora infestans*.
3. Realizar investigaciones utilizando el control biológico en variedades y clones que presentan tolerancia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), para las condiciones de Paucartambo.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Agrytec.com.** 2010. Cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). En línea. Consultado 15 de agosto del 2018. Disponible en <http://www.agrytec.com>.
2. **Alor, N.** 2015. Caracterización de *Phytophthora infestans* y mejora genética para la resistencia en patata. Tesis Doctoral. Lleida, España Universidad de Lleida. 165 p.
3. **Andrade – Piedra J, Kromann P, Taibe A, y Forbes G.** 2010. Estimación del nivel de susceptibilidad a *Phytophthora infestans* en genotipos de papa - Centro Internacional de la Papa. Quito – Ecuador - Informe. 7 pp.
4. **Arce, A.** 2002. El cultivo de la patata. 2da Edición. Ed. Mundi-Prensa. España. pp. 41-69
5. **Centro Internacional de la Papa (CIP).** 2010. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales.
6. **Cronquist, A.** 1988. Siembra de papa. Boletín de información técnica. Centro Internacional de la Papa (CIP). 2da Edición. Lima (Perú). pp. 17
7. **Egúsquiza, R. y Apaza, W.** 2001. La ranca de la papa (*Phytophthora infestans*) en el Perú. Perfil de país. Página 29-39 en: Memoria del taller internacional. Complementando la resistencia al tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes. GILB, TALLER LATINOAMERICA 1. E. N. Fernandez - Northcote (editor). Cochabamba – Bolivia. 201 pp.
8. **Forbes, G.; Pérez, W.; Andrade Piedra, J.** 2014. Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. Módulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). 50 p.
9. **García, M.; Perez, L.** 2003. Fitoalexinas: Mecanismo de defensa de las plantas. Revista Chapingo, n.9, p.5-10, 2003.  
Citado por: Dotor Robayo, M. y Cabezas Gutierrez, M. 2014. Mecanismos de resistencia sistemática en plantas. Revista Acta Iguazu, Cascavel (Col.) 3(2): 1 – 19.
10. **Hawkes, J. G.** 1990. The potato evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, Oxford, UK.

Citado por: Alor Romero, N. A. 2015. Caracterización de *Phytophthora infestans* y mejora genética para la resistencia en patata. Tesis Doctoral. Lleida, España Universidad de Lleida. 165 p.

11. <http://www.inia.gob.pe/webinia/vinia/variedad>
12. **Lovatt, C. J. y Mikkelsen, R. L.** 2006. Phosphite Fertilizers: What are they?. Can you use them?. What can they do?. Better Crops With Plant Food. 90(4) 11:13.
13. **Malagamba, P.** 1997. Fisiología y manejo de tubérculos-semillas de papa. Centro Internacional de la Papa. 2(2): 1-15
14. **Ministerio de Agricultura.** 2006. Rentabilidad. Boletín del Estudio de Rentabilidad. La Papa: de los andes para el mundo. Edición Especial. Nro 7
15. **Ministerio de Agricultura y Riego, Dirección General de Políticas Agrarias.** 2017. Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. Lima – Perú. 13 pp.
16. **Molina, A. y Rodríguez, P.** 2008. Resistencia sistémica inducida: ¿una herramienta bio-ecológica?. En II Conferencia Internacional sobre Eco-Biología del Suelo y el Compost. Tenerife, España 425 – 429 p.
17. **Navia, O., A. Trujillo, J. Gabriel, A. Gandarillas, E. Fernández-Northcote.** 2000. Utilización de un activador de resistencia en estrategias de control químico del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en un cultivar susceptible y resistente. p. 505-517  
Citado por: Romero Pajares, J. 2010. Inductores químicos y biológicos de resistencia para el control de *Phytophthora infestans* en papa cultivar Yungay. Tesis Mag. Sc. Lima, Perú., Universidad Nacional Agraria La molina. 63 p.
18. **Orillo, M. and Bonierbale, M.** 2009. Biología reproductiva y citogenética de la papa. Manual Técnico. Centro Internacional de la Papa (CIP). Red Latinpapa. pp. 1-2.
19. **Pantoja, N.** 1994. *Phytophthora capsici* León.: Características morfológicas y culturales, su efecto sobre tres cultivares comerciales de *Capsicum*, control químico y con *Trichoderma viride* Pers. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 91 p.
20. **Pérez, W. G., and Forbes, G.** 2008. Manual técnico. El tizón tardío de la papa. Centro internacional de la Papa. Departamento de Comunicación y Difusión del CIP. Lima, Perú. pp.41.

21. **Peteira, B.; Fernández, A.; Rodríguez, H. y González, E.** 2008. Efecto del bion y del fitomas como inductores de resistencia en plantas de arroz infestadas con *Steneotarsonemus spinki*. Revista Protección Vegetal 23(1): 32 – 37.
  
22. **Pumisacho, M., & Velásquez, J.** 2009. Fungicidas sistémicos: Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Quito, Ecuador: CIP.  
Citado por: Yépez Guamarriga, L. J. 2 016. Validación de estrategias de manejo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en tres variedades, Píllaro, 2016. Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 74 p.
  
23. **Ross, H.** 1986. Potato breeding-problems and perspectives. En: Horn, W. y Röbbelen, G. (eds.). Advances in Plant Breeding 13. Berlín y Hamburgo, pp. 1-132.  
Citado por: Alor Romero, N. A. 2015. Caracterización de *Phytophthora infestans* y mejora genética para la resistencia en patata. Tesis Doctoral. Lleida, España Universidad de Lleida. 165 p.
  
24. **Rubilar, O. y Balbontin, A.** 2009. Biorend – fosfito: su química y bioquímica. Revista Bioagro S. A. (Chile) 1(1): 1 – 3.
  
25. **Tofiño, A. R.; Romero, H. M.; Ceballos, H.** 2 007. Efecto del estrés abiótico sobre la síntesis y degradación de almidón. Una revisión. Agronomía Colombiana, p.245-254.  
Citado por: Dotor Robayo, M. y Cabezas Gutierrez, M. 2 014. Mecanismos de resistencia sistemática en plantas. Revista Acta Iguazu, Cascavel (Col.) 3(2): 1 – 19.

## ANEXOS

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>		
<b>TÍTULO:</b> “EVALUACIÓN DE INDUCTORES DE RESISTENCIA Y FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE <i>Phytophthora infestans</i> EN TRES VARIEDADES DE PAPA EN CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE PAUCARTAMBO”		
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>
<p>¿Cuál de los tres inductores de resistencia, presenta mejores respuestas en el control de la <i>Phytophthora infestans</i> en tres variedades de papa, en comparación con los fungicidas empleados como estrategias de control por los agricultores del distrito de Paucartambo, Provincia de Pasco?</p>	<p>Estudiar tres inductores de resistencia y tres estrategias de control químico de <i>Phytophthora infestans</i> en tres variedades de papa en condiciones del distrito de Paucartambo.</p>	<p>¿Los inductores de resistencia y las estrategias de control químico de <i>Phytophthora infestans</i> presentan diferencias significativas en las tres variedades de papa?</p>
<p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Qué inductores de resistencia y fungicidas en estudio serán mejores en el control de <i>Phytophthora infestans</i> en las variedades de papa Canchan, Yungay y Andina en condiciones del distrito de Paucartambo?</li> <li>➤ ¿Qué inductores de resistencia y fungicidas empleados en las tres variedades de papa serán una alternativa tecnológica en el control de <i>Phytophthora infestans</i> en el distrito de Paucartambo?</li> </ul>	<p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Comparar los tres inductores de resistencia y las dos estrategias de control de <i>Phytophthora infestans</i> en las variedades de papa Yungay, Canchan y Andina en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo.</li> <li>➤ Determinar el inductor de resistencia con mejor control de <i>Phytophthora infestans</i> en las tres variedades de papa en condiciones agroecológicas del distrito de Paucartambo.</li> </ul>	<p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los inductores de resistencia y las estrategias químicas presentan diferencias estadísticas en el control de la <i>Phytophthora infestans</i>, bajo condiciones agroecológicas de Paucartambo para las variedades de papa Yungay, canchan y andina.</li> <li>➤ La evaluación de los inductores de resistencia y las estrategias de control químico permite identificar la mejor alternativa tecnológica en el control de <i>Phytophthora infestans</i>.</li> </ul>

**INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:** Registro de las variables observadas durante el experimento.

**Cuadro 01.** Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental

<b>NOVIEMBRE</b>						
<b>DIA / FECHA</b>	<b>DDS</b>	<b>TEMPERATURA</b>		<b>HUMEDAD</b>		<b>PRECIPITACIÓN (en mm/m<sup>2</sup>)</b>
		<b>Mínima °C (6:30am)</b>	<b>Máxima °C (6:30pm)</b>	<b>Mínima °C (6:30am)</b>	<b>Máxima °C (6:30pm)</b>	
Martes/28-11-17		12	25	74	88	0
29/11/2017	1	12	24	72	88	45.1
30/11/2017	2	13	20	70	90	0
<b>PROMEDIO</b>		<b>12.33</b>	<b>23.00</b>	<b>72.00</b>	<b>88.67</b>	<b>45.10</b>

**Cuadro 01.** Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental (continuación).

DICIEMBRE						
DIA / FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m <sup>2</sup> )
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/12/2017	3	10	21	74	90	6
02/12/2017	4	9	26	75	88	1
03/12/2017	5	12	25	74	91	5
04/12/2017	6	12	22	71	91	15
05/12/2017	7	11	22	69	87	7
06/12/2017	8	11	24	76	91	3
07/12/2017	9	11	27	77	90	3
08/12/2017	10	10	24	68	90	0
09/12/2017	11	11	24	67	89	1
10/12/2017	12	12	23	69	90	1
11/12/2017	13	11	25	74	88	4
12/12/2017	14	11	24	79	90	5
13/12/2017	15	11	22	81	95	1
14/12/2017	16	11	16	78	90	5
15/12/2017	17	10	24	80	92	0
16/12/2017	18	10	22	80	92	1
17/12/2017	19	9	25	79	92	0
18/12/2017	20	9	21	80	91	8
19/12/2017	21	9	26	81	90	3
20/12/2017	22	9	24	77	90	0
21/12/2017	23	11	22	70	90	20
22/12/2017	24	11	21	79	91	1
23/12/2017	25	10	24	77	91	2
24/12/2017	26	12	21	76	89	12
25/12/2017	27	12	24	69	90	8
26/12/2017	28	9	25	67	87	49
27/12/2017	29	13	25	67	87	2
28/12/2017	30	12	21	60	83	3
29/12/2017	31	10	24	59	83	11
30/12/2017	32	13	26	65	88	1
31/12/2017	33	13	20	67	88	2
<b>PROMEDIO</b>		<b>10.81</b>	<b>23.23</b>	<b>73.06</b>	<b>89.48</b>	<b>180.00</b>

**Cuadro 01.** Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental (continuación).

ENERO						
FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m <sup>2</sup> )
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/01/2018	34	10	19	71	87	1
02/01/2018	35	9	18	72	88	1
03/01/2018	36	11	21	73	90	15
04/01/2018	37	12	24	74	88	6
05/01/2018	38	11	18	71	93	12
06/01/2018	39	11	24	67	90	0
07/01/2018	40	12	22	67	87	7
08/01/2018	41	12	16	73	94	11
09/01/2018	42	11	26	70	80	1
10/01/2018	43	10	24	71	83	0
11/01/2018	44	13	22	71	85	0
12/01/2018	45	13	24	73	84	2
13/01/2018	46	12	21	70	89	16
14/01/2018	47	12	26	72	84	8
15/01/2018	48	12	25	70	83	18
16/01/2018	49	11	26	70	81	0
17/01/2018	50	11	26	79	83	1
18/01/2018	51	9	28	77	89	0
19/01/2018	52	11	20	76	88	1
20/01/2018	53	11	15	75	94	10
21/01/2018	54	11	20	71	86	1
22/01/2018	55	11	19	71	91	11
23/01/2018	56	10	22	71	87	4
24/01/2018	57	12	25	73	83	1
25/01/2018	58	12	17	75	94	15
26/01/2018	59	12	22	72	87	2
27/01/2018	60	12	19	75	90	12
28/01/2018	61	11	23	75	90	6
29/01/2018	62	12	25	74	92	5
30/01/2018	63	12	21	74	92	14
31/01/2018	64	11	21	76	93	5
<b>PROMEDIO</b>		<b>11.29</b>	<b>21.90</b>	<b>72.55</b>	<b>87.90</b>	<b>186.00</b>

**Cuadro 01.** Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental (continuación).

FEBRERO						
FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m <sup>2</sup> )
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/02/2018	65	11	23	79	91	1
02/02/2018	66	11	26	77	91	4
03/02/2018	67	10	25	77	91	0
04/02/2018	68	12	23	76	89	14
05/02/2018	69	10	24	76	90	13
06/02/2018	70	13	20	67	92	11
07/02/2018	71	12	23	67	92	7
08/02/2018	72	11	18	76	87	63
09/02/2018	73	12	26	67	95	0
10/02/2018	74	12	16	68	89	5
11/02/2018	75	12	22	69	89	23
12/02/2018	76	8.6	23.2	73	85	No hubo
13/02/2018	77	8	22	69	89	0.06
14/02/2018	78	8.2	10.2	72	88	2.49
15/02/2018	79	7.4	14	75	90	14.7
16/02/2018	80	7.2	12.4	72	88	13.54
17/02/2018	81	7.2	12	72	88	15.96
18/02/2018	82	9	11.6	68	88	13.79
19/02/2018	83	7.8	12.4	72	88	14.25
20/02/2018	84	7.6	18.6	66	83	15.19
21/02/2018	85	7.8	13	71	81	16.8
22/02/2018	86	8.2	15.4	74	89	4.38
23/02/2018	87	7.8	13.2	68	88	2.57
24/02/2018	88	8	14.8	71	94	No hubo
25/02/2018	89	8.2	17	71	90	2.86
26/02/2018	90	8.2	17.8	73	94	2.51
27/02/2018	91	8.2	17.2	73	87	4.35
28/02/2018	92	8.2	13.8	74	96	17.21
<b>PROMEDIO</b>		<b>9.34</b>	<b>18.02</b>	<b>71.89</b>	<b>89.36</b>	<b>281.66</b>

**Cuadro 01.** Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental (continuación).

MARZO						
FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m <sup>2</sup> )
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/03/18	93	8.2	12	68	91	1.52
02/03/18	94	7.2	12.8	71	90	0.94
03/03/18	95	9.2	11.6	68	91	No hubo
04/03/18	96	8.2	12.4	66	91	7.29
05/03/18	97	8.2	14	66	91	6.38
06/03/18	98	7.2	12.6	67	95	3.15
07/03/18	99	9.2	15	60	95	15.92
08/03/18	100	8.2	14.8	67	95	14.73
09/03/18	101	8.2	12	73	95	26.4
10/03/18	102	9.2	15	70	95	8.615
11/03/18	103	8.2	20.2	68	89	4.92
12/03/18	104	9.2	14.2	66	90	0.76
13/03/18	105	8.2	18.2	69	87	16.61
14/03/18	106	9.2	17.4	68	89	11.07
15/03/18	107	9.2	18	72	94	24.61
16/03/18	108	8.2	14	70	90	No hubo
17/03/18	109	8.2	13.2	75	95	0.73
18/03/18	110	7	18	69	89	No hubo
19/03/18	111	9.2	19.6	88	95	No hubo
20/03/18	112	8.2	19.8	62	89	13.23
21/03/18	113	8.2	11.6	62	87	5.23
22/03/18	114	7.2	20	65	84	0.18
23/03/18	115	7.2	20.2	62	86	4.3
24/03/18	116	8	11.6	72	88	4.61
25/03/18	117	8.6	11.2	79	92	0.92
26/03/18	118	8.2	15.8	80	91	No hubo
27/03/18	119	6.2	21.6	77	90	1.5
28/03/18	120	6.8	14.2	77	90	No hubo
29/03/18	121	6	10	70	90	15.0769
30/03/18	122	7	11	79	91	No hubo
31/03/18	123	5	10	81	94	3.0769
<b>PROMEDIO</b>		<b>7.94</b>	<b>14.90</b>	<b>70.55</b>	<b>90.94</b>	<b>191.77</b>

**Cuadro 01.** Datos meteorológicos promedios de temperatura, precipitación pluvial y humedad que se registraron en la localidad experimental (continuación).

ABRIL						
FECHA	DDS	TEMPERATURA		HUMEDAD		PRECIPITACIÓN (en mm/m <sup>2</sup> )
		Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	Mínima °C (6:30am)	Máxima °C (6:30pm)	
01/04/2018	124	10.5	20.3	67	89	2.1
02/04/2018	125	10.5	17.2	76	97	4.6
03/04/2018	126	10.9	17.8	75	86	4.2
04/04/2018	127	8.1	17.8	75	83	3.9
05/04/2018	128	7.5	19.4	75	84	4.9
06/04/2018	129	9.8	17.2	75	87	3.2
07/04/2018	130	8.8	17.2	75	83	2
08/04/2018	131	8.8	20.4	67	87	7
09/04/2018	132	8.8	20.4	67	85	5.7
10/04/2018	133	8.8	20.4	67	87	14
11/04/2018	134	10.5	19.8	68	88	3.5
12/04/2018	135	9.5	18.6	73	85	0
13/04/2018	136	9.5	17.8	76	89	2.2
14/04/2018	137	11.1	14.9	79	88	4.9
15/04/2018	138	8.2	18.3	74	88	5
16/04/2018	139	8.6	22.2	63	89	2.2
17/04/2018	140	8.8	20.4	67	90	8
18/04/2018	141	8.9	20.1	64	89	12
19/04/2018	142	8.8	20.4	63	61	7
20/04/2018	143	10.5	19.8	68	94	4
21/04/2018	144	10.7	21.3	60	83	0
22/04/2018	145	11.6	20.7	60	84	0
23/04/2018	146	12	18.8	71	86	3
<b>PROMEDIO</b>		<b>9.6</b>	<b>19.2</b>	<b>69.8</b>	<b>86.2</b>	<b>103.4</b>

**Cuadro 02.** Porcentaje de emergencia.

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	N° TUBERCULOS SEMBRADOS	N° TUBERCULOS EMERGIDOS	% EMERGENCIA
<b>T1</b>	<b>1</b>	50	49	98
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	48	96
<b>T2</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	49	98

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>REPETICIÓN</b>	<b>N° TUBERCULOS SEMBRADOS</b>	<b>N° TUBERCULOS EMERGIDOS</b>	<b>% EMERGENCIA</b>
<b>T3</b>	<b>1</b>	50	49	98
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	49	98
<b>T4</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	50	100
<b>T5</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	49	98
	<b>3</b>	50	49	98
<b>T6</b>	<b>1</b>	50	49	98
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	50	100
<b>T7</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	49	98
	<b>3</b>	50	50	100
<b>T8</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	50	100
<b>T9</b>	<b>1</b>	50	49	98
	<b>2</b>	50	49	98
	<b>3</b>	50	49	98
<b>T10</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	48	96
<b>T11</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	49	98
	<b>3</b>	50	49	98
<b>T12</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	50	100
<b>T13</b>	<b>1</b>	50	49	98
	<b>2</b>	50	50	100
	<b>3</b>	50	48	96
<b>T14</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	49	98
	<b>3</b>	50	49	98
<b>T15</b>	<b>1</b>	50	50	100
	<b>2</b>	50	48	96
	<b>3</b>	50	49	98
<b>T16</b>	<b>1</b>	50	49	98
	<b>2</b>	50	50	100

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	Nº	Nº	%
		TUBERCULOS SEMBRADOS	TUBERCULOS EMERGIDOS	EMERGENCIA
	3	50	50	100
T17	1	50	50	100
	2	50	50	100
	3	50	50	100
T18	1	50	50	100
	2	50	48	96
	3	50	49	98

**Cuadro 03.** Evaluaciones de la severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans*.  
Fecha de siembra: 28 de noviembre del 2017.

BLOQUE	TRATAMIENTO	04/01/18	12/01/18	20/01/18	29/01/18	07/02/18	23/04/18
		37	45	53	62	71	146
101	Canchan - Phosalex	1	3	5	10	13	15
102	Canchan - Alecto	4	8	9	10	15	18
103	Canchan - Fosfito de magnesio	5	9	12	18	25	30
104	Canchan - Bravo + Acrobat	6	7	13	16	22	20
105	Canchan - Bravo + Curzate	6	8	12	16	23	20
106	Canchan - Infinito	5	8	12	16	22	15
107	Yungay - Phosalex	2	5	7	7	10	12
108	Yungay - Alecto	3	6	6	9	12	16
109	Yungay - Fosfito de magnesio	5	8	12	16	20	26
110	Yungay - Bravo + Acrobat	3	5	8	12	15	18
111	Yungay - Bravo + Curzate	3	5	8	12	16	19
112	Yungay - Infinito	2	4	4	7	10	14
113	Andina - Phosalex	3	7	7	10	14	17
114	Andina - Alecto	2	6	6	10	13	18
115	Andina - Fosfito de magnesio	4	9	12	17	25	28
116	Andina - Bravo + Acrobat	4	7	9	12	16	21
117	Andina - Bravo + Curzate	3	6	6	10	14	20
118	Andina - Infinito	2	5	5	9	12	16

**Cuadro 03.** Evaluaciones de la severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans* (continuación).

BLOQUE	TRATAMIENTO	04/01/18	12/01/18	20/01/18	29/01/18	07/02/18	23/04/18
		37	45	53	62	71	146
201	Canchan - Phosalex	1	3	5	8	15	18
202	Canchan - Alecto	2	5	8	12	17	20
203	Canchan - Fosfito de magnesio	2	6	13	17	25	32
204	Canchan - Bravo + Acrobat	3	7	10	14	17	22
205	Canchan - Bravo + Curzate	5	8	13	15	20	20
206	Canchan - Infinito	3	6	9	12	16	20
207	Yungay - Phosalex	2	3	5	7	10	13
208	Yungay - Alecto	2	5	7	10	14	16
209	Yungay - Fosfito de magnesio	3	7	10	16	22	27
210	Yungay - Bravo + Acrobat	2	5	7	10	14	18
211	Yungay - Bravo + Curzate	3	7	7	10	14	19
212	Yungay - Infinito	2	5	7	10	12	14
213	Andina - Phosalex	5	5	7	10	14	17
214	Andina - Alecto	3	7	7	10	14	18
215	Andina - Fosfito de magnesio	4	7	10	15	20	29
216	Andina - Bravo + Acrobat	5	10	10	15	18	22
217	Andina - Bravo + Curzate	4	8	8	12	15	20
218	Andina - Infinito	3	6	6	10	12	16

BLOQUE	TRATAMIENTO	04/01/18	12/01/18	20/01/18	29/01/18	07/02/18	23/04/18
		37	45	53	62	71	146
301	Canchan - Phosalex	3	5	8	10	20	25
302	Canchan - Alecto	4	6	9	12	17	22
303	Canchan - Fosfito de magnesio	3	7	13	16	24	30
304	Canchan - Bravo + Acrobat	5	8	10	12	15	20
305	Canchan - Bravo + Curzate	2	5	10	14	20	22
306	Canchan - Infinito	3	5	8	10	10	15
307	Yungay - Phosalex	2	4	6	8	10	15
308	Yungay - Alecto	2	5	7	14	18	22
309	Yungay - Fosfito de magnesio	2	5	10	15	20	29
310	Yungay - Bravo + Acrobat	4	7	10	12	15	18
311	Yungay - Bravo + Curzate	2	4	5	7	12	17
312	Yungay - Infinito	2	5	5	7	10	12
313	Andina - Phosalex	5	7	10	12	15	18
314	Andina - Alecto	2	5	8	11	16	20
315	Andina - Fosfito de magnesio	3	9	12	18	22	27
316	Andina - Bravo + Acrobat	2	7	9	12	15	18
317	Andina - Bravo + Curzate	2	5	7	10	15	19
318	Andina - Infinito	3	7	10	12	15	18

**Cuadro 04.** Peso en kg de los tubérculos de primera.

Variedades de papa	Inductores	Bloques			Yi.k
		I	II	III	
Canchan	Phosalex	13.36	12.86	8.21	34.43
	Alecto	13.23	13.65	9.36	36.24
	Fosfito de magnesio	14.22	13.87	9.41	37.50
	Bravo + Acrobat	14.30	13.60	9.60	37.50
	Bravo + Curzate	14.66	14.35	9.55	38.57
	Infinito	15.37	14.89	12.00	42.27
Total parcela grande		<b>85.15</b>	<b>83.23</b>	<b>58.13</b>	Y1..
Yungay	Phosalex	13.34	13.86	8.54	35.75
	Alecto	13.87	13.24	9.76	36.87
	Fosfito de magnesio	14.20	14.35	9.26	37.81
	Bravo + Acrobat	15.09	15.36	10.08	40.54
	Bravo + Curzate	15.04	15.84	9.41	40.29
	Infinito	15.85	15.85	10.57	42.27
Total parcela grande		<b>87.39</b>	<b>88.50</b>	<b>57.64</b>	Y2..
Andina	Phosalex	11.99	12.32	7.92	32.23
	Alecto	12.64	13.82	8.64	35.10
	Fosfito de magnesio	13.23	13.44	9.07	35.75
	Bravo + Acrobat	14.15	13.87	9.26	37.28
	Bravo + Curzate	14.42	13.92	8.64	36.98
	Infinito	13.45	14.13	10.24	37.82
Total parcela grande		<b>79.88</b>	<b>81.51</b>	<b>53.77</b>	Y3..
Total bloques		<b>252.42</b>	<b>253.23</b>	<b>169.54</b>	Y...

**Cuadro 05.** Peso en kg de los tubérculos de segunda.

Variedades de papa	Inductores	Bloques			Yi.k
		I	II	III	
Canchan	Phosalex	4.11	3.79	3.37	11.28
	Alecto	3.96	5.49	2.88	12.33
	Fosfito de magnesio	4.32	6.00	3.22	13.54
	Bravo + Acrobat	5.76	5.69	3.52	14.97
	Bravo + Curzate	5.97	5.66	3.02	14.66
	Infinito	7.41	6.72	3.57	17.71
Total parcela grande		<b>31.55</b>	<b>33.36</b>	<b>19.58</b>	Y1..
Yungay	Phosalex	4.01	3.84	3.89	11.74
	Alecto	3.55	4.32	2.83	10.70
	Fosfito de magnesio	4.81	4.50	2.98	12.29
	Bravo + Acrobat	5.28	5.48	3.13	13.90
	Bravo + Curzate	5.12	6.79	2.78	14.70
	Infinito	6.93	7.68	3.15	17.76
Total parcela grande		<b>29.71</b>	<b>32.62</b>	<b>18.76</b>	Y2..
Andina	Phosalex	3.26	2.83	3.46	9.55
	Alecto	3.36	3.98	4.32	11.67
	Fosfito de magnesio	4.38	3.89	3.46	11.73
	Bravo + Acrobat	5.29	5.06	2.56	12.91
	Bravo + Curzate	5.02	5.93	2.88	13.84
	Infinito	5.49	5.78	2.98	14.25
Total parcela grande		<b>26.81</b>	<b>27.48</b>	<b>19.66</b>	Y3..
Total bloques		<b>88.07</b>	<b>93.45</b>	<b>58.00</b>	Y...

**Cuadro 06.** Peso en kg de los tubérculos de tercera.

Variedades de papa	Inductores	Bloques			Yi.k
		I	II	III	
Canchan	Phosalex	2.06	1.85	1.97	5.88
	Alecto	2.02	2.88	1.63	6.53
	Fosfito de magnesio	1.65	2.13	1.58	5.37
	Bravo + Acrobat	2.30	1.78	1.92	6.00
	Bravo + Curzate	2.63	3.03	1.60	7.26
	Infinito	2.40	2.61	1.68	6.69
Total parcela grande		<b>13.07</b>	<b>14.28</b>	<b>10.38</b>	Y1..
Yungay	Phosalex	2.40	1.93	1.46	5.80
	Alecto	1.82	1.87	1.78	5.47
	Fosfito de magnesio	1.92	2.55	1.82	6.30
	Bravo + Acrobat	3.09	3.12	1.45	7.66
	Bravo + Curzate	2.42	2.41	1.92	6.75
	Infinito	2.88	3.37	2.02	8.27
Total parcela grande		<b>14.54</b>	<b>15.26</b>	<b>10.45</b>	Y2..
Andina	Phosalex	1.92	2.13	1.63	5.69
	Alecto	1.65	1.87	1.58	5.11
	Fosfito de magnesio	2.09	1.65	0.96	4.70
	Bravo + Acrobat	2.88	2.89	2.20	7.97
	Bravo + Curzate	2.63	2.19	1.44	6.26
	Infinito	3.37	3.09	1.44	7.90
Total parcela grande		<b>14.55</b>	<b>13.83</b>	<b>9.25</b>	Y3..
Total bloques		<b>42.16</b>	<b>43.37</b>	<b>30.09</b>	Y...

**Cuadro 07.** Peso en toneladas/hectárea de los tubérculos.

Variedades de papa	Inductores	Bloques			Yi.k
		I	II	III	
Canchan	Phosalex	20.35	19.28	14.12	53.74
	Alecto	20.01	22.94	14.45	57.40
	Fosfito de magnesio	21.04	22.92	14.80	58.76
	Bravo + Acrobat	23.31	21.94	15.67	60.91
	Bravo + Curzate	24.24	24.01	14.77	63.01
	Infinito	26.23	25.24	17.98	69.45
Total parcela grande		<b>135.17</b>	<b>136.32</b>	<b>91.77</b>	Y1..
Yungay	Phosalex	20.59	20.45	14.48	55.51
	Alecto	20.05	20.24	14.97	55.26
	Fosfito de magnesio	21.81	22.30	14.65	58.75
	Bravo + Acrobat	24.45	24.96	15.28	64.69
	Bravo + Curzate	23.52	26.10	14.70	64.32
	Infinito	26.73	28.03	16.40	71.15
Total parcela grande		<b>137.14</b>	<b>142.06</b>	<b>90.47</b>	Y2..
Andina	Phosalex	17.90	18.00	13.55	49.44
	Alecto	18.39	20.50	15.15	54.04
	Fosfito de magnesio	20.52	19.78	14.06	54.35
	Bravo + Acrobat	23.25	22.74	14.61	60.59
	Bravo + Curzate	22.99	22.97	13.51	59.46
	Infinito	23.24	23.96	15.27	62.47
Total parcela grande		<b>126.29</b>	<b>127.93</b>	<b>86.13</b>	Y3..
Total bloques		<b>398.59</b>	<b>406.31</b>	<b>268.36</b>	Y...

**Anexo 08.** Limpieza del terreno



**Anexo 09.** Muestreo de suelo para su análisis respectivo.



**Anexo 10.** Delimitación del campo experimental.



**Anexo 11.** Siembra de las variedades de papa



## Anexo 12. Primer y segundo abonamiento.



## Segundo abonamiento



**Anexo 13.** Vista panorámica del campo experimental.



**Anexo 14.** Evaluaciones en diferentes fechas de las diferentes parcelas.



**Anexo 15.** Fumigación de las parcelas en diferentes fechas.



**Anexo 16.** Presencia de la enfermedad en el campo experimental.



**Anexo 17.** Supervisión de los jurados de tesis.



**Anexo 18.** Diferenciación de las variedades en estudio en el campo experimental.

