

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL CONTROL DE GORGOJO DE LOS ANDES  
(*Premnotrypes* spp.) CON BARRERA FÍSICA Y VEGETAL EN EL  
CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA COMUNIDAD  
PAXIAMAYA**

**Por:**

**Mario Quispe Castaño**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Julio, 2016**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL CONTROL DE GORGOJO DE LOS ANDES (*Premnotrypes* spp.)  
CON BARRERA FÍSICA Y VEGETAL EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum  
tuberosum*) EN LA COMUNIDAD PAXIAMAYA**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
para optar el Título de Ingeniera en  
Ingeniería Agronómica*

**Mario Quispe Castaño**

**Asesores:**

Ing. Omar Eleuterio Aguilar Pérez

.....

**Tribunal Revisor:**

Ing. Gabriel Parí Flores

.....

Ing. M.Sc. Reinaldo Quispe Tarqui

.....

Ing. M.Sc. Luis Bernabé Asturizaga Aruquipa

.....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador

.....

**DEDICATORIA:**

***Gracias a mis padres Rosa y Juan, por su apoyo y confianza que impulsaron a lograr el sueño de alcanzar la meta, acompañándome en los momentos difíciles de tiempo de estudio. A mis hermanos (as), Hilarión, Erasmo, Virginia, Martha, Tomasa, Verónica y Porfidia por su apoyo incondicional.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre divino por darme una oportunidad de vida, amor y comprensión para poder construirme como un verdadero hombre y ayudar a la humanidad.

A la Universidad Pública de el Alto; en especial a la carrera Ingeniería Agronómica, por mi formación profesional.

A todo todos los docente de la Carrera "Ingeniería Agronómica" por haber transmitido sus conocimientos durante mis años de estudio.

A mi asesor; un profundo agradecimiento al Ing. Omar Eleuterio Aguilar Pérez, por su apoyo, enseñanza y dedicación al guiarme en el trabajo de tesis.

A mis revisores:

Ing. M.Sc. Luis Bernabé Asturisaga Aruquipa, por el detalle y paciencia en las observaciones realizadas para una mejor redacción.

Ing. M.Sc. Reinaldo Quispe Tarqui por sus sugerencias y correcciones realizadas en el trabajo de edición del documento final.

Ing. Gabriel Pari Flores, por la atención presentada al presente trabajo de tesis.

Al Lic. Miguel Limachi, por su colaboración en laboratorio en la identificación de especímenes de la presente investigación.

A toda mi familia; deseo expresar un profundo agradecimiento, en especial a mis padres Juan Quispe y Rosa Castaño; por brindarme su amor y constante colaboración en todos mis años de estudio y en la culminación del presente trabajo.

A mis amigos Julián A., Edgar T., Exalto Q. y mis compañeros (as), gracias por compartir momentos inolvidables en mi vida universitaria.

Finalmente un agradecimiento sincero a todas las personas que me colaboraron en una u otra forma en la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

INDICE DE TEMAS.....	i
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii

## INDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo general.....	2
1.4.2. Objetivo específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> ).....	4
2.1.1. Origen.....	4
2.1.2. Descripción taxonómica.....	5
2.1.3. Fases fenológicas de cultivo de la papa.....	5
• Emergencia o desarrollo de brotes.....	5
• Crecimiento Vegetativo.....	6
• Inicio de la formación de los tubérculos.....	6
• Llenado del tubérculo.....	6
• Maduración.....	6
2.1.4. Descripción botánica.....	6
• Raíces.....	6
• Tallos.....	7
• Estolones.....	7

• Tubérculos.....	7
• Brotes.....	7
• Hojas.....	7
• Inflorescencia y flor.....	8
• Fruto y semilla.....	8
2.1.5. Distribución geográfica de la papa.....	9
2.1.6. Rendimiento.....	9
2.2. Gorgojo de los andes.....	9
2.2.1. Taxonomía del gorgojo de los andes .....	10
2.2.2. Terminología del gorgojo de los andes .....	11
2.2.3. Hábitos del gorgojo de los andes en la papa.....	11
2.2.4. Alimentación.....	11
2.2.5. Hospedero.....	11
2.2.6. Ciclo biológico del gorgojo.....	12
• Huevo.....	13
• Larva.....	13
• Pupa.....	13
• Adulto.....	14
2.2.7. Biología y comportamiento.....	14
2.2.8. Daño que ocasiona el gorgojo en su ciclo de vida.....	16
2.2.9. Manejo de plagas.....	16
2.2.10. Manejo Integrado de Plagas (MIP).....	16
2.2.11. Definición de la plaga agrícola.....	17
2.2.11.1. Categorización de la plaga.....	17
2.2.11.1.1. Plagas potenciales.....	17
2.2.11.1.2. Plagas ocasionales.....	17
2.2.11.1.3. Plagas claves.....	18
2.2.11.2. Plagas migrantes.....	18
2.2.11.2.1. Plagas directas.....	18
2.2.11.2.2. Plaga indirecta.....	18
2.2.12. Control de plagas.....	19
2.2.13. Métodos de control.....	19
2.2.13.1. Control etológico.....	19

2.2.13.2. Control ecológico.....	20
2.2.13.3. Control cultural.....	20
2.2.13.4. Control biológico.....	21
2.2.13.5. Control químico.....	21
2.2.13.6. Control mecánico.....	21
2.2.13.6.1. Barreras física.....	21
2.2.13.6.2. Zanjas.....	22
2.2.13.6.3. Tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).....	22
2.2.13.6.3.1. Clasificación taxonómica.....	23
2.2.13.6.3.2. Descripción botánica del tarwi.....	23
• Raíz.....	23
• Tallo.....	23
• Hojas.....	24
• Inflorescencia.....	24
• Fruto.....	24
2.2.13.6.3.3. Barrera vegetal.....	25
2.2.13.6.3.4. Propiedades y uso del cultivo de tarwi.....	25
2.2.13.6.3.5. Alcaloides quinolizidínicos.....	25
2.2.13.6.3.6. Función de los alcaloides.....	26
2.2.14. Muestreo de las poblaciones de insectos.....	26
2.2.15. Nivel de daño económico.....	26
2.2.16. Umbral económico.....	26
2.2.17. Fluctuación poblacional.....	26
2.2.18. Índice de daño.....	27
2.2.19. Factores abióticos.....	27
2.2.20. Análisis económico.....	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Localización.....	28
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	28
3.1.2. Características Edafoclimaticas.....	28
3.1.2.1. Clima.....	28
3.1.2.2. Suelo.....	30
3.1.2.3. Flora.....	30
3.1.2.4. Fauna.....	30

3.2 Materiales.....	31
3.2.1. Material vegetal.....	31
3.2.2. Fertilizante.....	31
3.2.3. Materiales de campo.....	31
3.2.4. Materiales de laboratorio.....	31
3.2.5. Material de escritorio.....	31
3.3. Metodología.....	31
3.3.1. Delimitación, control y eliminación de posibles amenazas en el área de estudio.....	31
3.3.2. Preparación del suelo.....	32
3.3.3. Implementación de la barrera vegetal.....	33
3.3.4. Siembra de papa.....	33
3.3.5. Instalación de la barrera física.....	34
3.3.6. Labores en el experimento.....	35
3.3.7. Identificación de especímenes.....	35
3.3.8. Labores culturales.....	35
3.3.9. Cosecha.....	36
3.3.10. Diseño experimental.....	36
3.3.10.1. Unidad experimental.....	37
3.3.11. Factores en estudio .....	37
3.3.11.1. Evaluación del daño ocasionado por las larvas del gorgojo de los andes en tubérculos de papa.....	37
3.3.11.2. Porcentaje de daño a la cosecha (incidencia).....	38
3.3.11.3. Porcentaje de control.....	38
3.3.11.4. Escala para evaluar los tubérculos (severidad).....	38
3.3.11.5. Severidad parcial.....	39
3.3.11.6. Severidad total.....	39
3.3.11.7. Rendimiento.....	39
3.3.11.8. Análisis de costos parciales.....	40
3.3.11.8.1. Beneficio bruto.....	40
3.3.11.8.2. Beneficio neto.....	40
3.3.11.8.3. Relación beneficio/costo.....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Identificación del gorgojo de los andes.....	41

4.2. Cuantificación del numero de gorgojos en la fase fenológica del cultivo.....	42
4.3. Comportamiento poblacional vs clima.....	43
4.3.1. Población y precipitación pluvial.....	43
4.3.2. Población y temperatura.....	44
4.4. Evaluación de daño ocasionado por el gorgojo de los andes en tubérculos en la cosecha.....	45
4.4.1. Porcentaje de daño en la cosecha (incidencia).....	45
4.4.2. incidencia de daño .....	46
4.4.3. Porcentaje de control.....	48
4.5. Severidad de daño.....	49
4.5.1. Grado 1. (0-20% de daño).....	49
4.5.2. Grado 3. (40-60% de area de tuberculo con daño).....	50
4.5.3. Grado 5. (mayor al 80% del area del tuberculo con daño).....	52
4.6. Severidad total.....	54
4.7. Rendimiento.....	54
4.8. Análisis económico.....	56
5. CONCLUSIONES.....	59
6. RECOMENDACIONES.....	61
7. BIBLIOGRAFIA.....	62
8. ANEXOS.....	71

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Duración del ciclo biológico del gorgojo de los andes.....	14
Cuadro 2. Presencia del gorgojo de los andes en el año <i>Premnotrypes latithorax</i> .....	15
Cuadro 3. Daño por estadía del gorgojo.....	16
Cuadro 4. Ubicación Geográfica.....	28
Cuadro 5. Tratamiento en estudio.....	37
Cuadro 6. Escala para evaluar la severidad del daño de los tubérculos.....	39
Cuadro 7. ANVA para la incidencia de daño causado por larvas del gorgojo en los tubérculos.....	47
Cuadro 8. Análisis comparativo Duncan de incidencia utilizando barreras.....	47
Cuadro 9. ANVA para la severidad de daño en el grado 1 (0-20%).....	50
Cuadro 10. Prueba estadística de comprobación múltiple de Duncan en el grado 1 (0- 20% de severidad).....	50
Cuadro 11. ANVA para la severidad de daño en el grado 3 (40 - 60% utilización limitada).....	51
Cuadro 12. Prueba estadística de Duncan al grado 3 (40-60% de severidad).....	52
Cuadro 13. ANVA, para la severidad en el grado 5 (> a 80% de área), daño total no utilizable.....	53
Cuadro 14. Prueba estadística de Duncan en el grado 5 (mayor al 80% de severidad).....	53
Cuadro 15. ANVA, para el rendimiento Kg/Ha.....	56
Cuadro 16. Análisis comparativo de Duncan en el rendimiento.....	57
Cuadro 17. Costo/beneficio (C/B) en la producción del cultivo de papa.....	57
Cuadro 18. Tasa de retorno marginal en el cultivo de papa en la campaña agrícola 2014-2015.....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases fenológicas de cultivo de papa.....	8
Figura 2. Ciclo biológico del gorgojo de los andes.....	12
Figura 3. Fase fenológica de cultivo de tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> ).....	25
Figura 4. Mapa Geográfica de la Comunidad Paxiamaya de la primera sección de la Provincia Los Andes, La Paz (IGM, 2005).....	29
Figura 5. Presencia de larvas en las pajas viejas y luego quema controlada.....	32
Figura 6. Roturada, rastrada y nivela en el área de ensayo.....	32
Figura 7. Siembra de tarwi en el lugar designado en el ensayo.....	33
Figura 8. Esparción de estiércol, surcada, colocada de semilla y tapada.....	34
Figura 9. Cavada, tendida y posterior sellado en la barrera.....	34
Figura 10. Recolección de gorgojos adultos y observacion en las plantas.....	35
Figura 11. Aporque total, elevación de surcos y eliminacion de malezas.....	36
Figura 12. Muestreo de tuberculos, recojo y cosecha total.....	36
Figura 13. Muestreo al azar de la barrera física, vegetal y evaluación de daño.....	38
Figura 14. Grados en la escala de 1, 3 y 5 de severidad.....	39
Figura 15. Pesada de tuberculos.....	40
Figura 16. <i>Premnotrypes latithora</i> y <i>P. solaniperda</i> .....	41
Figura 17. Presencia de gorgojo de los andes en las distintas fases del cultivo de la papa.....	42
Figura 18. Comportamiento de la población de gorgojos y la precipitación.....	43
Figura 19. Comportamiento de la población de gorgojos y la temperatura ambiente...	44
Figura 20. Promedio de número de tubérculos con daño.....	45
Figura 21. Porcentaje de control de los tratamientos.....	48
Figura 22. Porcentaje de severidad de grado 1 (0-20%) causado por las larvas de <i>Premnotrypes latithorax</i> y <i>P. sopolaniperda</i> .....	49
Figura 23. Severidad en el grado 3 (40-60% de daño).....	51
Figura 24. Severidad en el grado 5 (mayor al 80% del area del tubérculo con daño....	52
Figura 26. Rendimiento total .....	55
Figura 27. Comparaciones de costos de producción en ingreso brutos y netos.....	58

## INDICE DE ANEXO

Anexo 1. Ciclo biológico del gorgojo.....	72
Anexo 2. Partes de una planta de papa.....	72
Anexo 3. Distribución geográfica del complejo (gorgojo de los andes).....	73
Anexo 4. Existencia de diferentes especies de gorgojo de los andes en el Departamento de La Paz.....	74
Anexo 5. Distribución geográfica de las especies de gorgojo de los andes en las Regiones de Sudamérica.....	75
Anexo 6. Replanteo del terreno, quema controlada y arada del suelo con el tractor...	76
Anexo 7. Preparación del estiércol vacuno y siembra de tres surcos de tarwi.....	76
Anexo 8. Sellado de borde en la barrera física y implementación total.....	76
Anexo 9. Emergencia y desarrollo de cultivo de papa mes de diciembre de 2014.....	77
Anexo 10. Época de floración en las barreras físicas y vegetales en mes de enero de 2015.....	77
Anexo 11. Barrera vegetal en los meses de enero y marzo de 2015.....	77
Anexo 12. Época de maduración y cosecha en mes de marzo y abril.....	78
Anexo 13. Gorgojo de los andes presencia de <i>Premnotrypes latithorax</i> y <i>P. solaniperda</i> en el ensayo.....	78
Anexo 14. Presencia en la trampa de caída de arañas, Lagartijas y Cuytu-cuytus ( <i>Epitrix</i> spp).....	78
Anexo 15. Presencia en la trampa de caída de animales silvestres (sapos y ratones muertos).....	79
Anexo 16. Muestreo de papa y presencia de larvas en diferentes tratamientos.....	79
Anexo 17. Especificaciones de campo experimental.....	79
Anexo 18. Cantidad de la población del gorgojo de los andes en la campaña agrícola 2014-2015.....	80
Anexo 19. Croquis del experimento.....	81
Anexo 20. Comparaciones de producción en el cultivo de papa.....	82
Anexo 21. Comparaciones de plagas y enfermedades existentes en el área del experimento.....	83
Anexo 22. Otras especies existentes en el área del experimento.....	83
Anexo 23. Certificación de Colección Boliviana de Fauna (CBF).....	84

**ABREVIATURAS**

ANVA	Análisis de varianza
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo ME
C/B	Costo/Beneficio
CIP	Centro Internacional de la Papa
CM	Cuadrado medio
DBCA	Diseño Bloque Completo al Azar
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación IT
Fc	Factor calculado
Ft	Factor tabulado
GL	Grados de libertad
IGM	Instituto Geográfico Militar
INE	Instituto Nacional de Estadística
m	Metros
mm	milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
P.D.M.	Plan de desarrollo municipal
PEDECO	Plan de Desarrollo Comunitario
PROINPA	Programa de Investigación de la Papa
SC	Suma de cuadrados
SENASAG	Servicio Nacional de Sanidad Vegetal y Animal
SENAMHI	Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuario
SIBTA	Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología de Bolivia
Ton/Ha	Toneladas/Hectárea

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2014-2015 en la Comunidad de Paxiamaya del Municipio de Pucarani del Departamento de La Paz. El objetivo fue evaluar la barrera física y vegetal en el control de gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) en el cultivo de papa. El diseño propuesto para evaluar fue Diseño Bloque Completamente al Azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos. El material utilizado fue la semilla de papa de la variedad (Huaycha), como suplemento al suelo se utilizó estiércol de ovino y vacuno, el método de siembra fue de 0,3 m entre semillas y 0,75 m entre surcos. En la zona de estudio se implementó el inicio del mes de septiembre la siembra de cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis*) al entorno designado y trampas de caída cada 8 m con agua, luego se implementó la barrera física después de la siembra de papa. Las variables de estudio fueron: identificación de especímenes, clima y número de gorgojos capturados, fluctuación poblacional, fases fenológicas, porcentaje de incidencia y severidad, porcentaje de control, número de tubérculos dañados y sanos, rendimiento y costos de producción. Las características morfológicas de la especie nos permitió realizar una evaluación cuantitativa de los adultos machos y hembras que fueron capturados en el plástico, bajo el seguimiento de 22 lecturas se identificó a 74% de *P. latithorax* y 26% de *P. solaniperda*. En las variables climáticas y la población de gorgojos, nos indica que en los meses de diciembre y febrero las precipitaciones fueron constantes, lo cual favoreció en el aumento notable de la población de gorgojos, es decir la temperatura y la precipitación son requisitos indispensables para la proliferación de los insectos especialmente el gorgojo de los andes. El porcentaje de daño ocasionado en la cosecha corresponde al testigo con un promedio de 42,75%, y la barrera vegetal con 26,25% y con un porcentaje de control de 38,6% y finalmente la barrera física que fue exitosa con 4,75% de daño y porcentaje de control de 88,89%. En relación al costo/beneficio, es más rentable corresponde a la barrera física en la producción del cultivo de papa con 1,68 y 1,36 Bs en la barrera vegetal que las otras, es decir se recupera el capital invertido y se genera una ganancia de 0,46 y 0,37 Bs respectivamente.

## ABSTRACT

The potato is one of the most widely used and important nutritive cultivation on a global scale. In Bolivia it occupies the first place between the tubers cultivated with a surface of 140.000 It is that it involves 200.000 farmers in its production, but also it is attacked by a series of plagues, as the weevil of you walk (*Premnotrypes* spp.) and others, with damages caused up to 80% of loss. The present research work was carried out during the agricultural campaign 2014-2015 in the Community of Paxiamaya of the Municipality of Pucarani of the Department of La Paz. The target was to evaluate the physical and vegetable barrier in the weevil control of walk (*Premnotrypes* spp.) in the pope cultivation. The design proposed to evaluate was a Design Block Completely to the Hazard with four repetitions and three treatments. The used material was the seed of pope of the variety (Huaycha), as supplement to the soil used ordure of sheep and bovine, the sowing method was 0,3 m between seeds and 0,75 m between ruts. In the study area there implemented the beginning of September the sowing of cultivation of tarwi (*Lupinus mutabilis*) to the designated environment and pitfalls of fall every 8 m with water, then the physical barrier was implemented after the pope sowing. The study variables were: identification of specimens, climate and number of captured weevils, population fluctuation, phase's fenológicas, percentage of incidence and severity, percentage of control, number of damaged and healthy tubers, yield and costs of production. The morphologic characteristics of the species to we allowed realizing a quantitative evaluation of the male adults and females who were captured in the plastic, under the pursuit of 22 readings 74% was identified of *P. latithorax* and 26 % of *P. solaniperda*. In the climatic variables and the population of weevils, it indicates us that in December and February the precipitations were constant, which favored in the notable increase of the population of weevils, that is to say the temperature and the precipitation there are indispensable requisites for the proliferation of the insects especially the weevil of walk. The percentage of damage caused in the harvest corresponds to the witness with an average of 42,75%, and the vegetable barrier with 26,25% and with a percentage of control of 38,6 % and finally the physical barrier that was successful with 4,75% of damage and percentage of control of 88,89%. As regards the cost / benefit, it is more profitable it corresponds to the physical barrier in the production of the cultivation of pope with 1,68 and 1,36 Bs in the vegetable barrier that others, that is to say recovers the laid-down capital and a profit of 0,46 and 0,37 Bs is generated respectively.

## 1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los cultivos alimenticios más importantes y difundidos a nivel mundial. En cuanto a producción e importancia alimentaria, ocupa el cuarto lugar, después de arroz, trigo y maíz (FAO 2004). En Bolivia ocupa el primer lugar entre los tubérculos cultivados, con una superficie aproximada de 140,000 Ha de cultivo e involucra aproximadamente a 200,000 agricultores en su producción, que son el 30 a 40% del total de agricultores del país (Zeballos et al. 2009). Pero Gandarillas y Ortuño (2009) mencionan que la producción de papa está cerca a los 132,000 Ha de siembra anual con un rendimiento promedio de 6 Ton/Ha.

La papa constituye un importante ingrediente de la dieta básica de la mayoría de la población Boliviana, además de ser un cultivo comercial para los productores de la región andina. La papa es nutritiva y altamente productiva, aunque las pérdidas ocasionadas por las plagas durante el periodo de cultivo y almacenamiento son elevadas (CIP 2011). Se identificaron más de un centenar de insectos que dañan a la papa, sin embargo solo algunos suelen ser plagas importantes por los severos daños que ocasionan de manera directa a los tubérculos como en el caso del gorgojo de los andes, la polilla de la papa y los gusanos de tierra (Alcázar 1997).

El gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) es una plaga clave del cultivo de papa en toda la región andina; los daños más severos se expresan en los tubérculos, ocasionando pérdidas algunas veces al 100% de la producción, esto si no se realiza ninguna medida de represión (Kroschel et al. 2011). Además la misma fuente menciona que el principal método de control utilizado por los agricultores es el uso de insecticidas altamente tóxicos como los organoclorados, organofosforados y carbamatos aplicados al follaje y al suelo para eliminar a los adultos, hoy en día, estos insecticidas prohibidos se siguen aplicando en nuestro medio.

### 1.1. Antecedentes

El control convencional de plagas mediante el uso de plaguicidas, pero el pequeño agricultor toma decisiones de aplicar estos químicos en función de presencia (real, supuesta o esperada) de una plaga problema, buscando su máxima mortalidad o erradicación temporal (Palacios 2009). Además la misma fuente menciona que en pocos lugares se ha logrado la adopción sostenible de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

No obstante los esfuerzos realizados por diferentes instituciones y/o investigadores privados, los daños ocasionados por esta plaga son mayores cada año, no solo por los efectos del cultivo mismo sino también, son ocasionados de manera indirecta por el uso de insecticidas y el efecto social que puede traducirse en riesgo de dejar de sembrar papa en las zonas infestadas (Yábar 1994).

## **1.2. Planteamiento de problema**

El gorgojo de los andes es un insecto plaga muy dañina que ataca al cultivo de la papa en el campo y almacén causando daño en las plantas y los tubérculos por lo tanto existen pérdidas económicas en las comunidades del municipio de Pucarani. Hoy en día la problemática de esta plaga es tan actual que requiere más esfuerzos para combatirlos. En el altiplano en general, de una Provincia a otra, está el problema del gorgojo de los andes, es quizás, la plaga más persistente. Los daños más importantes ocurren a nivel de los tubérculos con formación de galerías dentro el tubérculo y en la mayoría de las veces son significativos. Pudiendo ocurrir pérdidas desde moderadas hasta severas en la producción de tubérculos en calidad y cantidad.

## **1.3. Justificación**

Como los gorgojos adultos tienen una sola generación al año, solo emergen del suelo al inicio de la época lluviosa, como estos no vuelan solo se desplazan por el suelo, además actualmente son un problema en toda el área andina y son resistentes a los plaguicidas, se pretendió implementar una estrategia de control utilizando la barrera vegetal tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como (repelente) y barrera física como zanjas cubiertas con plástico para el control de los gorgojos. Para lo cual es de suma importancia realizar trabajos de investigación que permiten obtener información adecuada, ya que la mayoría de los productores de todo el altiplano se dedican a la producción de papa y a la vez es un medio de sustento para sus familias.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el control del gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) con barrera física y vegetal en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los niveles de incidencia del gorgojo de los andes con barrera física y vegetal en el cultivo de papa.
- Determinar la severidad causado por el gorgojo de los andes, en la cosecha tratado con barrera física y vegetal del cultivo de papa
- Determinar los costos parciales con la implementación para el control de gorgojo de los andes.

#### **1.5. Hipótesis**

- Ha. El control del gorgojo de los andes con Barrera física y vegetal disminuye su daño en el cultivo de papa.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Papa (*Solanum tuberosum ssp. andigena*)

Especie tetraploide ( $2n=4x=48$ ), que posee un gran número de variedades. Tiene un amplio rango de variación adaptativa, porque crece desde los valles meso térmicos y sus laderas (1,800 msnm) hasta el altiplano y la puna (3,400 msnm). Su periodo vegetativo es largo, de 5 a 7 meses los tubérculos son de formas muy variadas, numerosas y de tamaño mediano y pequeño, con ojos ligeramente profundos y con alto porcentaje de almidón. Entre las variedades de esta especie se pueden distinguir las variedades de mayor difusión, por su aceptación en los mercados. El mayor exponente es la variedad Waych'a, otras menos conocidas son: Sani Imilla, Imilla Blanca, Imilla Negra, Wila Imilla (Gandarillas y Ortuño 2009).

#### 2.1.1. Origen

La papa (*Solanum tuberosum subsp. Andigena*), es un tubérculo procedente de los andes, aparece situarse en dos centros distintos de América del sur; Perú y Bolivia y sur de Chile; su cultivo se extendió por todo el territorio aun antes de la venida de los españoles que se constituyó en el Tahuantinsuyo (Suquilanda s/f.).

El tubérculo de la papa es una especie que fue domesticada en la zona andina entre Bolivia y Perú hace unos 8,000 años. En el país, se conserva gran diversidad de papas en el banco nacional de germoplasma en la estación experimental de Toralapa (Cochabamba), con más de 1,760 accesiones que corresponden a unas 1,100 variedades (Gandarillas y Ortuño 2009).

Probablemente la papa se domesticó hace 10,000 años en el altiplano, entre Perú y Bolivia, donde se encuentra la mayor variabilidad genética de especies silvestres y cultivadas. Es posible considerar que la domesticación de *S. tuberosum* pudo ser iniciada en el periodo paleo indio ((12,000 a 8,000 a.c.), y mejorada (tubérculos de mayor tamaño) en arcaico (8,000 a 1,800 a.c.), por los primeros habitantes de la sierra alto-peruana (Morales 2007).

Se considera que son mayormente tres las especies silvestres, es decir ***S. sparsipilum o ajar papa***, ***S. megistacrolobum***, y ***S. acaule (atoq papa o aphaaru)***, a partir de las cuales se han creado las especies cultivadas y posteriormente los agricultores o más

probablemente las mujeres, han seleccionado una gran variabilidad denominadas papa nativas (Tapia y Frías 2007).

### 2.1.2. Descripción taxonómica

La planta de la papa es de tipo herbáceo cuyo tamaño varia de 0,30 a 1 m de alto, según las variedades, con un crecimiento erecto o simierecto, los tubérculos son tallos modificados y contribuyen en los órganos de reserva de la planta, varían en tamaño forma y color de la piel y la pupa (Naik y Karihaloo 2007). Además la misma fuente menciona que la forma de propagación utilizada a nivel de la producción comercial es la vegetativa a través de tubérculos y le corresponde a la siguiente clasificación taxonómica.

Reino:	Vegetal
División:	Magniolophyta (Fanerógamas, Spermatofhyta)
Clase:	Magniliopsida (Dicotiledonia)
Sub clase:	Astiridae (Metaclamedeas, Gamopétalas)
Orden:	Solanales (tubifloras)
Familia:	Solanácea
Género:	<i>Solanun</i> l.
Subgenero:	Potatoe "G.Don D Arce"
Especie:	<i>tuberosum</i>
Sub especie:	<i>S. tuberosum ssp. andígena</i>
Nombres comunes:	Papa, patata y batata

### 2.1.3. Fases fenológicas de cultivo de la papa

El ciclo vegetativo de la papa puede tener una duración de 3 a 7 dependiendo de la variedad, de las condiciones del suelo, del clima y de altitud. Según la duración del ciclo vegetativo del cultivo, las variedades de la papa ser precoces, semi - tardías y tardías.

- **Emergencia o desarrollo de brotes**

Los brotes se desarrollan del tubérculo-semilla y crecen hacia arriba para emerger del suelo, las raíces se desarrollan de la base de los brotes en emergencia.

- **Crecimiento Vegetativo**

Las hojas y los tallos se desarrollan a partir de los nódulos de los brotes que han emergido, las raíces y estolones se desarrollan de los nódulos que se encuentran en crecimiento en el suelo.

- **Inicio de la formación de los tubérculos**

Los tubérculos se forman en las puntas de los estolones pero no presentan un crecimiento apreciable, en varios cultivares el final de este estado coincide con la primera floración.

- **Llenado del tubérculo**

Las células del tubérculo se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos, los tubérculos se constituyen en el mayor almacén de carbohidratos y nutrientes.

- **Maduración**

El follaje amarillea y se caen las hojas, la fotosíntesis se reduce, el crecimiento de los tubérculos se detiene y el follaje muere, el contenido de materia seca alcanza su punto máximo y la piel del tubérculo se fija (PROINPA 1994).

#### **2.1.4. Descripción botánica**

Es una planta dicotiledónea herbácea anual, que pertenece a la familia de las Solanáceas, potencialmente es una planta perenne debido a que es capaz de reproducirse por tubérculos (ver anexo 2).

- **Raíces**

Las plantas que se desarrollan a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen de una semilla, forman una delicada raíz axomorfa con ramificaciones laterales, pero cuando crecen de las de los tubérculos, forman raíces adventicias primero en cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea en cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones, tiene un sistema radicular débil. Por eso se

necesita un suelo de muy buena condición, el tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo.

- **Tallos**

Los tallos normalmente son de color verde o rojo púrpura con ramificaciones y el corte de la sección transversal es hueco y triangular. Se considera que un tallo es el principal que crece directamente del tubérculo (semilla madre). Las ramas laterales que salen del tallo principal se llaman tallos secundarios.

- **Estolones**

Son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes, sin embargo, no todos los estolones llegan a producir tubérculos, un estolón no cubierto con suelo, puede transformarse en un tallo vertical con follaje normal.

- **Tubérculo**

Son tallos modificados que se forman en el extremo del estolón, como consecuencia de la proliferación del tejido de reserva por una rápida división celular, donde se almacena los hidratos de carbono en forma de gránulos de almidón. La unión del estolón con el tubérculo se rompe durante la cosecha, quedando como una pequeña cicatriz.

- **Brotes**

Los brotes se originan de las yemas de los tubérculos, pueden ser de color blanco o parcialmente coloreado. Los brotes blancos, cuando se exponen indirectamente a la luz, se tornan verdes.

- **Hojas**

Las hojas maduras son compuestas y consiste en un peciolo con los folíolos terminales, laterales y secundarios después de desarrollar de seis a nueve hojas, pueden aparecer botones florales en toda o alguna de las ramas apicales. Las hojas están provistos de pelos de diversos tipos, los cuales también se encuentran presentes en las demás partes de la planta. Hay más estomas en la superficie interior de las hojas que en el superior.

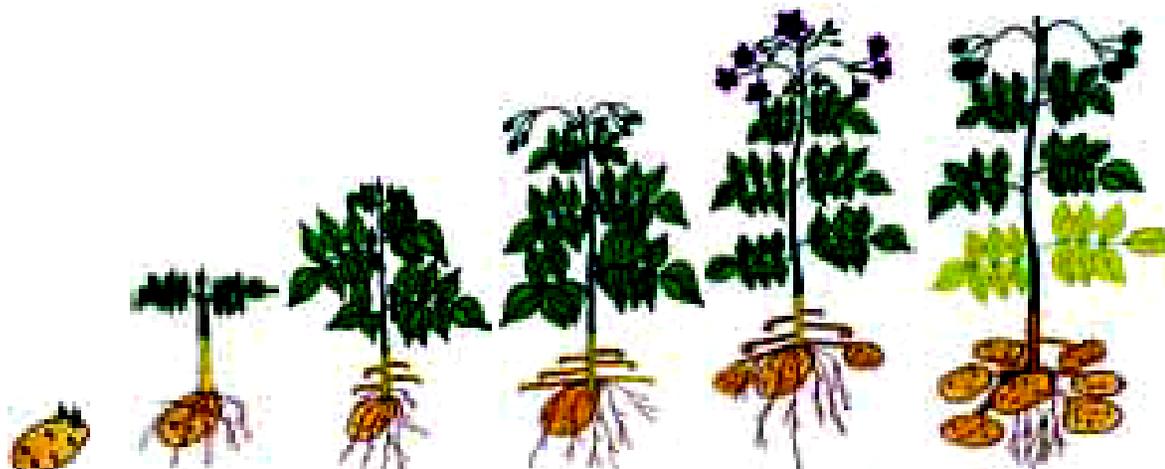
- **Inflorescencia y flor**

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se sub divide en otras dos ramas. de esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. Las flores de las papas son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo. Los estambres son el órgano masculino llamado androceo y el pistilo es el órgano femenino llamado gineceo.

- **Fruto y semilla**

Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto es generalmente esférico, pero algunas variedades producen frutos ovoides o cónicos, es de color verde y en algunas variedades tienen puntos blancos pigmentados, el número de semillas por fruto llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar (Arce 1996).

**Figura 1. Fases fenológicas de cultivo de papa**



18 de oct. 14	20 dic. 14	16 ene. 15	28 ene.15	14 feb. 15	8 mar.-6 abr. 15
Siembra	Emergencia	Crecimiento vegetativo	Inicio de la floración de los tubérculos	Llenado del tubérculo	Maduración

**Fuente: Elaboración propia de la campaña agrícola 2014-2015**

### **2.1.5. Distribución geográfica de la papa**

Los cultivos andinos, la papa es de lejos el más importante por sus contribuciones económicas, nutricionales y de generación de empleo; se cultiva en 7 de los 9 departamentos del país ocupando el 6,5% de la superficie cultivada nacional. Contribuye a la economía con 150 millones de dólares al año, generando empleo y sobre todo alimento relativamente para la población (PROINPA 1993).

Las zonas paperas productoras se destacan las circundantes al Lago Titicaca, los valles altos de Cochabamba y las comunidades campesinas a lo largo de los valles de Araca y Ayopaya (Calderón 2002).

### **2.1.6. Rendimiento**

Aproximadamente 200,000 familias de agricultores están involucradas en la producción de papa, con cerca de 132,000 ha de siembra anual y con un rendimiento promedio de aproximadamente 6 Ton/Ha (Valderrama, citado por Gandarillas y Ortuño 2009). Además menciona que la población boliviana se encuentra en continuo crecimiento; para el año 2009 se estima una población de unos 10 millones y para el 2020 se estima llegará a los 20 millones de habitantes (INE 2007).

Los rendimientos dependen del nivel de tecnología usada, principalmente por el empleo de semilla certificada, variedades mejoradas, fertilizantes, nivel de mecanización, adecuadas prácticas agronómicas, riego tecnificado, ocurrencia de factores abióticos y el control efectivo de plagas y enfermedades (FAO 2008). Además, la misma fuente menciona que el rendimiento de papa en la zona andina está en los 12,2 y 5,7 Ton/Ha en Bolivia.

Los rendimientos dependen del nivel de tecnología usada, principalmente de semilla de calidad, fertilización buena, siembra adecuada, labores culturales, riego tecnificado, ocurrencia de factores abióticos, el control efectivo de plagas y enfermedades (Mamani et al. 2012).

## **2.2. Gorgojo de los andes.**

El gorgojo de los andes (*Premnotrypes latithorax*, *P. solaniperda*) actualmente es la plaga más estudiada en el país, la misma que fue encontrada en altitudes superiores a 2,500

msnm en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca (PROINPA 1994). Además Alcázar (1997) menciona que está distribuido en los países como Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela.

En el departamento de La Paz, el complejo gorgojo se encuentra en una faja de infestación que esta desde la provincia Camacho en el norte, hasta Pacajes y Aroma en el sur. Los técnicos de diferentes instituciones afirman que el gorgojo es la plaga más importante en esta faja y que ocasiona pérdidas económicas severas (Esprella et al. 2002) (ver anexos 4).

### 2.2.1. Taxonomía del gorgojo de los andes

La clasificación taxonómica del gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.), según (Calderón, citado por Espinosa 2014), cita de la siguiente manera.

Reino:	Animal
Phylum:	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden:	Coleóptera
Suborden:	Polyphaga
Familia:	Curculionidae (Latreille 1804)
Tribu:	Premnotrypini (Kuschel 1956)
Género:	<i>Premnotrypes</i> (Pierce 1914)
Especie:	<i>latithorax</i> , (Pierce 1914) <i>solaliperda</i> (Kuschel 1955)

Nombre vulgar del gorgojo de los andes: Español: Gusano blanco, arrocillo, Aymara; ch'uki lak'u y jank'u lak'u, Quechua; Yuraj churu, Arroz churu (Gandarillas y Ortuño, 2009).

Estos escarabajos están presentes en todas las zonas paperas de Bolivia, como ser en Cochabamba en las provincias de Campero, Quillacollo, Capinoca, Tiraque y E. Arce, en Chuquisaca en las provincias de Yamparaes, Zudañez, Nor Cinti y Sud Cinti, en La Paz en las provincias de Los Andes, Ingavi, Murillo, Aroma, Loayza, Camacho, Omasuyos; también en Potosí (Hinojosa, citado por Andrew et al. 1999).

### **2.2.2. Terminología del gorgojo de los andes**

El término gorgojo de los andes agrupa a un complejo de géneros y especies de la familia Curculionidae, siendo el género *Premnotrypes* el más importante, con 12 especies descritas, de los cuales: *P. vorax*, *P. suturicallus* y *P. latithorax*, destacan por su predominancia y amplia distribución en el área andina. Las principales características del género son: presentan ojos grandes con más de 80 facetas, mandíbulas con cicatriz de la pieza caduca y el cuerpo cubierto de tubérculos y escamas (Alcázar 1997).

### **2.2.3. Hábitos del gorgojo de los andes en la papa**

Los adultos viven alrededor del cuello de la planta en grupos de varios adultos entre hembras y machos, en el día se encuentran escondidos debajo de las piedras, terrones o restos vegetales cerca a los tallos de la planta; los adultos son de actividad nocturna, suben a las hojas de la planta, se ubican en los bordes de los folíolos, se alimentan dejando señas en forma de media luna, luego regresan al suelo para continuar con la copula y la puesta de huevos. Una hembra puede poner entre 30 a 600 huevos durante 3 meses (Catalán 2011).

### **2.2.4. Alimentación**

Los adultos de *Premnotrypes* spp. muestran bastante actividad especialmente en horas de la noche, comportamiento propio de insectos lucífugos, durante el día permanecen casi inmóviles y con las patas recogidas, bajo los terrones de tierra y desechos vegetales, son susceptibles a las altas temperaturas, pero son resistentes a la falta de alimento pueden permanecer vivos durante 60 días sin alimentarse, el daño ocasionado por las larvas se inicia en el campo, cuando ingresan a los tubérculos para barrenarlos y formar túneles pudiendo encontrarse de 2-9 larvas en tubérculo (Andrew et al. 1999).

### **2.2.5. Hospedero**

Hospedero de importancia primaria es la papa *Solanum tuberosum* y las secundarias son: malezas como ser *Brassica napus* (nabo), *Capsella bursapastoris* (bolsa del pastor), *Drymaria* sp., *Galinsoga parviflora* (guaca o pacoyuyo), *Plantago lanceolata* (llantén negro), *Rapanus sativus* (rabano), *Rumex acetocella* (sangre de toro o lenguilla), *R. crispus* (lengua de vaca), *R. obtusifolius*, *Salvia palefolia*, *siegesbeckia cordifolia*, *Solanum*

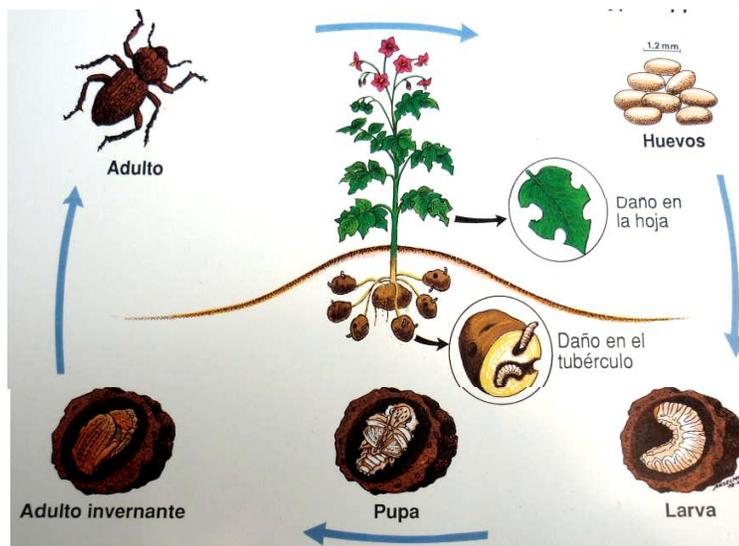
*caripense*, *S. nigrum* (hierba mora), *Trifolium repens* (trébol blanco), entre otras (Ibáñez 2005).

Según la selectividad de hospederos de los insectos se dividen en:

- **Monófagos**, los que atacan una sola especie de planta, el gorgojo de los andes que ataca solamente a la papa.
- **Polífagos**, los que atacan a varias especies de plantas relacionadas entre sí, la polilla de la papa *P. operculella* que ataca especies de la familia Solanácea.
- **Omnívoros**, los que aprovechan una amplia variedad de fuentes alimenticias, los insectos pueden moverse hacia nuevos campos de cultivo por sí mismo, en los equipos y maquinaria agrícola; también en las manos y los pies de las personas o con las semillas, el viento u la lluvia, son plagas crónicas, tal es el caso del gorgojo de los andes en la papa (Palacios 2006).

### 2.2.6. Ciclo biológico del gorgojo

Figura 2. Ciclo biológico del gorgojo de los andes



Fuente: Egúsqiza 2012.

El ciclo de vida del gorgojo de los andes, desde que la hembra pone los huevos hasta que el adulto libre sale de la tierra, dura de 10 a 12 meses: huevo, un mes; larva de 3 a 4 meses; pupa 2 a 3 meses; adulto invernante, 4 meses y adultos libres viven de 5 meses

hasta que mueren. Los gorgojos solo se desarrollan en lugares fríos como la región de la sierra (Tech 2009).

- **Huevo**

Son cilíndricos, ligeramente ovalados con una longitud de 1,7 mm y un diámetro de 0,5 mm están recubiertos por una sustancia mucilaginosa, cuando recién ovipositados, son de color blanco brillante, pero a medida que desarrolla se tornan de color ámbar opaco, esta fase dura 35 días (Pumisacho y Sherwood 2002).

Los huevos son de color blanco a crema que están incrustados en las cañas huecas de la planta que es imposible de observar además miden hasta 1 mm de tamaño (Catalán 2011).

- **Larva**

Las larvas son de color blanco cremoso, carecen de patas y llegan a medir hasta 10 mm de largo (Alcázar 1997).

El cuerpo presenta una serie de arrugas y toma una forma de media luna. En su mayor desarrollo llega a medir 0,01 m y los cuatro estadios larvales. Las larvitas después de nacidas, dañan a los tubérculos de papa haciendo un pequeño hueco que después no se nota (Tech 2009).

Son de color blanco cremoso, con cabeza pigmentada y muy bien diferenciada, miden de 11 a 14 mm, tiene el cuerpo en forma de "C", Las larvas son de color crema claro y la cabeza de color marrón, mide hasta 8 mm (Catalán 2011).

- **Pupa**

Las pupas mayormente cumplen su ciclo en debajo del suelo o alguno casos en los tubérculos y es de color blanco y miden 8,2 mm de largo por 4,9 mm de ancho (Alcázar 1997).

La pupa es el estado más delicado del insecto, pues cualquier pequeño daño al cocón es suficiente para que muera, es de color blanco-cremoso, su piel es blanda y delicada y se pueden distinguir las patas y otras partes del cuerpo del adulto (Tech 2009).

Las pupas son de color blanco crema con patas, antenas y alas expuestas libremente y pueden medir hasta 6 mm (Catalán 2011).

- **Adulto**

El cuerpo de adulto mide aproximadamente 7 mm de largo y 4 mm de ancho, es de color gris aunque puede tomar la tonalidad del suelo en el que se encuentra, haciendo difícil su detección, la parte delantera de la cabeza presenta una tonalidad amarillenta y termina en un pico. La hembra es ligeramente más grande que el macho de aspecto redondeado y con una línea amarilla a lo largo de la unión entre dos alas, el macho es más pequeño, alargado y no posee la línea amarilla que presenta la hembra. Macho y hembra no pueden volar porque sus alas anteriores están soldadas entre si y las posteriores son atrofiadas. Sin embargo son muy hábiles para caminar (Gallegos 1989).

En toda su vida la hembra gorgojo pone alrededor de 630 huevos, llegando en algunos casos a poner hasta 1,000 huevos (Tech 2009).

Los adultos son de color marrón claro a oscuro y miden de 6 a 8 mm, las alas se encuentran soldadas y no pueden volar, se trasladan caminando (Catalán 2011).

**Cuadro 1. Duración del ciclo biológico del gorgojo de los andes**

<b>Periodo</b>	<b>Promedio (días)</b>
Huevo	65
Larva	31
Pre-pupa	35
Pupa	24
Pre-adulto	130
Adulto macho	63
Adulto hembra	63
Total desarrollo (huevo-adulto)	353

Fuente: Mixto 1999

### **2.2.7. Biología y comportamiento**

El gorgojo de los andes se halla distribuido en toda el área que comprende la región andina, entre los 2,500 y 4,700 msnm un 60% de los individuos inactivos colectados se

han encontrado enterrados entre los 0,1 y 0,2 m de profundidad y los restantes entre 0,2 a 0,3 m (Ibáñez 2005).

Las especies de *Premnotrypes* se prolifera a partir de la preparación del suelo hasta los 45 días después de la emergencia, la hembra deposita sus huevos en tallos huecos de rastros de gramíneas o malezas, al eclosionar las larvas se introducen en la tierra en busca de alimento como las raicillas y tubérculos de papa donde escarban produciendo galerías, luego de que cumple su ciclo, salen del tubérculo y impupa en el suelo, en el periodo entre los 30 a 90 después de la cosecha, el adulto recorre el campo en busca de sitios de colonización y alimento, mientras que durante el día se esconde bajo los terrones, no puede volar, pero camina hábilmente (Pumisacho y Sherwood 2002).

Las larvas de una especie (*P. latithorax*), de los gorgojos abandonan a los tubérculos para ingresar al suelo y transformarse en pupa, en cambio las larvas de otras especies (*R. tucumanus*), no abandona los tubérculos hasta que se transforman en pupas (Calderón et al. 2004).

Por su carácter univoltivo y alta especificidad hacia el cultivo de papa les permite lograr un alto nivel de sincronización entre su ciclo de vida y la fenología del cultivo. El desarrollo larval coincide con el periodo de tuberización y los adultos se presentan durante la fase de crecimiento vegetativo. Encuentra pupas y adultos inmaduros en la época en que no se siembra la papa (Yábar 1994), además la misma fuente menciona el ciclo biológico de *Premnotrypes latithorax*, registra la siguiente secuencia:

**Cuadro 2. Presencia de los gorgojos de los andes en el año *Premnotrypes latithorax***

Huevo	Larva	Pupa	Adulto
Enero-marzo	Febrero-julio	Marzo-septiembre	Diciembre-mayo

Fuente: Yábar 1994

Existe una estrecha relación entre la fenología del cultivo y el desarrollo del insecto que se inicia en octubre con la presencia de los gorgojos adultos en la siembra y luego del periodo de copulación se puede encontrar huevecillos a partir de diciembre hasta marzo y los estadios larvales de febrero a agosto se observa en pre pupa en abril a septiembre, la pupa de julio a noviembre y por último el adulto de octubre a febrero del siguiente año, el daño a los tubérculos se inicia de la formación de los primeros tubérculos durante el mes de marzo y se prolonga hasta la cosecha (Andrew et al. 1999).

### 2.2.8. Daño que ocasiona el gorgojo en su ciclo de vida

Los adultos se alimentan del follaje en la noche, haciendo una media luna en los bordes, las larvas perforan los tubérculos en los campos, se pueden establecer más de una larva por tubérculo incluso hasta 20 larvitas, donde se alimentan de la pulpa del tubérculo y realizan galerías internas sinuosas (Ibáñez 2005).

**Cuadro 3. Daños por estadía del gorgojo**

<b>Gorgojo</b>	<b>Daño a la planta</b>
Huevo	Ninguna
Larva	Perfora en forma de galerías dentro del tubérculo
Pupa	ninguno
Adulto	Se alimentan del follaje cortando por los bordes de las hojas

Fuente: Tech 2009

### 2.2.9. Manejo de plagas

Existen sistemas de manejo de plagas alternativos al control de plagas con plaguicidas sintéticos: el manejo integrado de plagas (MIP), el manejo ecológico de plagas (MEP), el manejo integrado de cultivos (MIC), y el manejo integrado orgánico de plagas (MIP orgánico). Cualquiera de estos puede ser usado para promover con mayor seguridad y eficacia (Palacios 2006).

### 2.2.10. Manejo Integrado de Plagas (MIP)

En el uso inteligente de todos los recursos disponibles que el agricultor tiene y puede usar para proteger sus cultivos del ataque de insectos plaga, hongos y malas hierbas (Huici, citado por Tola 2009).

Es una combinación de varias medidas de control de plagas y enfermedades. Antes de tomar medidas de control, es fundamental arreglar la situación de los cultivos para mantener la sanidad vegetal (Cisneros 1995).

Tiene como objetivo mantener las poblaciones de plagas en niveles aceptables y reducir la aplicación de plaguicidas a cantidades que se justifica económicamente y sean inocuas para la salud y el medio ambiente (Sánchez y Espinosa 2008).

### **2.2.11. Definición de plaga agrícola**

Se habla de plaga cuando un animal, una planta o un microorganismo aumentan sus niveles poblacionales anormales (Brechelt 2004).

En un agro ecosistema se considera como plaga a los insectos que perjudican los cultivos del hombre las plagas pueden destruir completamente un cultivo o provocar daños menores que reducen el valor comercial del producto por lo que se reducen el valor comercial del producto sus ingresos comunes (Vargas 2005).

El termino plaga se define como cualquier organismo nocivo que afecta negativamente el rendimiento de un cultivo, pueden ser insectos, ácaros, moluscos, roedores, aves, mamíferos, malezas y patógenos de planta o nematodos (Palacios 2006).

Un animal o plaga cuya densidad de población excede un nivel arbitrario no aceptable para la humanidad, el cual resulta en un daño económico (Carvajal 1993).

#### **2.2.11.1. Categorización de la plaga**

##### **2.2.11.1.1. Plagas potenciales**

Son aquellas plagas sin importancia económica, es decir que en el campo no afectan a la cantidad ni la calidad de las cosechas; suelen constituir la mayoría de las especies de insectos en el campo agrícola y en poblaciones bajas (Cisneros 1995), pero Cañedo et al. (2011) mencionan que son especies que se encuentran en bajas poblaciones en los campos de cultivo debido a factor biótico y abiótico.

Se define así cuando en un cultivo están presentes entre 3 y 4 tipos de insectos, por lo tanto no causan daño económico al cultivo (existe una autorregulación de población natural) (SENASAG 2009).

##### **2.2.11.1.2. Plagas ocasionales**

Son poblaciones de insectos que se presentan en cantidades perjudiciales solamente en ciertas épocas del año, mientras que en otros periodos carecen de importancia económica (Cisneros 1995 y Cañedo et al. 2011).

Cuando una plaga se presenta de vez en cuando en el cultivo, sin embargo cuando se presenta es capaz de causar daño económico de consideración (SENASAG 2009).

#### **2.2.11.1.3. Plagas claves**

Son aquellas que en forma persistente, año tras año, se presentan con altos niveles de población ocasionando fuertes daños económicos en los cultivos, suele tratarse de muy pocas especies, con frecuencia una o dos que en condiciones normales del cultivo, carecen de factores de represión naturales y eficientes por ejemplo, se tiene en el cultivo de papa al gorgojo de los andes (*Prenmotrypes* spp) y la ranchara (*Phytophthora infestans*) (Palacios 2006 y Cañedo et al. 2011).

Se refiere a la presencia de una plaga en el cultivo que estará cada vez que se instale el cultivo y será capaz de causar un verdadero daño económico al cultivo, por lo que cuando se identifica a una plaga clave, debe de incorporarse de inmediato un manejo adecuado de plagas (SENASAG 2009).

El gorgojo de los andes es considerado como plaga clave para el cultivo de papa en la región de Cuzco, se destaca la especie *Prenmotrypes latithorax*, sin embargo Kuschel 1956 reporta además la presencia de *P. pusillus*, *P. sanfordi*, *P. solaniperda*, sin mayor trascendencia como en esta región (Catalán 2011).

#### **2.2.11.2. Plagas migrantes**

##### **2.2.11.2.1. Plaga directa**

Cuando el insecto daña a los órganos de la planta que el hombre va a cosechar, en el caso del gorgojo de los andes, cuyas larvas atacan los tubérculos de la papa (Palacios 2006).

Son aquellos que causan daño directamente a la parte del cultivo a ser cosechado, dentro de estas plagas se encuentra el gorgojo de los andes, polilla de la papa, polilla de la quinua, broca del café, mosca de la fruta y otros (Ruiz-Díaz 2006 y Cañedo et al. 2011).

##### **2.2.11.2.2. Plaga indirecta**

Cuando el insecto daña los órganos de la planta que no son las partes que cosecha el hombre, en el caso de la papa son las que infestan las hojas (Palacios 2006).

Es aquel que causa daño en la parte de la planta que no se va a cosechar (gorgojo de los andes, *Epitrix*), es importante ya que puede afectar a la fisiología de la planta (Ruiz-Díaz 2006 y Cañedo et al. 2011).

### **2.2.12. Control de plagas**

La estrategia de control de las plagas en el cultivo de la papa está basada en el conocimiento de la biología e identificación de las principales plagas, en el uso y combinación de distintas practicas para disminuir la población de insectos y en la búsqueda de alternativas de control con énfasis en medidas culturales y medios mecánicos o físicos que eviten el uso indiscriminado de insecticidas tóxicos (Alcázar y Cisneros 2000).

### **2.2.13. Métodos de control**

Es un sistema natural o artificial que da como resultado la prevención, represión o la exclusión de una plaga como:

- La adecuada utilización de la cosecha de manera que se minimice el efecto económico del daño de la plaga.
- Orientada a la explotación de variedades tolerantes o resistentes a los ataques de las plagas.
- Manipulaciones genéticas de las poblaciones de insectos y técnicas de insectos estériles que no produce descendencia no fértil.
- Reducción de las densidades de insectos en represión de las plagas (Ortiz s/f.).

Existen diversos métodos o técnicas de control como el control cultural, biológico, etológico, mecánico legal y genético. Todas estas se realizan con la finalidad de mantener las poblaciones de plagas bajo un nivel en el cual no cause un daño económico (Cañedo et al. 2011).

#### **2.2.13.1. Control etológico**

Es el estudio del comportamiento de los animales en relación con medio ambiente, de modo que el control etológico de plagas se entiende la utilización de métodos de

represión que aprovechan las reacciones de comportamiento de los insectos. El comportamiento está determinado por la respuesta de los insectos a la presencia u ocurrencia de estímulos que son de naturaleza química, aunque también hay estímulos físicos y mecánicos (Cisneros 1995) además Ortiz (s/f) menciona la utilización de la luz en la noche, atrayentes de alimentación y uso de feromonas.

### **2.2.13.2. Control ecológico**

Este método consiste en la utilización de productos naturales como son las plantas que tienen propiedades naturales los que eliminan el ataque de insectos plaga (Huici, citado por Tola 2009).

Como por ejemplo: la muña o q`oa (*Satureja boliviana*), por el olor fuerte que emana es utilizado en almacenes para evitar el ingreso de las larvas del gorgojo de los andes a los tubérculos de la papa. Además es utilizado como repelente. El extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis*) como repelente (Rafael 2008), además la misma fuente menciona que la q`oa es una planta repelente por excelencia, esta puede aplicarse sola o en combinación con otras insumos.

### **2.2.13.3. Control cultural**

Es un método de control preventivo el cual consiste en el empleo de algunas prácticas agrícolas que se realizan en el manejo de un cultivo o algunas modificaciones (Cañedo et al. 2011).

Para el método cultural se toma las siguientes actividades según:

- Remoción de suelo después de la cosecha, orientado de larvas que quedan en el suelo, así disminuir la población de gorgojos.
- Uso de mantas durante la cosecha, actividad que está orientada a capturar las larvas, antes de que ingresen al suelo para empupar, se puede utilizar mantas, plásticos, etc.
- Eliminación de tubérculos agusanados, se realiza por cocción y también por alimentación animal.
- Cosecha temprana, si la población de larvas es elevada a partir de la floración. Se recomienda cosechar incluso antes de que el cultivo entre en maduración, de otro modo se corre el riesgo de sufrir una fuerte infestación (Yábar 1994 y Palacios 2006).

#### **2.2.13.4. Control biológico**

Consiste en el uso de uno o más organismos para reducir la densidad de una planta o animal que causa daño al hombre, el control biológico puede definirse como el uso de organismos benéficos (enemigos naturales) contra aquellos que causan daño (plagas) (Nicholls 2008).

#### **2.2.13.5. Control químico**

Consiste en el manejo de las poblaciones de insectos plaga, hongos y malas hierbas mediante el uso de sustancias químicas más conocidas como plaguicidas (Huici, citado por Tola 2009) además Ortiz (s/f.) manifiesta que estas sustancias son muy fáciles de usar y conseguir, tiene un efecto rápido a la vez son muy peligrosas y su mal uso contamina el medio ambiente.

#### **2.2.13.6. Control mecánico**

Consiste en el uso de medios mecánicos que excluyan, evitan, disminuyen, eliminan o destruyen a los insectos y órganos infestados. Entre las prácticas de este método se encuentran:

- Recojo manual de insectos: huevos, larvas, pupas o adultos de determinadas plagas.
- Recojo de partes de las plantas dañadas o infestadas para su posterior destrucción.
- Uso de barreras que imposibilitan el acceso de los insectos (Cañedo et al. 2011).

##### **2.2.13.6.1. Barrera física**

El uso de barreras es una técnica de control mecánico que consiste en impedir el acceso de los insectos dañinos a las plantas cultivadas o a los productos cosechados (Palacios 2006). Además la misma fuente menciona que las barreras artificiales que requieren mantenimiento o reemplazo frecuente y que muchas veces tienen un costo alto, cualquier insecto no volador es susceptible a las barreras que se colocan alrededor de los cultivos o impregnados con insecticidas.

### 2.2.13.6.2. Zanjas

Esta labor tiene como objetivo impedir que los adultos de gorgojo, que han completado su ciclo en el suelo, se desplacen hacia los campos recién sembrados (Alcázar 1988).

Las zanjas cubiertas con plástico o con insecticida también constituyen barreras contra los insectos que no vuelan, como el gorgojo de los andes. Los adultos de gorgojos caminan hacia los campos de papa desde sus áreas de hibernación y cuando caen en la zanja no puedan trepar por la superficie de plástico y mueren por desecación (Palacios 2006).

Las zanjas de caída impiden la migración de los gorgojos que desean ingresar al cultivo de papa y en consecuencia reduce el daño que ocasionan, cuando dichas zanjas son revestidas con plástico negro (Boileau et al., citado por Calderón et al. 2004).

En el departamento de La Paz en la provincia Aroma (Kollana) campaña agrícola 1996 al 1997, trabajo de investigación realizado con revestimiento con plástico negro con las siguientes características; 0,3 de ancho y profundidad de 0,25 a 0,3 m y fueron instalados en tres fases, la primera en la siembra, la segunda al 50% de emergencia y la tercera al 100% de emergencia y obtuvieron los siguientes resultados en la cosecha, el daño promedio fue de 29% en las parcelas con revestimiento, 65% en la parcela testigo (Esprella, et al., citado por Calderón et al. 2004).

Cavar zanjas de 0,3 m de profundidad por 0,2 m de ancho alrededor del campo de papa al momento de la siembra. Se puede colocar paja húmeda, plástico en el campo de cultivo para que los gorgojos se refugien en ellos y posteriormente eliminarlos (Tech 2009).

### 2.2.13.6.3. Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa que tiene un alto contenido de alcaloides que le confieren un sabor amargo y afecta su biodisponibilidad de nutrientes si se le consume directamente sin extraer los alcaloides (Suquilanda s/f.).

**Nombre común de tarwi:** aymara, tauri; quechua, tarhui o chuchus muti (Bolivia); chocho, chochito (Ecuador y Norte del Perú); cequilla (Azángaro, Perú); castellano: altramuza, lupino, chocho; inglés: Andean lupine, Pearl lupin (Jacobsen y Mujica 2006).

### 2.2.13.6.3.1. Clasificación taxonomía de tarwi

La variabilidad genética de tarwi hizo indispensable la redefinición taxonómica de esta planta de cultivo (Gross, citado por Quenallata 2008) presentado la siguiente clasificación sistemática.

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta (angiospermas)
Clase:	Magnoliopsida (dicotiledónias)
Subclase:	Arquiclamídeas
Orden:	Rosales
Familia:	Fabaceae (leguminosae)
Género:	<i>Lupinus</i>
Especie:	<i>mutabilis y albus</i>

### 2.2.13.6.3.2. Descripción botánica del tarwi

El tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) es una especie generalmente anual de crecimiento erecto y que puede alcanzar desde 0,8 hasta más de 2 m en las plantas más altas. (Gross, citado por Rodríguez, 2009).

- **Raíz**

El aspecto más resaltante es la presencia en las raíces de un gran número de nódulos, pesando unos 50 g por planta, con bacterias llamadas *Rhizobium*, que pueden fijar nitrógeno del aire y que aportan entre 40 y 80 Kg/Ha de nitrógeno.

- **Tallo**

En la mayoría de variedades hay un tallo único de forma cilíndrica, a veces ligeramente aplanada. Existe una alta variación en cuanto a la estructura de la planta, sea con un tallo principal prominente, o no, como desde un tallo casi sin ramificación a uno con pocas ramas secundarias o con mucha ramificación.

- **Hojas**

Las hojas tienen forma de láminas de tipo digitado con un número variable de folíolos de 5 a 12 oblongos.

- **Inflorescencia**

Es un racimo terminal con flores dispuesta en forma verticilada; cada flor mide alrededor de 0,012 m de longitud y tiene la forma típica de las papilionáceas, es decir la corola con cinco pétalos, uno el estandarte, dos la quilla y dos las alas. En una sola planta se pueden llegar a contar más de mil flores, cuyos pétalos varían desde blanco, crema, azul hasta el color púrpura.

- **Fruto**

Está constituido por una vaina algo dehiscente; las semillas se acomodan en la vaina en una hilera, su tamaño varía de 4 hasta 15 mm la forma de las semillas es elipsoidal, lenticular y algunas redondeadas y otras más bien con bordes más definidos en forma semicuadrada; el color de la semilla es muy variable como blanco, gris, baya marrón, negro y incluso de color marmoteado (Tapia y Frías 2007).

**Figura 3. Fases fenológicas de cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*)**



Germinación y emergencia	Desarrollo de las raíces	Primeras hojas verdaderas	Formación de racimo en el tallo central	Floración	Envainado
15 a 21 días	21 a 162 días	22 a 71 días	72 a 88 días	89 a 102 días	121 a 162 días

**Fuente: Datos del campo 2014 – 2015**

#### **2.2.13.6.3.3. Barrera vegetal**

Las plantas bordes o repelentes se siembran dos o tres surcos en el entorno del campo de papa para impedir el acceso de algunas plagas, como los adultos migratorios (especie *Premnotrypes*), una barrera con tarwi, maíz o quinua, pueden ser efectivas contra los insectos que no vuelan (Palacios 2006). Pero Sánchez y Espinosa (2008) manifiesta que la siembra de estas plantas repelente sea sembrada mes antes de la siembra del cultivo de la papa.

El estudio de control de gorgojo de los andes (*Prenmotrypes* spp.) con métodos diferentes al químico comprenden el uso de barreras vegetales que impiden el ingreso de esta especie a la parcela sembrada de cultivo de papa. Se realizaron estudios comparando barreras vegetales de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) y de Oca (*Oxalis tuberosa*), sembrados al entorno de las parcelas de papa. Con una parcela testigo (sin control); la barrera de tarwi según el estudio controlaba mejor el ingreso del gorgojo a la parcela, con esta barrera, los daños en los tubérculos se redujeron en 45% y con Oca el 28% respecto al testigo (Andrew, Carvajal, citado por Calderón, 2004).

#### **2.2.13.6.3.4. Propiedades y uso del cultivo de tarwi**

En el estado de floración la planta incorpora a la tierra como abono verde, con buenos resultados mejorando la calidad de materia orgánica, estructura y retención de humedad del suelo. (Gross y Tuesta, citado por Villacres et al. 1998). Además la misma fuente señalan que por su alto contenido de alcaloide, se siembra a menudo como cerco vivo o para separar parcelas de diferentes cultivos, evitando el daños que pudieran causar los animales.

#### **2.2.13.6.3.5. Alcaloides quinolizidinicos**

El género *Lupinus* tiene los alcaloides quinolizidinicos, que esta sintetiza en los cloroplastos de las hojas y son transportados vía floema a otros órganos de la planta para su almacenamiento en tejido epidérmico y sub epidérmico de hojas, tallos y principalmente semillas. Las semillas de variedad dulce tienen bajos contenidos de alcaloides, son una fuente de nutrientes, debido al contenido de proteínas, lípidos, fibra dietética, minerales y vitaminas (Novembre, et al., citado por Rodríguez, 2009).

#### **2.2.13.6.3.6. Función de los alcaloides**

La función de los alcaloides en las plantas no es aun clara, existen algunas sugerencias sobre el “rol” que juega estas sustancias en los vegetales como:

Sirven como productores de desechos o almacenamiento del nitrógeno sobrante, esta función es equivalente a la del ácido úrico o de la urea en los animales.

La micro química ha permitido mostrar en forma general, que los alcaloides son localizados en los tejidos periféricos de los diferentes órganos de la planta, es decir en el recubrimiento de las semillas, corteza del tallo, raíz o fruto y en epidermis de la hoja; esto nos permite pensar que los alcaloides cumplen una importante función como es la de proteger a la planta, por su sabor amargo de estos, del ataque de insecto (Díaz 1990).

#### **2.2.14. Muestreo de las poblaciones de insectos**

Las poblaciones de insectos están sujetas a constantes cambios; incrementa o disminuye según las condiciones favorables del medio. Para detectar estos momentos se efectúan muestras periódicos de las plagas generalmente una vez a la semana (Cisneros 1995).

El muestreo o monitoreo debe ser cada 8 o 15 días (SENASAG 2009).

#### **2.2.15. Nivel de daño económico**

El nivel de daño económico está basado en las pérdidas económicas, causados por cada plaga, la fluctuación de los precios de la producción en el mercado y el costo de realizar el control (Navarro 2010).

#### **2.2.16. Umbral económico**

Es la densidad a la que se debe aplicar medidas de control con el fin de evitar el aumento en la población de la plaga, impidiendo que llegue al nivel de daño económico (Yucra, citado por Tola 2009).

#### **2.2.17. Fluctuación poblacional.**

Fluctuar, regular o irregularmente, o sea aumentar y disminuir en periodos constantes o no, como cuando se producen lluvias intensas y la población de insectos crecen en forma explosiva (Cisneros 1995).

### **2.2.18. Índice de daño**

Los tubérculos dañados son los considerados atacados por las larvas, estas se categorizan en cuatro, desde grado 2 a 5, considerados al grado 1 como tubérculo sano (Yábar 1986).

El nivel de daño económico está basado en las pérdidas económicas, causados por cada plaga, la fluctuación de los precios de la producción en el mercado y el costo de realizar el control (Palacios 2006).

### **2.2.19. Factores abióticos**

La temperatura tiene la mayor importancia para los insectos. Los insectos pertenecen a los organismos poiquiloterms, es decir, producen poco calor y lo gastan fácilmente. El medio en el que viven es determinante para completar su ciclo de vida.

La humedad es también un factor ecológico de gran importancia, desempeña el papel de regulador de la temperatura del cuerpo como elemento catalítico hidrolítico e ionizador.

La lluvia tiene un efecto destructivo sobre los insectos, las especies pequeñas pueden ser lavadas de las plantas hospederas y morir ahogados. Se ha observado que una fuerte lluvia repentina puede eliminar hasta un 80% en algunas especies.

La intensidad de la luz y el intervalo de día/noche, el fotoperiodo influye bastante sobre el desarrollo y la actividad de los insectos. Además la define la pigmentación del insecto que le sirve como protección contra los rayos del sol (Rogg 2000).

### **2.2.20. Análisis económico**

La rentabilidad del cultivo es necesaria realizar un análisis económico en el ensayo de acuerdo al método de evaluación que permite determinar las implicaciones económicas en costos y beneficios al analizar los resultados (CIMMYT 1998).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El ensayo se llevó a cabo en la Comunidad Paxiamaya, perteneciente al Municipio de Pucarani de la 1ra. Sección de la Provincia Los Andes, esta comunidad se encuentra a 33 km al Oeste de la ciudad de El Alto, sobre la carretera Panamericana hacia Copacabana del departamento de La Paz, Bolivia.

#### Cuadro 4. Ubicación Geográfica

Localidad	Altitud	Longitud Oeste	Latitud Sur
Paxiamaya	3,900 msnm.	68°28' 23"	16° 08' 45"

SENAMHI 2014

##### 3.1.2. Características Edafoclimáticas

###### 3.1.2.1. Clima

El municipio se caracteriza por tener un clima templado a frío, por su altura recibe una mayor cantidad de radiación solar, hoy en día se ha incrementado su efecto negativo (PEDECO 2007).

Temperatura: en la estación meteorológica de Chirapaca, según SENAMHI 2014, indica que tiene los siguientes datos: temperatura promedio mínima  $-3,2^{\circ}\text{C}$ , temperatura promedio ambiente  $8,1^{\circ}\text{C}$  y temperatura promedio máxima extrema  $21,0^{\circ}\text{C}$ .

Las temperaturas más frías se presentan en los meses de mayo a agosto con un promedio de  $4,2^{\circ}\text{C}$ , las temperaturas más elevadas son de noviembre a enero con una temperatura máxima de  $20,1^{\circ}\text{C}$  (P.D.M. del Municipio de Pucarani 2007).

La precipitación pluvial promedio es de 544,6 mm/año, registrándose un mayor nivel de precipitación en los meses de diciembre, enero y febrero (estación meteorológica de Pucarani 2014, según SENAMHI 2014).

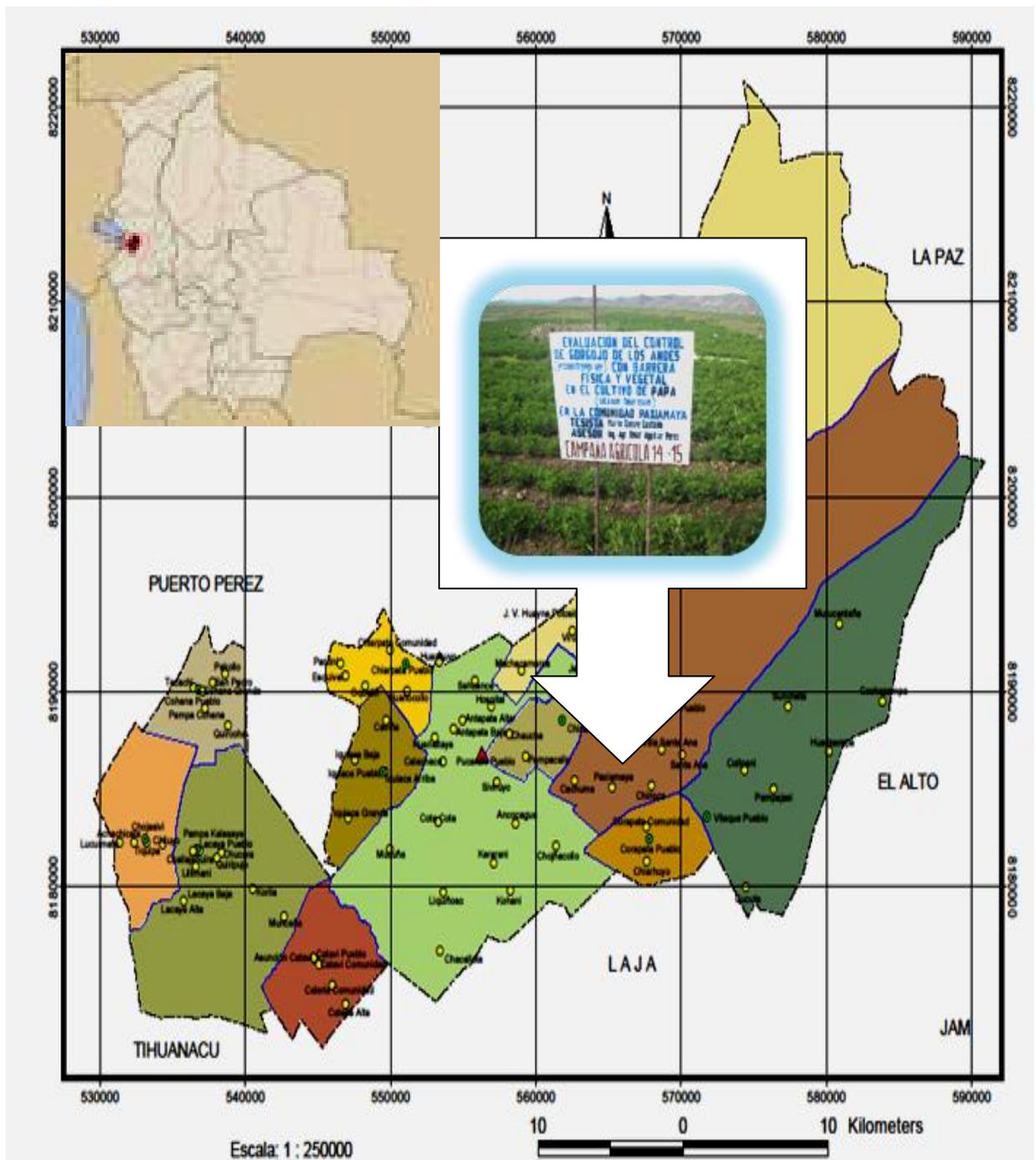


Figura 4. Ubicación Geográfica de la Comunidad Paxiamaya de la Primera Sección de la Provincia Los Andes, La Paz (IGM 2005).

### 3.1.2.2. Suelo

Los suelos de la comunidad se caracterizan por ser rocosos, pedregosos y arenosos en las laderas de las serranías, franco arcilloso en las pampas, generalmente áreas de producción agrícola de la población. Normalmente son suelos profundos en toda la extensión de la comunidad de capa café o tierra negra (PEDECO 2007).

Los suelos de municipio de Pucarani, por la complejidad de su topografía, presenta características físicas de textura variable, la investigación que se realizó a suelos de las colinas, son muy superficiales a moderados profundos, con alta a abundante pedregosidad y poca rocosidad en la superficie, son suelos franco arcilloso, arenoso a arcillosos y su clasificación taxonómica es de orden: Intisol. La localización de las colinas se encuentra en zona norte, centro sur del municipio bien drenado (P.D.M. Municipio de Pucarani 2007).

### 3.1.2.3. Flora

En la zona de estudio se tiene la sicuya (*Stipa ichu*), es una variedad de paja muy común en la zona norte que se utiliza en el techado de casas, en algunos lugares se tiene la existencia de paja brava, tola, yareta, etc. Su presencia se reduce paulatinamente y prácticamente está en desaparición esto se desarrolla en las planicies y laderas, es consumido por ganado bovino y ovino, sobre todo cuando los brotes son tiernos (P.D.M. Municipio de Pucarani 2007).

### 3.1.2.4. Fauna

La variedad de pisos ecológicos, permite en el municipio se presentan una variedad de aves, mamíferos, arácnidos, etc. Mucho de ellos tienen un significado bastante profundo para la población puesto que se constituyen en bioindicadores, algunos como la liebre son considerados muy perjudiciales por su efecto negativo en las cosechas (P.D.M. Municipio de Pucarani 2007). Además menciona la misma fuente presenta una gran diversidad de especies como: Águila (*maman*) *Buteo poecilochorus*, Trucha *Salmo trutta*, Condor *Vultur gryphus*, Viscacha *Lagidium*, Carpintero del altiplano *Colaptes rupicola*, Ratón *Mus musculus*, Liebre *Lepus europaeus*, Zorro *Canis cutapeus*, Zorrino *Conepatus chinga*, Cuy silvestre *Cavia spp*, Kurkuta *Metriopelia ceciliae*, Flamenco andino (*huallata*) *Chloephata melanoptera*, Lagarto *Leolaemus alticolor*, Lechuza (*jucku*) *tyto alba*, Maria

(alkamari)*Phalcoboenus megalopterus*, Paloma *Haematopus sp*, Sapo *Bufo spinulosus*, Víbora *Vipera ssp*.

### **3.2. Materiales**

#### **3.2.1. Material vegetal**

Semilla de papa de variedad huaycha (*Solanum tuberosum andígena*) de 460 Kg equivalente a 10 qq y semilla de tarwi Variedad Toralapa (*Lupinus mutabilis*) de 12 Kg.

#### **3.2.2. Fertilizante**

Estiércol de vacuno y ovino

#### **3.2.3. Materiales de campo**

Poste de madera de 2 m de largo, tableros de parcela, pintura blanca y azul, estacas de 0,8 m lienzo de 200 m flexómetro de 3 m plástico (Agrofilm), picota, pala, cinta métrica de 50 m, cámara fotográfica, cuaderno de campo, maquinaria agrícola (arado, rastra y surcadora).

#### **3.2.4. Material de laboratorio**

Balanza de precisión electrónico de escala de HLD-B 3000 g \* 0.1 g y balanza electrónico compacta escala SF-400C de 300 g \*0.01 g.

#### **3.2.5. Materiales de escritorio**

Computadora e impresora, registros, material bibliográfico.

### **3.3. Metodología**

Para la evaluación y comparación de dos tipos de barrera en el control de *Premnotrypes* spp en el campo se realizaron las siguientes labores:

#### **3.3.3. Inspección, control y eliminación de posibles amenazas en el área de estudio**

Antes de comenzar a roturar se realizó una inspección en las sicuyas viejas (*Stipa ichu*) donde se encontró larvas de las especies de *Premnotrypes*, luego se realizó la quema controlada de estas plantas en la parcela como se muestra en la figura 5.



**Figura 5. Presencia de larvas en las pajas viejas y luego quema controlada**

### 3.4.2. Preparación del suelo

La preparación del terreno consistió en roturar el suelo con arado de reja (maquinaria agrícola) se efectuó el 7 de junio de 2014 a una profundidad de 0,3 m para remover el suelo, intervenir el resto de las raíces, además de desenterrar larvas y pupas de los insectos en general y de esta manera exponerlos a la acción del sol para que los depredadores los consuman, el 15 de agosto se procedió al desterronado y nivelado de agregados con rastra (maquinaria agrícola) para disminuir los refugios del gorgojo de los andes.



**Figura 6. Roturada, rastrada y nivelada en el área de ensayo**

### 3.4.3. Implementación de la barrera vegetal

La siembra de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para implementar la barrera vegetal alrededor del campo del cultivo de papa, se realizó el 1 de septiembre de 2014 con las primeras lluvias, esto se hizo manualmente con la ayuda de la picota a una profundidad de 0,03 a 0,05 m, la distancia entre semilla es de 0,1 m, entre surcos de 0,65 m como se muestra en la figura 7. Logrando sembrar 3 filas alcanzando una barrera vegetal de 45 m<sup>2</sup>.



**Figura 7. Siembra de tarwi en el lugar designado en el ensayo**

### 3.4.4. Siembra de papa

La siembra se realizó el 18 de octubre de 2014 con la ayuda de la maquinaria agrícola, se utilizó la semilla de la variedad Huaycha (*Solanum tuberosum subsp. andigena*), porque esta es muy utilizada por los agricultores del lugar, variedad que es propensa al ataque de las plagas como ser el gorgojo de los andes y otros (Rojas 2007).

Antes de comenzar la siembra se esparció el estiércol en el experimento como se ve en la figura 8, una vez acabada se comenzó el surcado con la ayuda de maquinaria agrícola (tractor), con una separación entre surcos de 0,75 m los tubérculos fueron colocaron a 0,25 m entre semilla.



**Figura 8. Esparción de estiecol, surcada, colocado de semilla y tapada**

#### **3.4.5. Instalación de la barrera física**

Se realizó los días 19 y 20 de octubre de 2014, el cavado de la zanja se realizó alrededor del tratamiento designado con la siguientes dimensiones: altura de 0,6 m, base de 0,25 m, luego de haber concluido se colocó a los cuatro esquinas, estaca de 0,8 m, para que estos soporten la cuerda para que la barrera quede bien uniforme de los bordes, se extendió el plástico (Agrofilm de 300 micras) con la siguiente característica: 0,2 m, a nivel del suelo cubriendo con piedras, 0,6 m, de profundidad con una inclinación promedio de  $40^\circ$  y 0,2 m, la base de la zanja fue cubierto con tierra. Las dimensiones fueron de 9 m de largo y 5 m de ancho con 4 repeticiones como se muestra en la figura 9.



**Figura 9. Cavado, tendido y posterior sellado de la barrera**

### 3.4.6. Labores en el experimento

La recolección se realizó a cada 7 días, después de una semana de siembra hasta la madurez fisiológica, bajo el seguimiento de 22 lecturas, los insectos adultos capturados solo son de la barrera física. Para determinar la población total y especies existe en el área del experimento en metro lineal.



**Figura 10. Recolección de gorgojos adultos y observaciones en las plantas**

### 3.4.7. Identificación de especímenes

Para la identificación de los especímenes se emplearon las claves taxonómicas (Yabar-Landa, 2011), consultas con diferentes especialistas y además con la ayuda de las figuras que se muestra (ver anexos 13). Además, para corroborar las identificaciones de las muestras de los gorgojos de diferente especie se envió al laboratorio de Colección Boliviana de Fauna (CBF) sección de invertebrados perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A), para la identificación de la especies.

### 3.4.8. Labores culturales

Se realizó dos aporques manuales en todo el experimento como se muestra en la figura 11, el primero se realizó a los 55 días después de la siembra cuando las plantas tenían una altura de 0,15 a 0,2 m y el segundo aporque a los 85 días cuando tenían una altura de 0,25 a 0,3 m proceso que consistió en la elevación de los surcos, eliminación de presencia de malezas y para evitar la infestación del gorgojo de los andes.



**Figura 11. Aporque total, elevación de surcos y eliminación de malezas**

#### **3.4.9. Cosecha**

Se muestreó a los 170 días, con la ayuda de una chuntilla, cada planta en bolsas de red como se muestra en la figura, por cada tratamiento de 15 unidad de plantas al azar, teniendo en total 180 plantas muestreadas.



**Figura 12. Muestreo de tuberculos, recojo de plástico y cosecha total**

#### **3.4.10. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue de bloque completo al azar (DBCA) con cuatro repeticiones y tres tratamientos (Ochoa, 2009), el modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \dot{E}_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  = una observación cualquiera  
 $\mu$  = media poblacional  
 $\beta_j$  = efecto de j – esimo bloque  
 $\alpha_i$  = efecto de i – esimo tratamiento  
 $\dot{E}_{ij}$  = error experimental

#### 3.4.10.1. Unidad experimental

La unidad experimental que fue constituida por la parcela neta de 540 m<sup>2</sup>, estando al intemperie del campo solo los tratamientos con barrera física y vegetal son cercados con el objetivo de impedir el ingreso de insecto plaga, ya que estos no vuelan solamente caminan ya sea de día y de noche (ver anexo 17).

#### 3.4.11. Factores de estudio

El factor en estudio se realizó con la aplicación de las barreras física y vegetal.

#### Cuadro 5. Tratamientos en estudio

Tratamientos (t)	Repeticiones (r)	Descripción
T0	Cuatro	Testigo absoluto
T1	Cuatro	Barrera vegetal
T2	Cuatro	Barrera física

Elaborado propia

#### 3.4.11.1. Evaluación del daño ocasionado por las larvas del gorgojo de los andes en tubérculos de papa

Para determinar el porcentaje de daño de ataque de las larvas del gorgojo de los andes en la papa, como se realizó muestreos de plantas en la parcela como se ve en la figura, se observó los daños en el testigo, barrera física y vegetal.



**Figura 13. Muestreo al azar de la barreras física, vegetal y evaluación de daño**

#### **3.4.11.2. Porcentaje de daño a la cosecha (incidencia)**

Para determinar la incidencia según Carvajal (1993), que se recurrió a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{número de tuberculos afectados}}{\text{número de tuberculos totales}} * 100$$

#### **3.4.11.3. Porcentaje de control**

La intensidad de daño se calculó mediante la siguiente fórmula: presentado por Mixto (1999).

$$\% \text{ de control} = 100 - \frac{\text{Porcentaje daño del tratamiento}}{\text{Porcentaje daño del testigo}} * 100$$

#### **3.4.11.4. Escala para evaluar los tubérculos (severidad)**

Se determinó el grado de daño causado por las larvas (gusano blanco), en los tubérculos en el momento de la cosecha a base de la escala (Avalos, 1996) que abajo se muestra.

**Cuadro 6. Escala para evaluar la severidad del daño de los tubérculos**

Grado	Descripción	Daño
1	Menor a 20%	Daño ligero (utilizable)
3	De 40 - 60%	Daño mediano (utilizable limitado)
5	Mayor a 80% del área	Daño total (no utilizable)

Fuente: Avalos, 1996.



Figura 14. Grados en la escala de 1, 3 y 5 de severidad

#### 3.4.11.5. Severidad parcial

Para determinar la severidad por la escala se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ severidad parcial} = \frac{\text{número de tubérculos en la escala}}{\text{número de tubérculos totales}} * 100$$

#### 3.4.11.6. Severidad total

Se calculó con la siguiente fórmula

$$\% \text{ severidad total} = \frac{\text{esc 1}(\text{N}^\circ \text{ de tubérculos}) + \text{esc 2}(\text{N}^\circ \text{ de tubérculos}) + \text{esc 3}(\text{N}^\circ \text{ de tubérculos})}{\sum \text{esc} \times \text{N}^\circ \text{ de tubérculos totales}} * 100$$

#### 3.4.11.7. Rendimiento

Este parámetro fue determinado en cada tratamiento cosechando plantas al azar, pesando el total de tubérculos cosechados por la superficie del terreno y convertidos en metros lineales y hectárea como se muestra en la figura 15.



**Figura 15. Pesada de muestras de tuberculos**

### **3.4.11.8. Análisis de costos parciales**

Por adición se incluyó solamente los costos que afecta con el cambio tecnológico propuesto. En este caso se compara en el ensayo la aplicación de método de control de gorgojo de los andes tiene ventaja contra la práctica tradicional del agricultor bajo la siguiente fórmula propuesta (CIMMYT 1985).

#### **3.4.11.8.1. Beneficio bruto**

$$BB = R * P$$

Donde: BB = Beneficio bruto  
 R = Rendimiento promedio por tratamiento  
 P = Precio del producto ajustado

#### **3.4.11.8.2. Beneficio neto**

$$BN = BB - TC$$

Donde: BN = Beneficio Neto  
 BB = Beneficio Bruto  
 TC = Total costo variable de producción

#### **3.4.11.8.3. Relación beneficio costo**

$$B/C = \frac{IB}{CP}$$

Donde: B/C = Beneficio/costo  
 IB = Ingreso bruto  
 CP = Costo de producción

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación del gorgojo de los andes

En la campaña agrícola del 2014-2015 (octubre-abril), se capturaron e identificaron dos diferentes especies de gorgojo, *Premnotrypes latithorax* y *P. solaniperda*; con la ayuda de claves taxonómicas de (Yabar-Landa et al. 2011) y por la sección de invertebrados de Colección Boliviana de Fauna (CBF) convenio entre el instituto de ecología y el museo nacional de historia natural (ver anexo 23) de la UMSA.

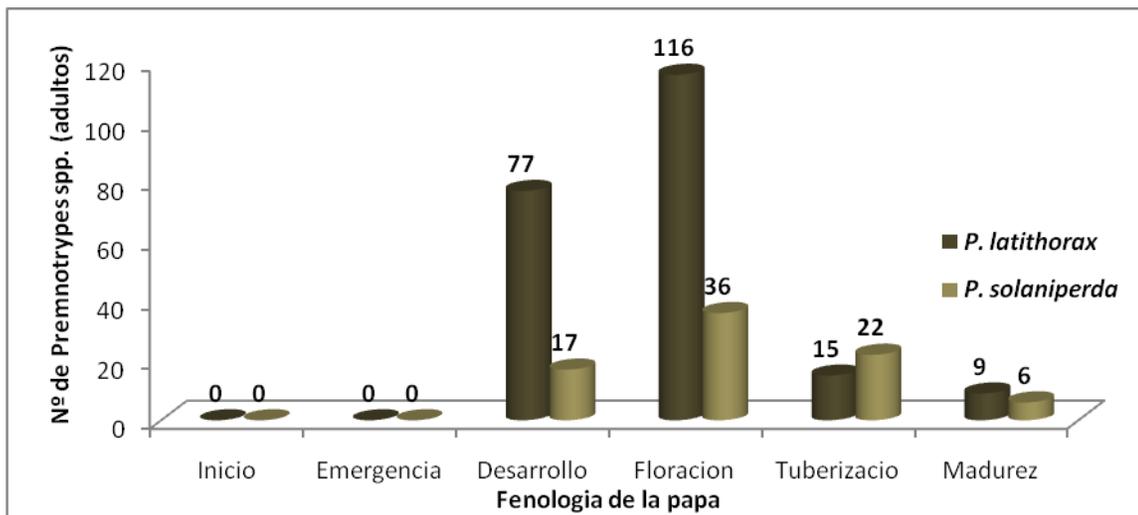
Carvajal, citado por Esprella et al. (2002) confirman que en la provincia Los Andes del Municipio de Pucarani, Cantón Patamanta existe la presencia de estas especies estudiadas.

**Figura 16. *Premnotrypes latithorax* y *P. solaniperda***

	
<p>Cabeza ancha, tórax pequeño en comparación del abdomen se observa cuatro protuberancias en forma rectangular</p>	<p>Cabeza alargada abdomen grande, una comparación de tórax y la parte posterior del abdomen se observa seis protuberancias distribuidas en forma hexagonal.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a Yabar-Landa et al. (2011)

#### 4.2. Cuantificación de número de gorgojos en las fases fenológicas del cultivo



**Figura 17. Presencia de gorgojo de los andes en distintas fases del cultivo de la papa**

En la figura 17, muestra que la población de gorgojos adultos se registra dos especies a partir de la emergencia del cultivo (15 de diciembre de 2014); posteriormente en la fase desarrollo, formación de estolones en la planta fueron recogidos 77 gorgojos de *P. latithorax* y 17 gorgojos de *P. solaniperda*; en la etapa de floración sucede la colonización y el apareamiento de los insectos plaga, en este periodo se puede observar que la población alcanza su máxima densidad poblacional de 116 gorgojos de *P. latithorax* y 36 gorgojos de *P. solaniperda*; en relación a la etapa de tuberización se observa una declinación de 15 gorgojos de *P. latithorax* y 22 gorgojos de *P. solaniperda* y al finalizar con la madurez fisiológica son recogidos solo 9 gorgojos de *P. latithorax* y 6 de *P. solaniperda*, en esta etapa se dio inicio a la eclosión de las larvas el cual causó severos daños a los tubérculos, situación ocurrida hasta la cosecha (6 de abril de 2015).

Estudios realizados sobre la fluctuación poblacional de esta plaga coinciden con los resultados del presente estudio, PROINPA, citado por Espinoza (2014) que indica que los adultos se observan en enero a mayo. Asimismo, Rojas (2007) y Tola (2009) afirman que en el mes de enero la población del gorgojo de los andes alcanzó el pico de la densidad poblacional, además a la aparición de este insecto fue a los 50 días después de la siembra.

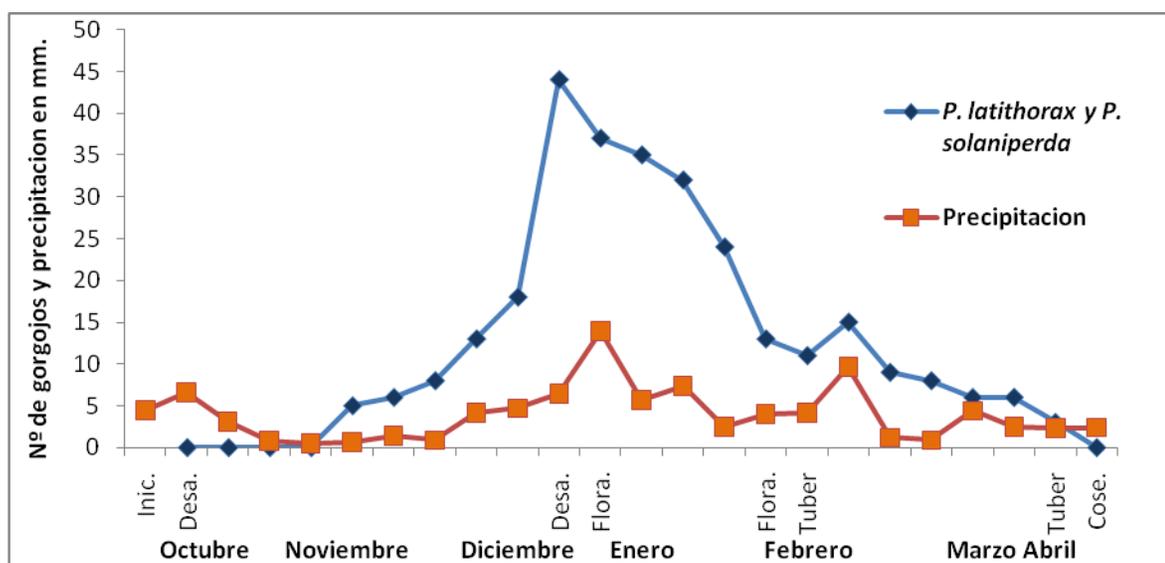
Para Huanca (2003) la fase de depresión se dió el 27 de diciembre cuando el cultivo se encontraba en inicios de la fase de desarrollo, el pico de densidad poblacional fue en la fase de prefloración del cultivo, finalmente la declinación se dio a partir de la madurez fisiológica a la cosecha del cultivo lo cual concuerda con el trabajo.

Por otro lado, FAO, citado por Rojas (2007) asevera que existe una relación entre la presencia de planta y el brotamiento de las primeras plantas, las lluvias y la emergencia de los adultos.

### 4.3. Comportamiento poblacional vs clima

#### 4.3.1. Población y precipitación pluvial

Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Pucarani y Chirapaca, dependiente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI) del municipio de Pucarani.



**Figura 18. Comportamiento de la población de gorgojos y la precipitación pluvial**

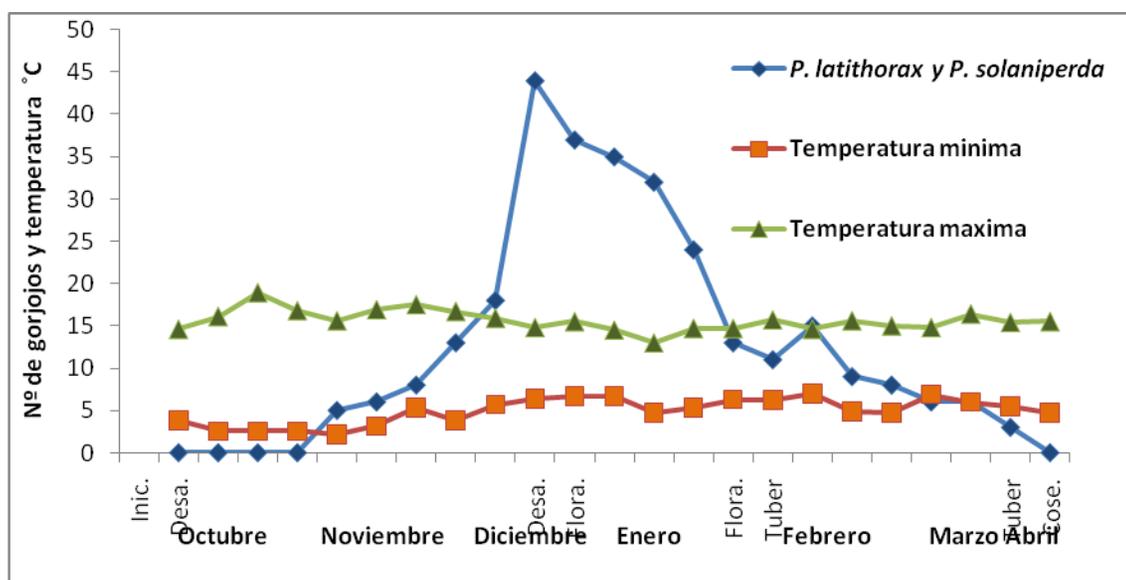
En la figura 18, se observa que la precipitación pluvial tiene relación directa con el comportamiento poblacional del gorgojo; toda vez que en la cuarta semana del mes de octubre, la precipitación fue mínima (6,6 mm por semana), en la tercera semana del mes de noviembre con precipitación registrada de 0,7 mm, la población de gorgojo de los andes (5 adultos), posteriormente a comienzos del mes de enero la precipitación tuvo un

incremento, obteniéndose 13,9 mm, lo cual favoreció en el aumento notable de la población de gorgojos (44 adultos por semana); además en este mes el apareamiento es constante (observación propia), también muestra que cuando la precipitación baja su intensidad a 4 mm, la población de gorgojo empezó a declinar de manera paulatina, (13 gorgojos por semana), durante la segunda semana de febrero, en este sentido es importante señalar que una vez que empieza las primeras lluvias el gorgojo tiende a salir, ya sea por la humedad o por la existencia de alimento, lo cual les permite reproducirse.

En la campaña agrícola 2014-2015 la precipitación tuvo influencia en la población de gorgojos, pero Egúsquiza (2012) indica que ha comprobado que la lluvia influye en la actividad y en el comportamiento del insecto. Asimismo, SIBTA (2006) argumenta que las lluvias no impiden que los individuos de ambos sexos se encuentren entre sí, la consecuencia es que se produzca la cópula.

Al respecto Huanca (2003) argumenta que en el factor ambiental respecto a la fluctuación poblacional del gorgojo de los andes, en donde se puede apreciar que la precipitación influye en el aumento de la densidad poblacional.

#### 4.3.2. Población y temperatura



**Figura 19. Comportamiento de la población de gorgojos y la temperatura ambiente**

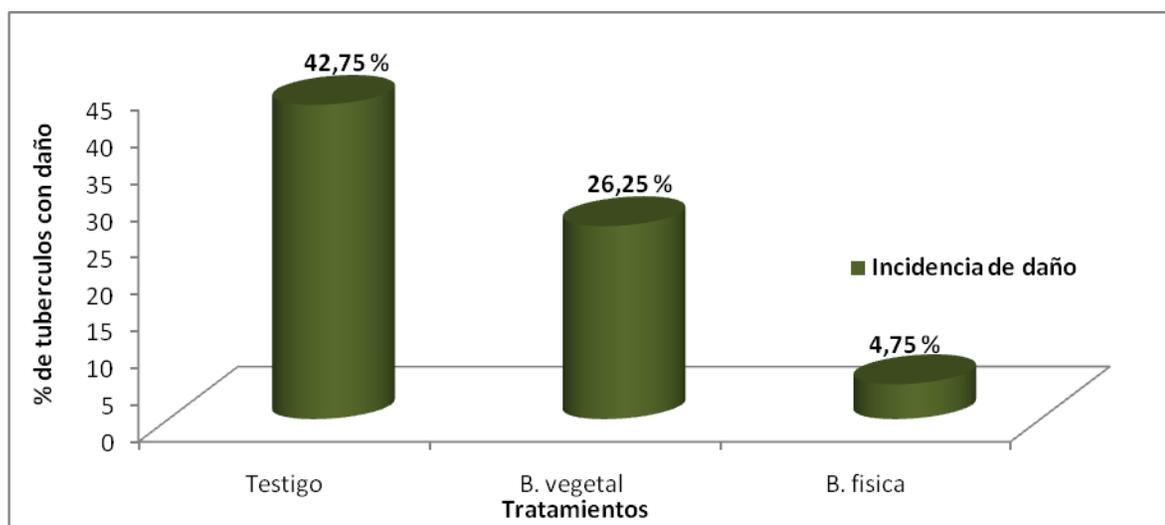
En la figura 19, indica que existe poca variación en la temperatura durante gran parte del desarrollo del cultivo excepto de la última semana del mes de diciembre, en donde la

temperatura promedio llego a 8,6 °C por semana y la población de gorgojos alcanzo al pico de la densidad poblacional 44 gorgojos por semana. Cuando la temperatura promedio fue 5,9 °C, en la segunda semana de febrero, la población del gorgojo fue reduciéndose paulatinamente a 11 gorgojos por semana (fase de declinación); lo cual indica que las temperaturas extremas perjudican en la proliferación de gorgojos existentes en el área, por otro lado al no presentar una variación significativa en la temperatura durante la campaña agrícola 2014-2015 (grafico 3), no tuvo influencia.

Al respecto Tola (2009) también reconoce la importancia de la temperatura extremas perjudican en el comportamiento normal del insecto. Asimismo, SIBTA (2006) indica que la temperatura tiene mayor importancia porque estos insectos pertenecen a los organismos poiquilotermos, es decir, producen poco calor y lo gastan fácilmente además el medio que viven es determinadamente para completar su ciclo de vida y que concuerda con los resultados obtenido.

#### 4.4. Evaluación de daño ocasionado por el gorgojo de los andes en tubérculos en la cosecha

##### 4.4.1. Porcentaje de daño en la cosecha (incidencia)



**Figura 20. Promedio del número de tubérculos con daño**

Como se puede observar que en la figura 20, la incidencia fue mayor en el testigo 42,75%, el cual no contó con ningún tipo de obstáculos que impida el ingreso del gorgojo, así también se aprecia que la barrera vegetal (bordeo de cultivo de Tarwi en el campo de

de cultivo de papa) registro un daño de 26,25%, esto se debe a la utilización como repelente de tres filas de dicho cultivo y finalmente se observa que la barrera física que obtuvo un mejor control con 4.75% en los tubérculos.

Para Esprella, citado por Calderón (2004), afirma que el uso de la zanja con revestimiento plástico con una altura de 0,3 m, obtuvo un promedio de 29% de daño. Asimismo, Alcázar y Kroschel (2008) indican que han comprobado que las barreras plásticas, utilizando estaca con una altura 0,5 m, no logran ingresar al cultivo de papa obteniendo un promedio de 5,0% de daño en Cochabamba. Por lo tanto utilizando zanja con revestimiento de 0.6 m, de profundidad se asemeja con los resultados obtenidos en el área de experimento.

Por otro lado Andrew, citado por Calderón (2004) indica que ha estudiado el uso de la barrera vegetal como repelente natural con *Lupinus mutabilis* obteniendo una reducción de daño de 45% además, Calvache (1991) también aporta con su investigación que ha medida que las plantas se alejan del borde el daño se reduce, pero su promedio fue de 30,01%, por lo tanto concuerda con los resultados obtenido del experimento.

Lo propio asevera Céspedes, citado por Guerra (2012) al usar barrera vegetal (tarwi) obtuvo un promedio superior a nuestro resultado, por otra parte Galvache y Posada (1989) y Valencia (1988) nos confirman que la siembra de papa con esta leguminosa, la misma que asume que este cultivo no es hospedera de la plaga, por lo tanto reduce de la misma sobre la planta hospedera de dos maneras. Primero por que enmascara el aroma de la planta hospedera de plagas potenciales y segundo porque bloquea físicamente el acceso de la plaga a la planta hospedera.

#### **4.4.2. Incidencia de daño**

El análisis de varianza para la variable de daño en los tubérculos en el cuadro 7, muestra diferencias altamente significativas en los tratamientos y no así en repeticiones.

**Cuadro 7. ANVA para la incidencia de daño causado por larvas del gorgojo en los tubérculos**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=0,05\%$ )
Bloques	3	32,918	10,973	0,36	4,76 n.s.
Barreras	2	2904,668	1452,334	408,53	5,14 **
Error	6	21,332	3,555		
Total	11	2958,918			
CV%	7,67%				
Promedio %	24,58				

\*\* = Altamente significativo al 0,05%; n.s. = No significativo; CV= Coeficiente de Variación

El coeficiente de varianza fue de 7,67% y el promedio de incidencia es de 24,58% está se encuentra en el rango dentro los valores de 5-10 que es excelente (Ochoa 2009), por lo tanto el trabajo de investigación es confiable según los datos obtenidos y el manejo realizado en las unidades del ensayo fue satisfactorio.

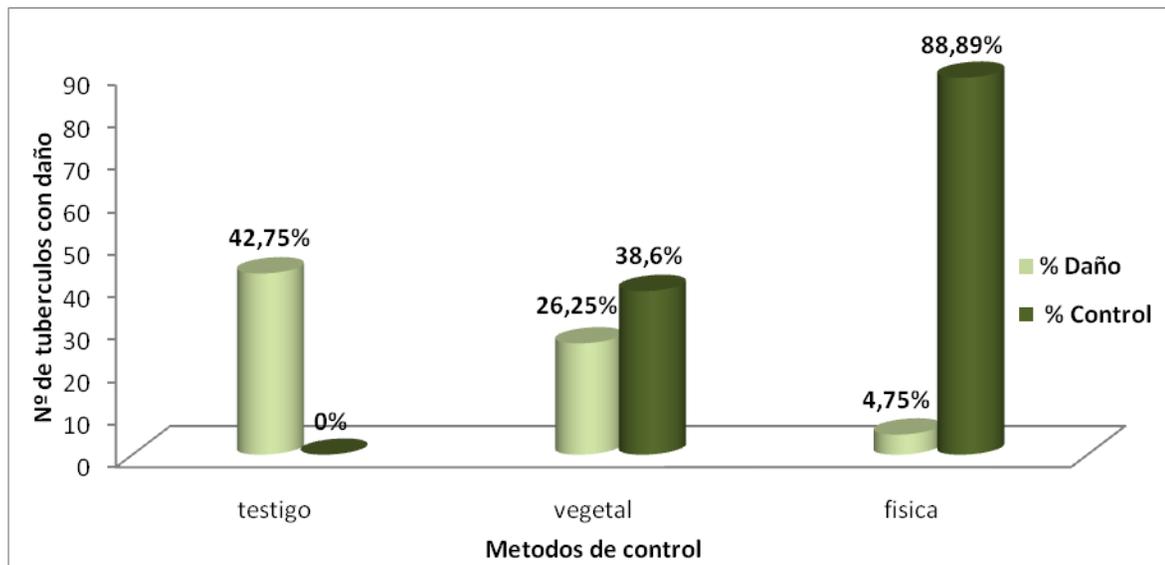
**Cuadro 8. Análisis comparativo Duncan de incidencia utilizando barreras**

Tratamiento	Promedio	Duncan ( $\alpha=5\%$ )
Testigo- Física	38	A
Testigo-Vegetal	16,5	B

En el cuadro 8, muestra que los resultados registrados de los tratamientos determinan a un 95% de confianza, se establece que la (testigo-fisica) con 38% y (testigo-vegetal) de 16,5% son altamente significativos al Duncan.

Alcazar (1997) recomienda para reducir la incidencia de daño en el campo se debe realizar las siguientes actividades como zanjas pirimetales alrededor de los almacenes y de campo, empleo de barreras vegetales. Además menciona con el uso de la barrera física encuentro similar resultado y que concierda con los resultados obtenido.

#### 4.4.3. Porcentaje de control



**Figura 21. Porcentaje de control de los tratamientos**

En la figura 21, muestra una diferencia del porcentaje de control en la campaña agrícola del 2014-2015, donde se observó que el mejor control fue de la barrera física con 88,89% de control, en comparación a la barrera vegetal con 38,6%, el testigo no registro valores por que no contó con ningun tipo de obstaculos.

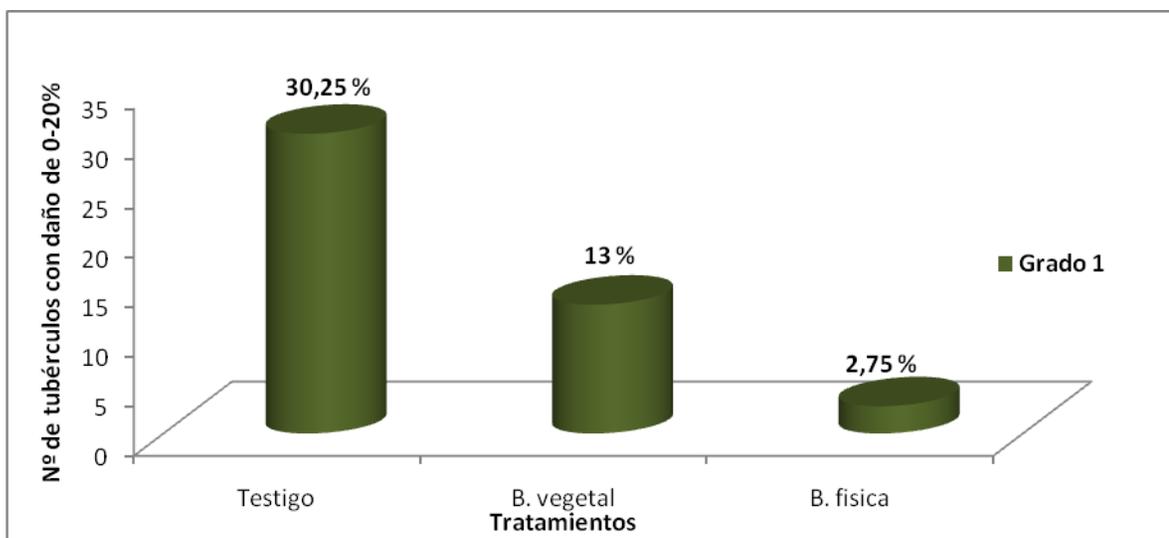
Al respecto Tola (2009) menciona que la utilización de metodos de control, obtiene un porcentaje de control inferior a nuestro experimento. Por otro lado Huanca (2003) señala que las parcelas con control tiene menor porcentaje de daño que las parcelas sin control. por lo tanto utilizando sanjas cubiertas con plástico logro un mejor control con relación a la barrera vegetal. Asimismo, Ramos et al. (1998) agrumentan que el tarwi por su biomasa aerea contiene los alcaloides y estos funcionan como repelentes para insectos plaga, por lo tanto concuerda con los resultados obenidos.

Según Rojas (2007) menciona que la variedad Huaycha, genera un ambiente apto atravez de su follaje que tiene crecimiento semi erecto, asi mismo para el gorgojo busca suelos humedos y alimenticios pentrando y haciendo galerias profundos provocando daños a la producción.

#### 4.5. Severidad de daño

Para la evaluación de porcentaje de severidad se consideró la escala propuesta por (Avalos1996) su respectiva calificación y clasificación.

##### 4.5.1. Grado 1 (0-20% de daño)



**Figura 22. Porcentaje de severidad de grado 1 (0-20%) causado por larvas de *Premnotrypes latithorax* y *P. solaniperda*.**

Através de la figura 22, puede distinguir que la severidad de grado 1, tiene un porcentaje de daño 30,25%, en relación a los otros tratamientos, como la barrera vegetal 13% y la barrera física con 2,75%. Por lo tanto nos indica; para la comparación con el testigo absoluto versus el resto de tratamientos con la utilización de las barreras tiene mayor porcentaje de tubérculos en esta escala de severidad, lo que nos indica que la zanja cubierta con plástico impidió el ingreso de los gorgojos adultos en el cultivo de papa.

Según Avalos (1996) y Guapi (2012), califican y clasifican que en esta escala del grado menor a 20% son tubérculos con daño ligeros que se podría utilizar con limitación provocado por las larvas del gorgojo de los andes.

De acuerdo al cuadro 9, muestra que los registrados de los tratamientos determinan que en un 95% de confianza se establece que los bloques no son significativos pero si en los tratamientos hubo significancia en el grado 1 al 0-20% de severidad, por lo tanto estadísticamente existe diferencia utilizando obstáculos en el cultivo de papa.

**Cuadro 9. ANVA para la severidad de daño en el grado 1 (0-20%)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=0,05$ )
Bloques	3	42	14	0,27	4,76 n.s.
Barreras	2	1.545	772,583	15,2	5,14 **
Error	6	305,5	50.917		
Total	11	1892,67			
Promedio %	15,33				

n.s. = No significativo; \*\* = Altamente significativo

En el cuadro 10, se observa la prueba estadística de Duncan a un 95% de confianza, se establece que la (testigo-física) con 27,5% y (testigo-vegetal) de 17,25%, no son significativos en esta escala.

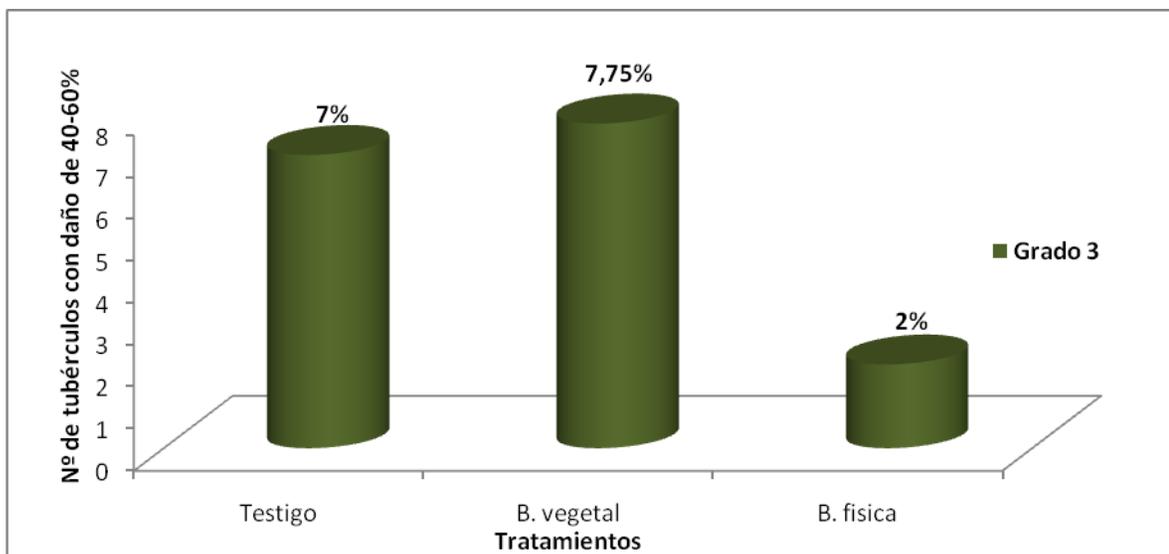
**Cuadro 10. Prueba estadística de comprobación múltiple de Duncan en el grado 1 (0-20 de severidad)**

Tratamiento	Promedio	Duncan ( $\alpha=5\%$ )
Testigo- Física	27,5	A
Testigo-Vegetal	17,25	B

#### 4.5.2. Grado 3 (40-60% de área de tubérculo con daño)

De acuerdo a la figura 22, el promedio entre los tratamientos con el grado tres se registró la barrera vegetal con 7,75% de severidad, seguido del testigo con 7% y por último la barrera física con 2%.

Destacamos que el tratamiento, utilizando sanja con revertimiento plástico obtuvo menor porcentaje de severidad en comparación a la barrera vegetal, demostrado así que fue el mejor control por el obstáculo que presentó en el área del cultivo.



**Figura 23. Severidad en el grado 3 (40-60% de daño)**

Para Avalos (1996) y Guapi (2012), mencionan que el grado de 40-60% que son daños medianamente moderados, afectados los tubérculos por las larvas del gorgojo de los andes, además su utilización es limitada.

**Cuadro 11. ANVA para la severidad de daño en el grado 3 (40-60% de daño), utilización limitada**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=0,05\%$ )
Bloque	3	10,25	3,417	0,22	4,76 n.s.
Barrera	2	78,167	39,084	2,48	5,14 n.s.
Error	6	94,5	15,75		
Total	11	182,917			
Promedio%		5,58			

**n.s. = no significativo**

En el cuadro 11, muestra que los resultados registrados con los tratamientos determina que en un 95% de cofianza, se establece que los tratamientos estudiados no son significativos tanto como bloques ni barreras.

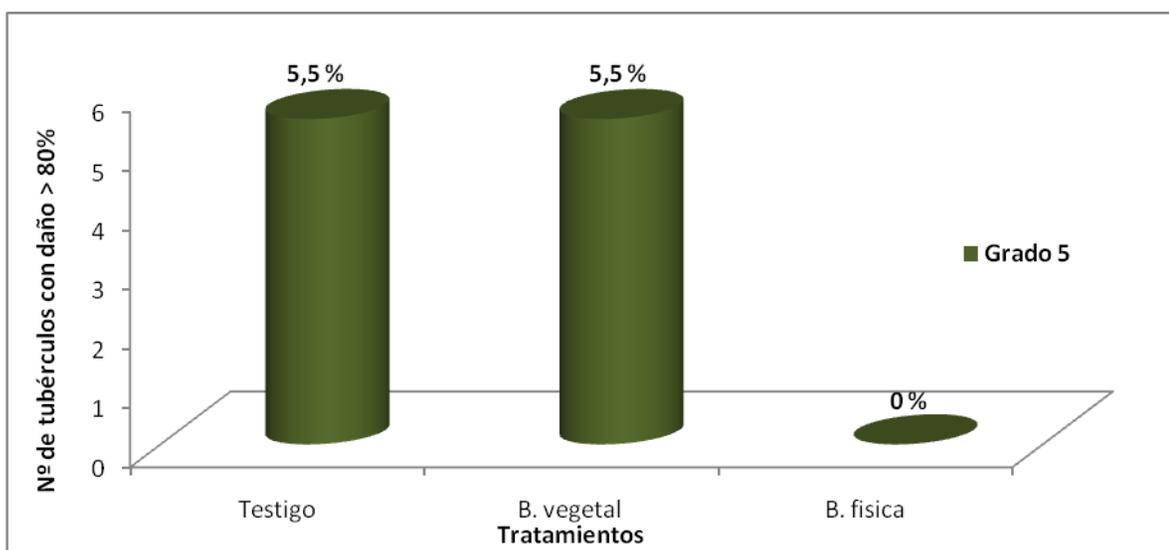
No existe significancia en base a obstaculos realizados como repelentes naturales ni con sanjas revestidas con plastico.

**Cuadro 12. Prueba estadística de Duncan al grado 3 de 40-60% de severidad**

Tratamiento	Promedio	Duncan ( $\alpha=5\%$ )
Testigo- Física	5,75	A
Testigo-Vegetal	0,75	B

De acuerdo al cuadro 12, muestra que los resultados registrados de los tratamientos determina que en un 95% de confianza se establece que el (testigo-física) con 7,09% y (testigo-vegetal) de 0,75%, por lo tanto no son significativos en el grado 3 en base a Duncan.

#### 4.5.3. Grado 5 (mayor al 80% del area del tubérculo con daño)



**Figura 24. Severidad de daño, en el grado 5 (mayor al 80% del area del tubérculo con daño), no utilizable.**

En la figura 24, muestra que la severidad del daño de las larvas del gorgojo de los andes en el grado 5, la misma que se observa que el testigo y barrera vegetal están con 5,5%, además los tubérculos que se colocaron en esta escala, es bajo a comparación con las otras dos escalas, esto quiere decir que en la barrera física, no lograron ingresar la mayoría de los adultos en comparación a otras.

Según Alvalos (1996) y Guapi (2012), indican que en este grado los tubérculos si se encuentran estos con la presencia de daño de las larvas que se aprecian por las galerías que forman estos dentro del tubérculo y son casi totalmente acabados con galerías realizadas por las larvas con un 80% de severidad, además quedan como inservibles. Por lo tanto la barrera física no presentó daños como esta escala.

Pero para Yábar (1994) indica que a mayor al 50% son daños fuertes y clasifica en este grado.

**Cuadro 13. ANVA, para la severidad de daño en el grado 5 (mayor al 80% de área), daño total no utilizable**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=0,05$ )
Bloques	3	2,67	0,89	0,24	4,76 n.s.
Barreras	2	77,67	38,83	10,43	5,14 n.s.
Error	6	22,33	3,72		
Total	11	99,67			
Promedio%	5,5				

n.s.= No significativo

En el cuadro N° 13, muestra la variable de severidad de daño del grado 5, donde no existe significancia estadística, para las repeticiones ni tratamientos.

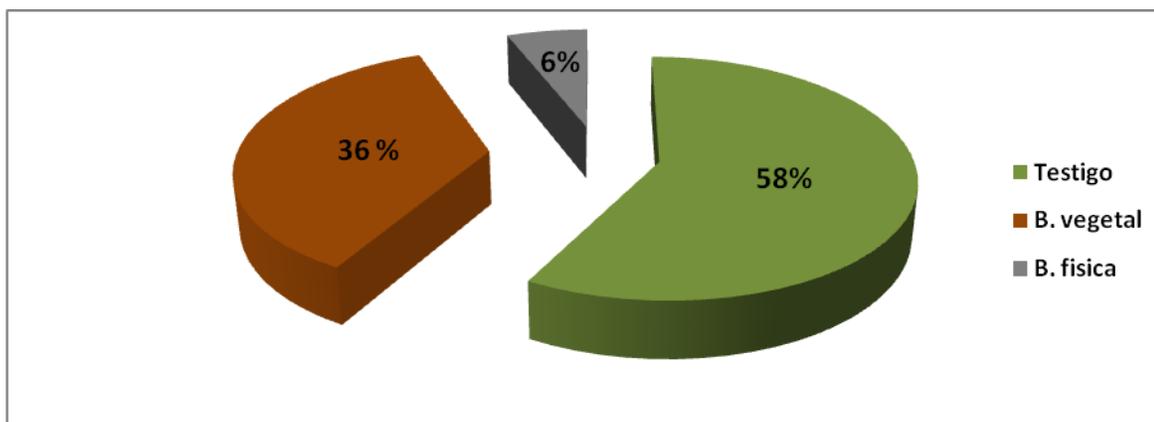
**cuadro 14. Prueba estadística de Duncan en el grado 5 (mayor al 80% de severidad)**

Tratamiento	Promedio	Duncan ( $\alpha=5\%$ )
Testigo- Física	5,5	A
Testigo-Vegetal	0	B

El cuadro 14, muestra que la severidad del daño con la prueba estadística de Duncan, es significativo entre testigo-física, pero en comparación entre la testigo-vegetal la misma que no existe significancia al rango de 95% a mayor al 80% de severidad.

Al tener la intensidad de daño de grados 1, 3 y 5 hace que el tubérculo pueda ser limitado para la alimentación, afectando así su calidad y por lo tanto su valor comercial, esta plaga ataca a todas las variedades de papa (Carvajal 1993).

#### 4.6. Severidad total



**Figura 25. Severidad total de daño ocasionado por las larvas del gorgojo**

En la figura 25, se distingue que el porcentaje de control es de 58% en el testigo; y el 36% en la barrera vegetal y 6% en la barrera física, esto nos muestra que con el uso de la zanja cubierta con plástico, es el mejor método que controla el ataque del gorgojo de los andes.

Tomando en cuenta el daño causado por el gorgojo de los andes en los tubérculos, lo cual es mencionado por Rojas (2007), la variedad Huaycha es la más susceptible a ataque del gorgojo por su forma de tuberización, la cual es intermedia y de estolonamiento no muy profundo lo que facilita a la larva causar mayor daño. Por otro lado, Tola (2009) con la implementación de los métodos de control reducen los daños en los tubérculos. Por lo tanto concuerda con los resultados obtenidos.

#### 4.7. Rendimiento

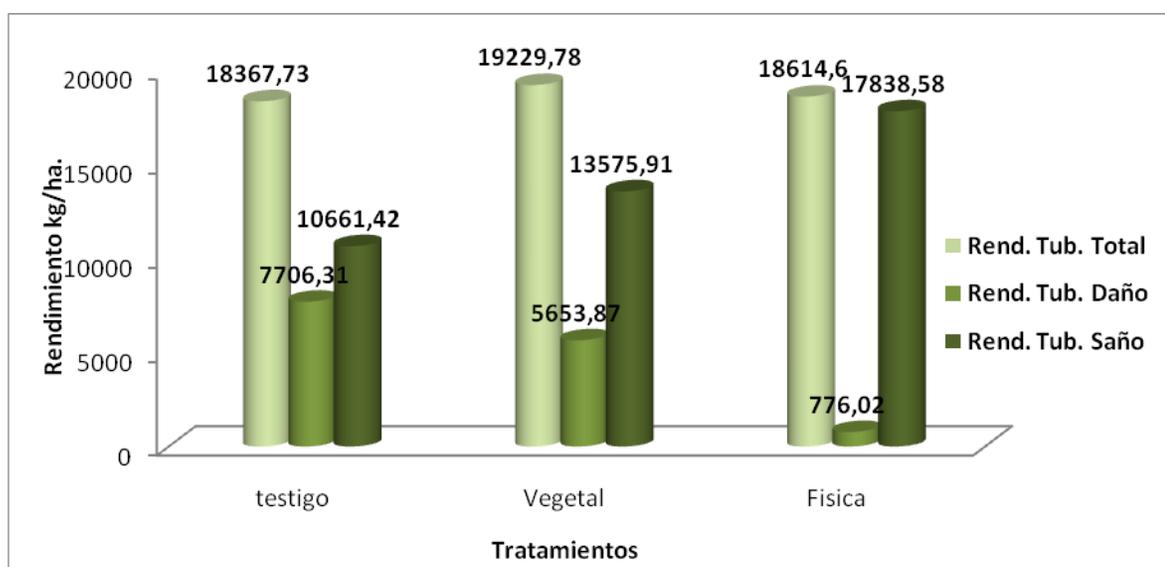
En el ensayo que se realizó en la zona, se practicó el mismo manejo agronómico y cultural que realizan en la comunidad.

En la figura 26, muestra el rendimiento de papa donde el tratamiento (barrera física), muestra un rendimiento de un promedio de 17838,58 Kg/Ha o 17,84 Ton/Ha, seguido de

la (barrera vegetal) con un promedio de 13575,91 Kg/Ha o 13,58 Ton/Ha y finalmente el (testigo absoluto), con 10661,42 Kg/Ha o 10,66 Ton/Ha de papa sanas, lo que indica que la falta de control para el gorgojo de los andes ocasionó un daño alto.

Según Merino y Caballero, citado por Rojas (2007) indica que el rendimiento promedio de la variedad Huaych'a es 15 Ton/Ha, por lo tanto los resultados obtenidos concuerdan plenamente.

Al respecto Tola (2009) menciona que el mejor método fue el control mecánico que obtuvo mejor rendimiento promedio (8,88 Ton/Ha). Asimismo, PROINPA (2008) indica que el rendimiento alcanzado en el altiplano central fue de 9 Ton/Ha. Pero de acuerdo a nuestro resultado fue superior a los mencionados con 10,7 Ton/Ha, en condiciones de campo sin obstáculos. Este nos indica que el terreno tenía un descanso de ocho años. Por otra parte FAO (2007) menciona que el rendimiento promedio de papa en Bolivia es de 5,7 Ton/Ha.



**Figura 26. Rendimiento total**

En el cuadro 15, según el análisis de varianza para la variable rendimiento en la zona, se observa que existe una significancia estadística para repeticiones, pero no en los tratamientos por lo tanto se dice que con la presencia de los insectos plaga no influye en la producción de cultivo de papa.

**Cuadro 15. ANVA, para el rendimiento Kg/Ha**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=0,05\%$ )
Bloques	3	33169587	11056529	5,602	4,76 *
Barreras	2	1576710	788355	0,399	5,14 n.s.
Error	6	11840594	1973432,33		
Total	11	46586891			
Promedio%	18737,4123				
CV %	7,5				

\* = Significativo; n.s. = No significativo; CV = coeficiente de variación

El coeficiente de variación fue de 7,5% con un promedio general para el rendimiento en la zona de 18737,41 Kg/Ha, esta se encuentra en el rango (5-10), según Ochoa (2009) donde señala que esta pertenece a un ensayo excelente en caso de la producción.

**Cuadro 16. Analisis comparativo Duncan en el rendimiento**

Tratamiento	Promedio	Duncan ( $\alpha=5\%$ )
Testigo- Física	862,055	A
Testigo-Vegetal	615,37	B

En cuadro 16, muestra que los resultados registrados de los tratamientos determinan que en un 95% de confianza se establece que los tratamientos son inferiores a la prueba estadística. Por lo tanto la presencia del gorgojo de los andes no influye en el rendimiento del tubérculo.

#### 4.8. Análisis económico

La propuesta de CIMMYT (1998) el cual se adecuó a las características del ensayo.

El análisis económico consistió en el cálculo del beneficio neto y la tasa de retorno marginal, sobre la base de los rendimientos, el mejor método de control fue el tratamiento (Barrera física).

**Cuadro N° 17. Costo/beneficio (C/B) en la producción del cultivo de papa**

Trata- miento	Producción qq/ha	Precio Bs/qq.	Costo de Ingreso		Ingreso neto	Relación (C/B)	Invertido y recuperado se ganó
			producción Bs/ha	bruto Bs/ha			
Testigo	213,22	68,52	13122	14609,83	1487,83	1,11	0,3
Vege- tal	271,515	68,52	13647,5	18604,21	4956,71	1,36	0,37
Física	336,77	68,52	14529,5	24445,88	9916,38	1,68	0,46

Venta estimada @ 17,13 Bs.

El cuadro 17, nos muestra que el análisis económico en la producción del cultivo de papa con el uso de la barrera física fue la mejor con 1,68 Bs, seguidamente la barrera vegetal con una relación de costo/beneficio de 1,36 Bs y finalmente la de testigo con 1,11 Bs, esto se debe al no tener ningún tipo de obstáculos ni repelentes, además en el cuadro nos muestra que cada boliviano invertido gana 0,46 Bs en el caso de barrera física.

Por lo que el Costo Beneficio (C/B) nos muestra que el tratamiento dos (barrera física) utilizada en la zona de estudio tiene mayor beneficio, lo cual muestra al productor como una alternativa de control para el gorgojo de los andes (*Prenotrypes spp*).

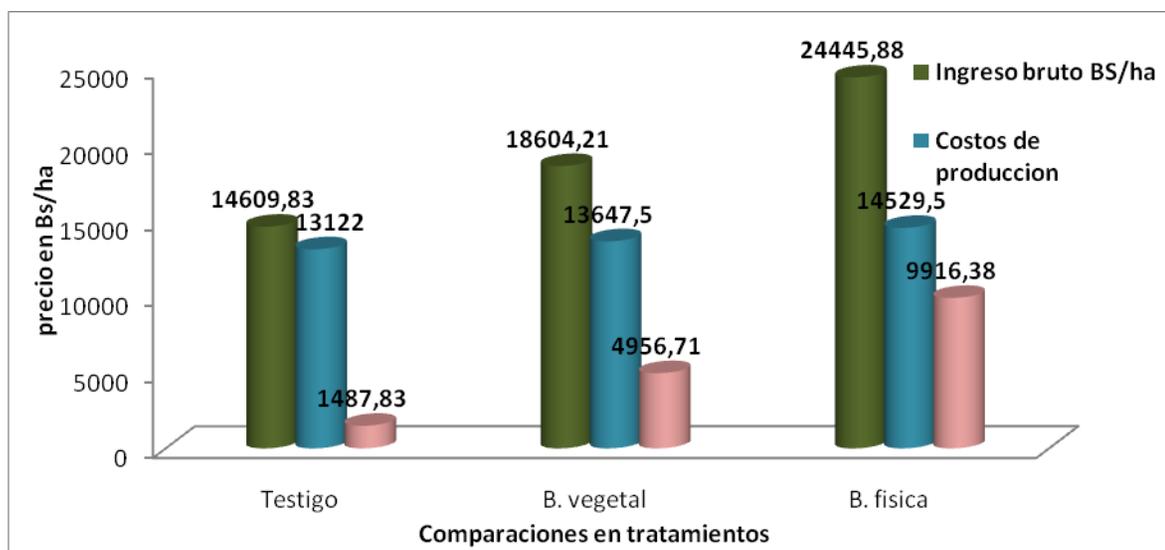
**Cuadro 18. Tasa de retorno marginal en el cultivo de papa en la campaña agrícola 2014-2015**

Tratamientos	Costos que varían	Costos	Beneficios	Beneficios neto marginal Bs/ha	Tasa de retorno marginal
		marginales Bs/ha	netos Bs/ha		
1	200	525,5	1487,83	3468,88	660,10%
2	725,5		4956,71		
3	1600	874,5	9916,38	4959,67	567,10%

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 17, presenta una tasa de retorno marginal de 660% en el tratamiento (barrera vegetal) pero a este le supera la barrera física con 567% con una diferencia de 93% por lo

tanto, se dice que el mejor es el método de mecánico utilizando las zanjas cubiertas con plástico.



**Figura 27. Comparaciones de costos de producción en ingreso bruto y netos.**

Se observa que en la figura 27, el ingreso neto en los tratamientos representa la barrera física con 9916,38 Bs que obtiene el mejor ingreso, seguido por la barrera vegetal con 4956,71 Bs y finalmente el testigo absoluto con 1487,83 Bs.

Además en el gráfico se observa que el costo de producción requerida es mayor en la barrera física de 14529,5 Bs, seguido de la barrera vegetal con 13647,5 Bs y finalmente el testigo absoluto con 13122 Bs.

Los estudios realizados afirman que la barrera plástica en Bolivia tiene un costo de 73,03 \$/ha. Estimado que el costo de la barrera de plástico que es igual o menor a dos aplicaciones de insecticidas por hectarea (Kroschel et al. 2011).

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se llega a las siguientes conclusiones:

- Se verificó la presencia del gorgojo de los andes, como plaga clave en el cultivo de papa. Plaga formado por *Premnotrypes latithorax* (74%) y *P. solaniperda* (26%), son las especies existentes en esta comunidad Paxiamaya.
- La presencia de *P. latithorax* y *P. solaniperda*, tuvo mayor presencia en la fase de floración del cultivo de la papa o también llamado inicio de la formación de los tubérculos.
- En cuanto al comportamiento poblacional los primeros registros de gorgojos fue a los 35 días después de la siembra (final de emergencia e inicio del desarrollo), la mayor densidad poblacional alcanzó en la última semana del mes de diciembre (fase fenología de cultivo de papa) obteniendo 44 gorgojos semana, además en este mes comienza el apareamiento del gorgojo la población de gorgojos declina en los meses de febrero y marzo.
- Respecto al clima la precipitación pluvial tiene mucha influencia en la población del gorgojo, cuando la precipitación es (0,5 mm) población de gorgojos es mínima pero cuando la población de adultos llegó al máximo y la precipitación pluvial registrada es (13,9 mm), pero cuando la precipitación desciende los gorgojos se declinan por lo tanto es clara muestra que influye en esta especie la precipitación pluvial.
- En cuanto a la temperatura durante el ciclo fenológico del cultivo de papa, en la campaña agrícola 2014-2015 en la zona de estudio con relación a la densidad poblacional no hubo influencia.
- El daño foliar no tuvo influencia en el rendimiento

- El daño ocasionado por las larvas de *P. latithorax* y *P. solaniperda*, mostró la mayor intensidad en testigo absoluto (42,73%), seguido de la barrera vegetal (26,25%) y finalmente se presentó con mínimo daño la barrera física (4,75%).
- Respecto al porcentaje de control, en barrera física fue de 88,89% en comparación de la barrera vegetal con 38,6%.
- Respecto a la severidad, la barrera física es el tratamiento que logro menor daño, debido por el obstáculo mecánico, que ejerció sobre el gorgojo de los andes, además de los tubérculos evaluados, la mayoría de estos se ubicaron en la escala que indica que un daño entre el 0-20% del área del tubérculo, estos pueden ser consumidos o transformados en chuño o tunta.
- La severidad de daño, en el grado 5 (> a 80% de área) no se presentó diferencias entre la barrera vegetal y testigo absoluto que tuvo 5,5% en cambio con barrera física si mostró diferencia debido a que no lograron ingresar la mayoría de estas especies.
- El rendimiento promedio del cultivo con barrera física fue de 17,88 Ton/Ha siendo el mejor promedio de la cosecha en comparación con la barrera vegetal que tuvo el 13,58 Ton/Ha y finalmente el testigo obtuvo el 10,66 Ton/Ha.
- Con relación al Costo Beneficio (C/B) el mejor de los resultados en los tratamientos fue el de barrera física con 1,68 Bs, seguido por la barrera vegetal con 1,36 Bs y por último la de testigo 1,11 Bs, el mejor beneficio que mostró es el uso de plástico.
- La evaluación de ambas barreras que se utilizó en el campo (cultivo de papa), obtuvo resultados favorables, logrando de esta manera reducir el daño de las larvas de gorgojo de los andes como (*P. latithorax* y *P. solaniperda*) que ocasionan al dicho cultivo en la comunidad Paxiamaya.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones obtenidas del presente estudio a manera de sugerencia se hace las siguientes recomendaciones:

- se sugiere seguir trabajando con el control mecánico (barrera física y vegetal) en campo, para conocer otros datos adicionales de estos importantes controles.
- Se recomienda a los agricultores la implementación de la barrera física (cavado y tendido al entorno de cultivo de papa con Plástico), por que disminuye eficientemente el daño del gorgojo de los andes.
- Tratar de usar semilla sana y seleccionada del lugar y/o certificada para evitar la proliferación de las plagas en tubérculos semilla.
- Al ser una especie cosmopolita se sugiere que esta práctica realizada sea masificada y difundido en las comunidades para reducir a estos individuos.
- Se sugiere hacer trabajos de investigación más específica probando los diferentes métodos de control del gorgojo de los andes que están dentro del Manejo Ecológico de Plagas, porque el uso de plaguicidas a futuro nos trae un riesgo de vida.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Alcazar, J. 1997. Principales plagas de la papa: El gorgojo de los andes, Epitrix y Gusano de tierra, Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. pp. 89-95. (Fascículo 3,6).
- Alcazar, J. y F. Cisneros, 1998. Taxonomy and Bionomics of the Andean Potato Weevil Complex: *Premnotrypes* spp. And Related Genera. CIP, Program Report, Lima, Perú, pp. 130-146.
- Alcazar, J. y F. Cisneros, 1999. Taxonomy and bionimics of the Andean Potato Weevil Complex: *Premnotrypes* sp. And related Genera. Impacto a Changing World. Program Repor 1997/98. Lima, Perú, pp. 141-152.
- Alcazar, J. y J. Kroschel, 2008. Plastic barriers control andean potato weevils (*Premnotrypes* spp): large-scale testing of efficacy, economic and ecological evaluation and farmers` Perception International Potato Center (CIP), Revisit scientific, apartado, Lima, Perú, pp. 1- 6.
- Aguilar, O. 2006. Agricultura: Cultivos Andinos, Guía para el conocimiento de temas a avanzar de forma más sencilla y aconsejable, s.e. Universidad Pública del Alto. La Paz, Bolivia, pp. 18-53.
- Altieri, M. 1995. Agroecológica: Principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos y asegura la soberanía alimentaria. Universidad de California. Berkeley, pp.170-192.
- Andrew, R.; Caldero, R. y L. Crespo, 1999. Proyecto MIP-Gorgojo: Promoción e Investigación al Producto Andino. PROINPA. Cochabamba, Bolivia, pp. 2-9. (Ficha técnica N° 2 y 3).
- Arce, F. 1996. Cultivo de La patata. Ediciones Mundi-Prensa, Editorial Aedos, s.a. Madrid. Barcelona, México. 1-81 y 181-184 p.

- Avalos, G. 1996. Control integrado del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax*: Tesis de grado. Ing. Agr. Riobamba, Ecuador, pp. 1-19. Disponible en <https://books.google.com.bo/books?id=i5gzAQAAMAAJ>. Consultado 25 nov. 2015.
- Baldeon, P. 2012. Procesamiento de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) para la obtención de leche y yogurt como alimento alternativo de consumo humano: Tesis de grado. Lcdo. Gastr. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil. Ecuador, pp. 39-40.
- Barrera, C. 1997. Características generales de los virus y la importancia de las enfermedades que causan: Producción de tubérculos-semilla de manual de capacitación, Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú, pp. 59-66. (Fascículo 3.1).
- Brechelt, A. 2004. El manejo ecológico de plagas y enfermedades: Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina (RAP-AL). Fundación agricultura y medio ambiente (FAMA) de República Dominicana. Santiago de Chile, Chile, pp. 30-36.
- Calvache, H. 1991. Efectos de barreras vegetales y químicas en el control del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache): Revista Latinoamericana de la Papa, área de entomología. CENIPALMA. Bogotá, Colombia, pp. 3-14.
- Calderón, R. 2002. Desarrollo de componentes del Manejo Integrado de las polillas de la papa (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrichema tangolias*) en Bolivia y el bioinsecticida *Baculovirus* (*matapol*). Fundación, PROINPA. Proyecto Papa Andina. Cochabamba, Bolivia, pp. 21-38.
- Calderón, R.; Olivera, J. y L. Crespo, 2004. Guía del maestro: Segundo ciclo. Educación para el medio ambiente Appendix 13ª PROINPA y DFID Distrito educativo Tiraque. Cochabamba, Bolivia, pp.1-28.
- Calvache, H. e, Y. Porada, 1991. Efectos de barreras vegetales y químicas en el control del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache): Revista Latinoamericana de la papa, área de entomología. CENIPALMA. Bogotá, Colombia, pp. 1-14.

- Cañedo, V. Alfaro, A. J. Kroschel, 2011. Manejo integrado de las plagas de insectos en hortalizas; principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa. Apartado 1558, Lima, Perú, pp. 18-28.
- Carvajal, C. 1993. Biología y distribución geográfica, fluctuación poblacional y control del gorgojo de los andes (*Premnotrypes latithorax*) en la localidad de Aguirre: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSS. Facultad de agronomía. Cochabamba, Bolivia, pp. 5-12.
- Catalán, W. 2011. Guía técnica curso-taller: Manejo integrado de papa. Jornada de capacitación UNALM – Agrobanco. Universidad Nacional Agraria la Molina Huanquite, Paruro. Cuzco, Perú, pp. 1-47.
- Caycho, J.; Arias A.; R. Esprella, 2009. Tecnología sostenible y su uso en la producción de papa en la región alto-andina: Revista latinoamericana de papa, s.l. pp.1-18. Disponible en [www.papaslatinas.org/v15n1p20.pdf](http://www.papaslatinas.org/v15n1p20.pdf). Consultado el 25 oct. 2015
- CIP (Centro Internacional de la Papa), 2011. Informe anual: Proyecto. Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en la región andina de Bolivia, Ecuador y Perú, CIP, INIAP y PROINPA. Lima, Perú. 68 p.
- Cisneros, F. 1995. Control de plagas agrícolas. Segunda Edición. Lima, Perú, impreso en full Prints.r.l. 248- 257 - 313.
- Crespo, L. 2009. Ciclo biológico del gorgojo de los andes, *Premnotrypes* spp: PROINPA. Memoria, seminario y experiencias. MIP-Papa. La Paz, Bolivia, pp. 2-10.
- CYMMYT, (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo ME), 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ediciones completamente revisadas. México. 79 p.
- Díaz, E. 1990. Porcentaje de proteínas, aceites y alcaloides de seis líneas seleccionadas de tarwi: Tesis de grado. Ing. Agr. Universidad Nacional del Perú. Perú. 64 p.

- Egusquiza, R. 2011. Guía técnica: Curso –taller, Manejo integrado plaga de papa jornada de capacitación UNALM - Agrobanco. Huanoquite, Paruro. Cusco, Perú, pp. 3-36.
- Espinoza, Z.A. 2014. Obtención y evaluación de aceites esenciales de plantas para el control del gorgojo de los andes (*Premnotrypes latithorax*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*) en el centro de Quipaquipani, Viacha: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA. La Paz Bolivia, pp. 5-39
- Esprella, R; Blajos, J.; Calderón, R. y G. Thiele, 2002. Evaluación de la adopción e impacto del manejo integrado del gorgojo en el Altiplano Central: Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 22 p. (doc. 1).
- FAO, 2004. FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAO). Disponible en <http://faostat.fao.org>. Consultado, 29 Sep. 2015
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación, IT). 2008. Informe especial: Misión FAO/PMA de evaluación de cultivos y suministro de alimentos en Bolivia. 28 de mayo de 2008. Disponible <http://www.fao.org/qIEWS/>. Consultado 29 Sep. 2015.
- French E.; Gutarra L y P. Aley, 1997. Enfermedades bacterianas en la producción de tubérculos-semilla de papa: Manual de capacitación. (CIP) Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú, pp. 78-88. (Fascículo 3.4).
- Gandarillas A. y N. Ortuño, 2009. Compendio de enfermedades, insectos, nematodos y factores abióticos que afectan el cultivo de papa en Bolivia: Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia, pp. 3-182.
- Gallegos, P. 1989. Insectos plagas en el cultivo de la papa: en PRACIPA. Seminario Taller sobre aspectos Entomológicos sobre el cultivo de la papa. Julio 10-13, 1989. Bogotá, Colombia, pp. 31-33.
- Guerra, R. 2012. Acumulación de nitrógeno en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) y la asociación papa tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la comunidad de Patarani: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia, pp. 45 60.

- Gross, R. Y Tuesta, L. 1997. El cultivo y la utilización de los Lupinos: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, s.e. Perú, pp. 154-169.
- Guapi, A. 2012. Evaluación de la eficacia del bioformulado de *Beauveria bassiana*, y tipos de aplicación para el control del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes latithorax*), en dos localidades de la provincia de Chimborazo: Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de recursos naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. 147 p.
- Jacobsen E. y A. Mujica, 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet.*) y sus parientes silvestres: Botánica Económica de los Andes Centrales. Ediciones M. Moraes. UMSA, La Paz, Bolivia. 25 p.
- Kroschel J.; Gallegos P. y J. Franco, 2011. Informe final: Proyecto. Desarrollo de aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú. Financiado por: FONTAGRO Preparado CIP, INIAP y PROINPA. Lima, Perú. 68 p.
- Huanca, R. 2003. Efecto de las trampas de caída con insecto vivo, con atrayentes para el control del gorgojo de los andes en el cultivo de papa: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia, pp. 1,15, 35-72.
- Huamán, Z. 2009. Botánica sistemática y Morfología de la papa (*Solanum tuberosum*). Segunda Ed. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 22 p.
- Helmulh, R. 2000. Manual de entomología agrícola de Bolivia. Ediciones Abya Yala, Quito, Ecuador, pp. 37-42.
- Ibáñez, P. 2005. Informativo fitosanitario: Vigilancia fitosanitaria división de protección agrícola. Servicio Agrícola y Ganadero Chile. Gobierno de Chile, 3 p. (Nº 04-2005).
- INE (Instituto Nacional de Estadística) 2007. Atlas Estadístico de Municipios de Bolivia, pp. 454-455.

- Kimura, Y. 2007. Guía de Manejo Integrado de Plagas (MIP): Para técnicos y productores. JICA. Ecuador, versión 1. pp. 1-12
- Mamani, F.; Huaracacho, C. y S, Lutino, 2012. Manual de producción de semillas de papa: Cartilla. INIAF-LP, CIP y Fundación PROINPÀ. La Paz, Bolivia. 24 p.
- Mixto, R. 1999. Manejo integrado del gorgojo de los andes de la papa (*Premnotrypes* spp.) en la zona de Araca provincia Loayza: Tesis de grado. Ing. Agr. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz. Bolivia. 83 p.
- Morales, F. 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. Revista Latinoamericana de la Papa 14 (1): pp.1-9.
- Mujica, A.; Jacobsen, S.; Ortiz, R.; A. Canabua, 2001. Investigaciones de Tarwi (*Lupinus mutabilis*, Sweet). CARE, INIA. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 31 p.
- Naik, P.S. Karihaloo, J.L. 2007. Micro propagation for production of quality potato seed in asia-Pacific Consortium on Agricultural biotechnology. New Delhi, India. pp. 25-27.
- Navarro, D. 2010. Manejo integrado de plagas: Coordinador Nacional Unidad Pos cosecha, División de Inocuidad de Alimentos, Dirección General de Sanidad Vegetal y Animal Ministerio de Agricultura y Ganadería, University of KENTUCKY College of agricultura. El Salvador, Centro América. 20 p.
- Nicholls, C. 2008. Control biológico de insectos: Un enfoque agroecológico, Ciencias y Tecnología, Editorial Universidad de Antioquia. Primera Ed. Colombia, 294 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños Experimentales. Primera ed. La Paz, Bolivia. Pp. 1-105.
- Ortiz, W.H., s/f. Entomología general: Huanso, Instituto de Educación Superior Tecnológico Público s/l, pp. 36-45. Disponible en [www.isthuando.edu.pe/archivos/entomologia.pdf](http://www.isthuando.edu.pe/archivos/entomologia.pdf). Consultado el 25 oct. 2015.

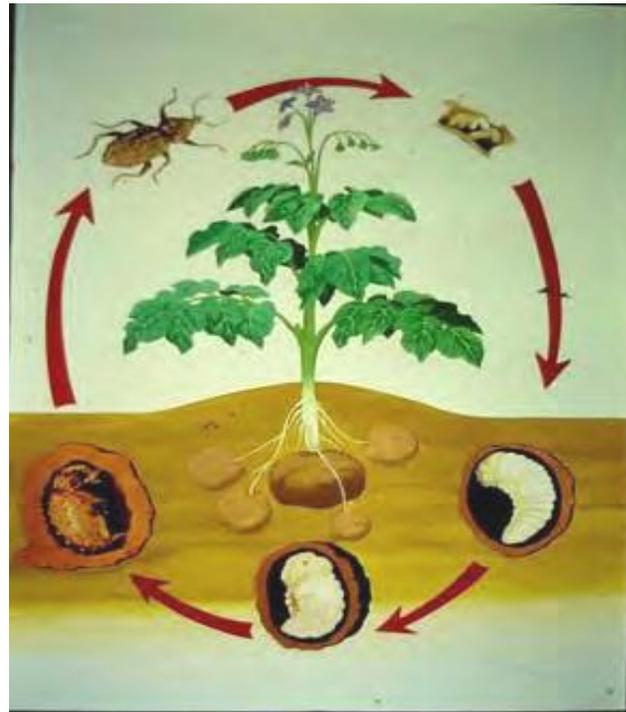
- Palacios, M. 2006. Manejo integrado de plagas: Guía para Pequeños Productores Agrarios, Programa de redes sostenibles para la seguridad alimentaria – REDESA de CARE, Primera Ed. USAID. Lima, Perú. 74 p.
- P.D.M. (Plan de Desarrollo Municipal), 2007. Gobierno Autónomo Municipal de Pucarani. La Paz, Bolivia, pp. 26-38.
- PEDECO (Plan de desarrollo comunitario), 2007. Los niños están en el corazón de todo lo que hacemos. Comunidad Paxiamaya, Cantón Patamanta. Dependiente del Gobierno Municipal de Pucarani. La Paz, Bolivia, pp. 3-5.
- PROINPA (Programa de Investigación de la Papa), 1993. Informe anual 1992-1993: Instituto Boliviano de tecnología Agropecuaria (IBTA). Centro Internacional de la Papa (CIP). Cooperación Técnica Suiza (COTESU). Cochabamba, Bolivia. 483 p.
- Pumasacho, M. y S. Sherwood, 2002. El cultivo de papa en el Ecuador. Primera Ed. INIAP – CIP. Quito, Ecuador, pp. 135-136.
- Quenallata, J. 2008. Evaluación de variedades agronómicas de cinco ecotipos de Tarwi en dos comunidades del municipio de Ancoraimas: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 76 p.
- Rafael, L. 2008. Conocimiento local de agricultores del municipio de Sica Sica del Departamento de La Paz sobre el manejo ecológico del cultivo de papa. Tesis de grado. Ing. Agr. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia. pp. 40-60.
- Ramos, J; Franco, J; Ortuño, N; Oros, R; G. Main, 1998. Incidencia y severidad de *Nacubbus aberrans* y *Globodera* spp. En el cultivo de la papa en Bolivia: perdida en el valor bruto de su producción. Documento de trabajo, PROINPA, s.l. 184 p.
- Rogg, H.W., 2000. Manual de entomología agrícola de Ecuador. Ediciones Abya-yala. Quito, Ecuador, pp. 140-141.
- Rojas, J. 2007. Evaluación de aciertes esenciales naturales e insecticida químico en el control del gorgojo de los andes (*Premnotrypes spp*) en el cultivo de papa

- (*Solanum tuberosum ssp. andigena*). Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia, pp. 42-60
- Rodríguez, A. 2009. Evaluación “en vitro” de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias, tesis de grado Bioquímico Farmacéutico Riobamba Ecuador, pp. 25 -27
- Ruiz-Diaz, T. 2006. Apuntes de cátedra de terapéutica vegetal, Facultad de agronomía UMSA, La Paz, Bolivia, pp. 1-5.
- Sánchez, P. y L. espinosa, 2008. Manejo integrado de plagas en la microrregión Calarurubamba: Estrategia y actividad de difusión y desarrollo institucional. Auspiciado por: SUSTALNET (Sustainable Agriculture Information Network). Asociación Ararina, Primera Ed. Andrea Ediciones SAC. Lima, Perú. 106 p.
- SENASAG (Servicio Nacional de Sanidad Vegetal y Animal), 2009. Proyecto alianzas rurales. Plan de manejo de plagas. La Paz, Bolivia, pp. 1-2.
- SIBTA, (Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuario) 2006. Manejo integrado de plagas: Proyecto acceso a mercados y alivio a la pobreza. MAPA-USAID/Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 25 p.
- Suquilanda, M, s/f. Producción orgánica de cultivos andinos: Manual técnico. Auspiciado por: FAO, UNOCANC (Unión de Organizaciones Campesinas del Norte de Cotopani) y Ministerio de Agricultura y ganadería, acuicultura y Pesca. Quito, Ecuador, 2-18, pp.
- Tapia, M. E. y A.M., Frías. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Auspiciado por: FAO y ANPE (Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú). Lima, Perú, pp. 1-170.
- Tech, V. 2009. Desarrollo de capacidades para la adaptación al cambio climático y de mercado en comunidades del altiplano: Taller de capacitación en el manejo del gorgojo de los andes. Universidad Nacional Agraria la Molina Perú. 22 p.

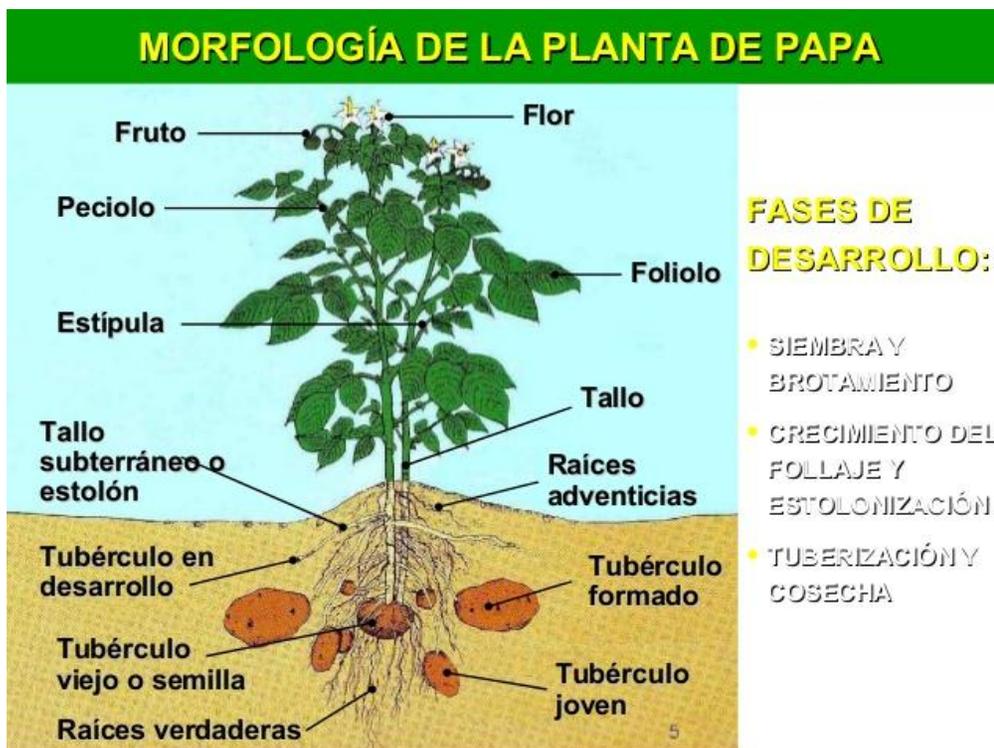
- Tola, S. 2009. Implementación de prácticas de manejo integrado del gorgojo de los andes en el cultivo de la papa en la comunidad de Chinchaya del Municipio de Ancoraimes: Tesis de grado. Ing. Agr. UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 102 p.
- Torres, H. 1997. Principales enfermedades fungosas de la papa relacionadas con la producción de tubérculos-semilla de papa: Manual de capacitación, (CIP). Lima, Perú, pp.67-77. (Fascículo 3.3).
- Valencia, L. 1988. Manejo integrado de las polillas (Lipidopteras: Gelcchiidae) de la papa. ICA-CIP. Bogotá, Colombia. pp. 65-69.
- Vargas, M. 2005. Introducción a la Entomología General y agrícola: Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito. Editorial universitaria. Santa Cruz, Bolivia, pp. 2-31.
- Villacres, E; Caicero, C; Peralta, E. 1998. Disfrute Cocinado con chocho: Recetario. PRONALEG. Quito, Ecuador. 48 p.
- Yábar, E. 1994. Manejo ecológico del gorgojo de los andes: Integración de prácticas culturales para el control del gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) revista Latinoamericana de la Papa. Estación Experimental Agraria. Andenes-Cusco, Perú. 1, 120-130 p.
- Yábar-Landa E.; García, H.; Saavedra J. y H. Ríos, 2011. Curculionidos (coleóptera: curculionidae): Asociados al tubérculo de la papa bajo condiciones de almacenamiento tradicional en Cuzco. Universidad Nacional de San Antonio Abad. Laboratorio de Entomología. Ministerio de agricultura. Servicio de Sanidad Agraria – SENRSA. Cuzco, Perú pp. 42-46.
- Zeballos, H.; Balderrama, F.; Condori, B. y J. Blajos. 2009. Economía de la papa en Bolivia (1998 – 2007). Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 129 p.
- Zener de Polania, L. 1986. Guía de manejo de plagas en el cultivo de papa. Instituto colombiano agropecuario. Bogotá, Colombia, 36 p.

***ANEXOS***

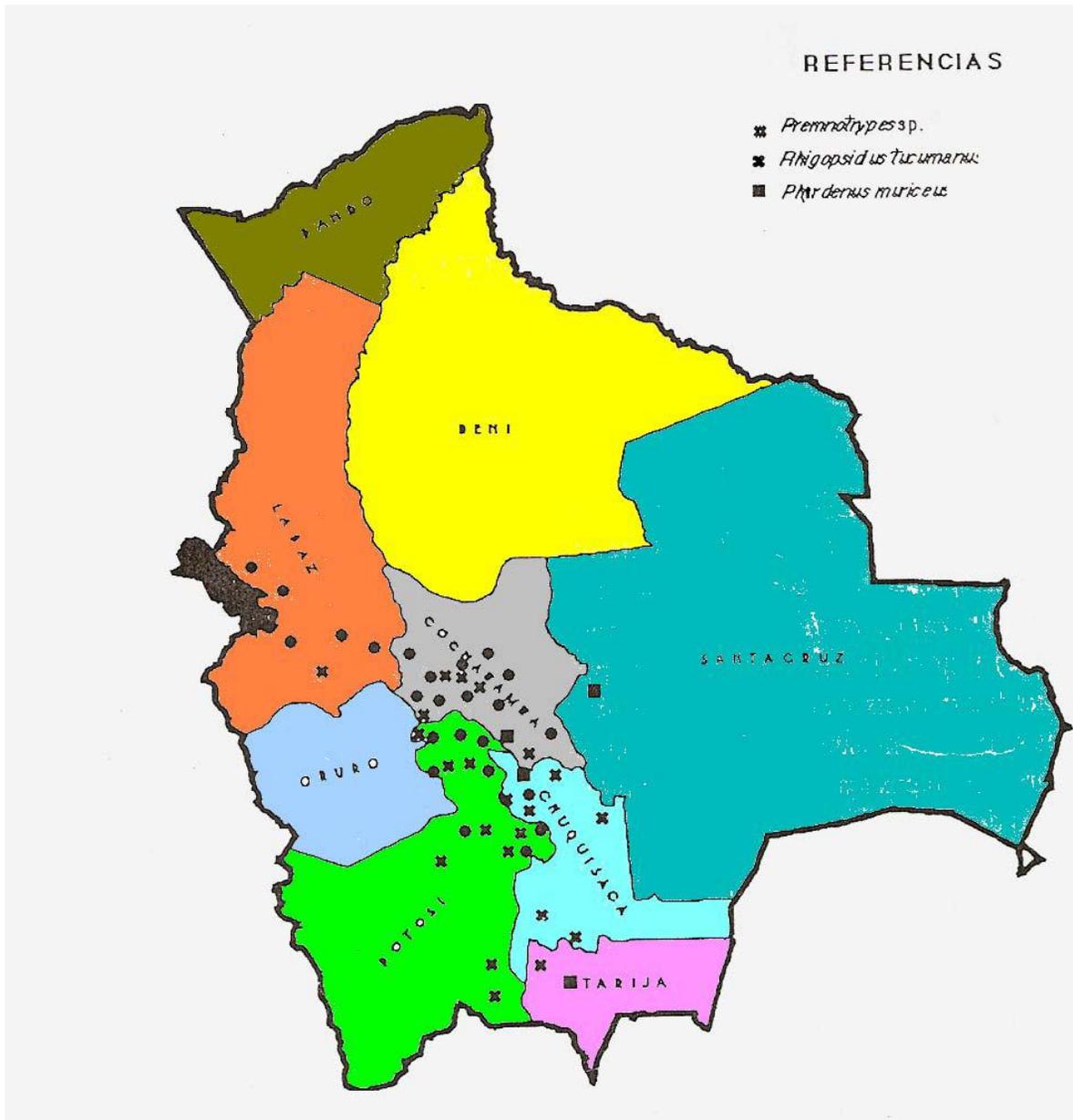
## Anexo 1. Ciclo biológico del gorgojo



## Anexo 2. Partes de una planta de papa



### Anexo 3. Distribución geográfica del complejo (gorgojo de los andes)



PROINPA, 1994

**Anexo 4. Existencia de diferentes especies de gorgojo de los andes en el departamento de La Paz.**

				Géneros		
Provincia	Cantón	Localidad	<i>Rhigopsidius tucumanus</i>	<i>Premnotrypes spp.</i>	<i>listroderis sp. ++</i>	<i>Scoteovorus sp. ++</i>
Murillo	Achocalla	Achocalla	*	*		
Omasuyos	Achacachi	Achacachi		*		
		Warisata		*		
		Tari		*		
		Belen	*	*	*	*
	Huarina	Huarina		*		
	S. de Huata	S.de Huata		*		
Pacajes	Caquiaviri	Calla Centro	*	*		*
	Comanche	Comanche		*		
Camacho	Pto. Acosta	Pto. Acosta		*		
	Carabuco	Carabuco		*		
	Italaque	Cariquina		*		
Larecaja	Tacacoma	Millinbaya		*		
Ingavi	Viacha	Irpa Chico		*		
		Choquenaira	*	*		
	Tihuanacu	Achuta Grande		*		
Los Andes	Pucarani	Cota Cota	*	*		
		Ancocagua		*		
	Patamanta	V. Vilaqui		*		
	Laja	Laja		*		
	Tambillo	Tambillo		*		*
Aroma	Ayo Ayo	Villa Loza		*		
	M.I. Belzu	Tambo		*		
	Lahua Chaca	Huaraco	*	*		

++ No ocasiona daños al tubérculo

Fuente: Carvajal, 1996, Citado por Esprella, *et al.*, 2002.



**Anexo 6. Replanteo del terreno, quema controlada y arada del suelo con el tractor**



**Anexo 7. Preparacion del estiercol vacuno y siembra de tres surcos de tarwi**



**Anexo 8. Sellado de borde en la barrera fisica y implementacion acabada**

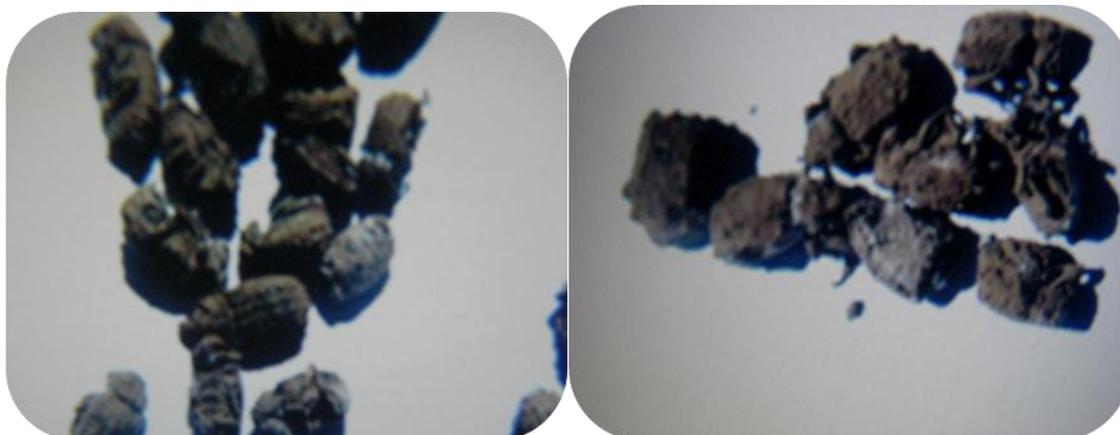


**Anexo 9. Emergencia y desarrollo de cultivo de papa mes de diciembre de 2014****Anexo 10. Epoca de floracion en las barrera fisica y vegetal en mes de enero de 2015****Anexo 11. Barrera vegetal en los meses de enero y marzo de 2015**

## Anexo 12. Epoca de maduración y epoca de cosecha en mes de marzo y abril



## Anexo 13. Presencia de *Premnotrypes latithorax* y *P. solaniperda* en el ensayo



## Anexo 14. Presencia en la trampa de caída arañas, Lagartijas y Cuytu-cuytus (*Epitrix* spp.)



### Anexo 15. Presencia en la trampa de caída el animales silvestres (sapos y ratones)



### Anexo 16. Muestreo de papa y presencia de larvas en diferentes tratamientos



### Anexo 17. Especificaciones de campo experimental

Descripción	Unidad
Forma de parcela	Rectangular
Área total	1458 m <sup>2</sup>
Área neta del ensayo	540 m <sup>2</sup>
Área por tratamiento	45 m <sup>2</sup>
Ancho del surco	0.75 m.
Largo del surco	8.95 m.
Número por tratamiento	3
Número de repeticiones	4 Unidades
Número total de plantas por ensayo	175 Plantas
Número de plantas a evaluar por ensayo	15 Plantas
Número de plantas a evaluar total	180 Plantas
Elaborado propia	

**Anexo 18. Cantidad de la población del gorgojo de los andes en la campaña agrícola 2014-2015.**

Fechas	<i>P. latithorax</i>		<i>P. solani-perda</i>		Temperatura		Precipitación	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Mínima	Máxima		
18/10/2014						1,2	15,6	4,5
25/10/2014	0	0	0	0	0	3,9	14,6	6,6
01/11/2014	0	0	0	0	0	2,6	16,1	3,1
08/11/2014	0	0	0	0	0	2,6	18,9	0,8
15/11/2014	0	0	0	0	0	2,6	16,8	0,5
22/11/2014	0	3	1	1		2,2	15,6	0,7
29/11/2014	1	3	2	0		3,2	16,9	1,4
06/12/2014	3	4	0	1		5,4	17,5	0,9
14/12/2014	5	6	1	1		3,9	16,7	4,2
21/12/2014	9	7	2	0		5,7	15,9	4,7
28/12/2014	19	17	6	2		6,4	14,8	6,4
04/01/2015	21	11	1	4		6,7	15,5	13,9
11/01/2015	13	14	6	2		6,7	14,5	5,7
18/01/2015	18	8	3	3		4,7	13	7,4
25/01/2015	9	5	5	5		5,4	14,7	2,5
02/02/2015	6	4	1	2		6,3	14,7	4
08/02/2015	5	2	1	3		6,2	15,7	4,2
15/02/2015	4	2	2	6		7	14,6	9,6
22/02/2015	3	1	5	4		4,9	15,6	1,2
01/03/2015	3	2	2	3		4,8	15	0,9
08/03/2015	2	1	2	1		6,9	14,8	4,4
15/03/2015	2	2	0	2		6	16,4	2,5
22/03/2015	1	1	1	0		5,5	15,4	2,3
06/04/2015	0	0	0	0		4,7	15,5	2,4

Fuente: Elaboración propia

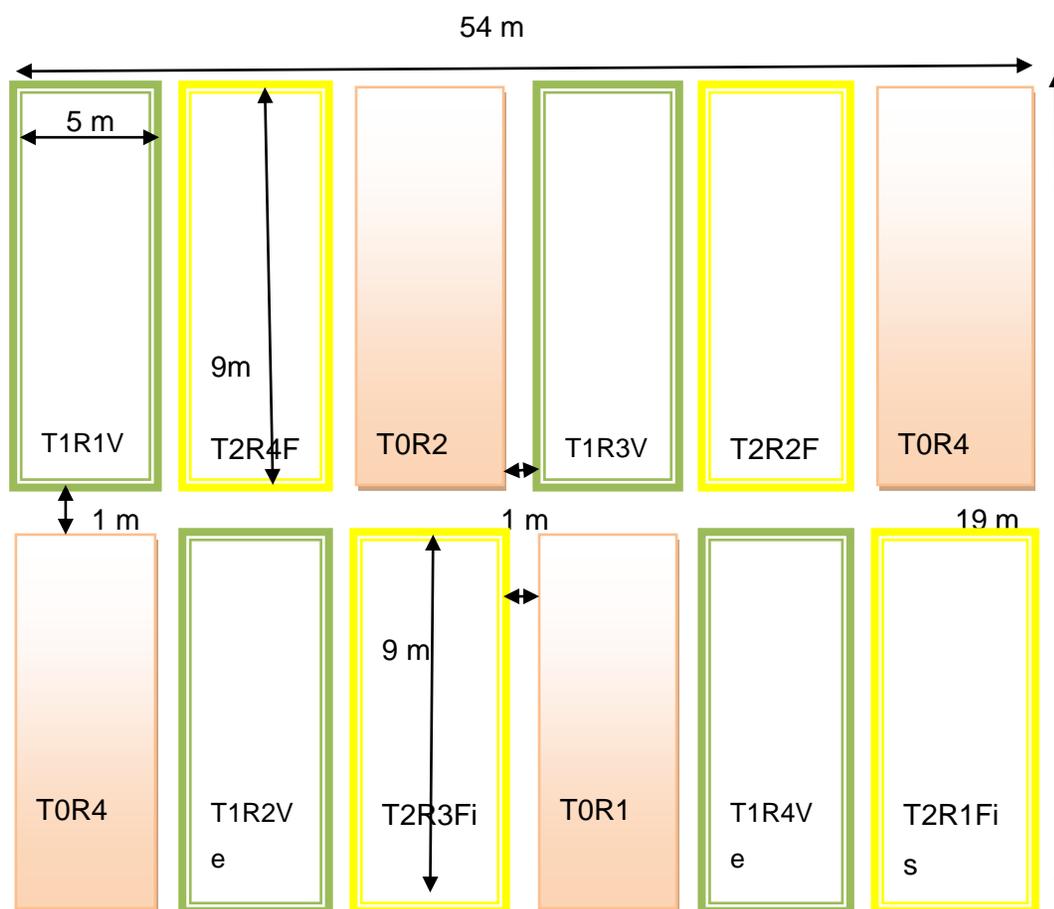
### Anexos 19. Croquis del experimento.

Parcelas con barreras física (Plástico) y barrera vegetal (Tarwi), Parcela testigo absoluto con repeticiones cuatro y tres tratamiento en total 12 unidades experimentales.

Donde: Tratamientos  $t = 3$       T0 = Testigo absoluto, T1 = Tarwi, T2 = Plástico

Repeticiones    4      R1, R2, R3, R4

Bloques        4      I, II, III y IV



Donde: TOR1, 2.....4 = Testigo absoluto

T1R1, 2.....4 = Barrera vegetal

T2R1, 2.....4 = Barrera física

**Anexo 20. Comparaciones de producción en el cultivo de papa**

<b>A</b>	<b>Rubros</b>	<b>Tratamientos</b>		
		Testigo	Vegetal	Física
	<b>Costos directos</b>			
1	Preparación del suelo			
	Arada	600	600	600
	Rastrada	500	500	500
	Surcada	320	320	320
	Sub total	1420	1420	1420
2	Mano de obra			
	Limpieza de campo	100	100	100
	Aplicación abono y papa (obrero)	300	300	300
	Siembra	400	400	400
	Impl. De las barreras		400	400
	Aporque	500	500	500
	Cosecha (obrero)	2400	2400	2400
	Post cosecha (obrero)	250	150	250
	Manipuleo de papa	1400	1400	1200
	Sub total	5350	5750	5550
3	Insumos			
	Semilla	3400	3400	3400
	Abono orgánico	1000	1000	1000
	Insecticida			
	Impl. Barrera física			1200
	Impl. Barrera vegetal		100	
	Sacos	552	577,5	559,5
	Sub total	4952	5077,5	6159,5
<b>B</b>	<b>Costos indirectos</b>			
	Gasto de transporte			
	Envío de semilla y abono	200	200	200
	Retorno de papa cosecha	200	200	200
	Alquiler del terreno	1000	1000	1000
	Sub total	1400	1400	1400
	<b>TOTAL</b>	<b>13122</b>	<b>13647,5</b>	<b>14529,5</b>

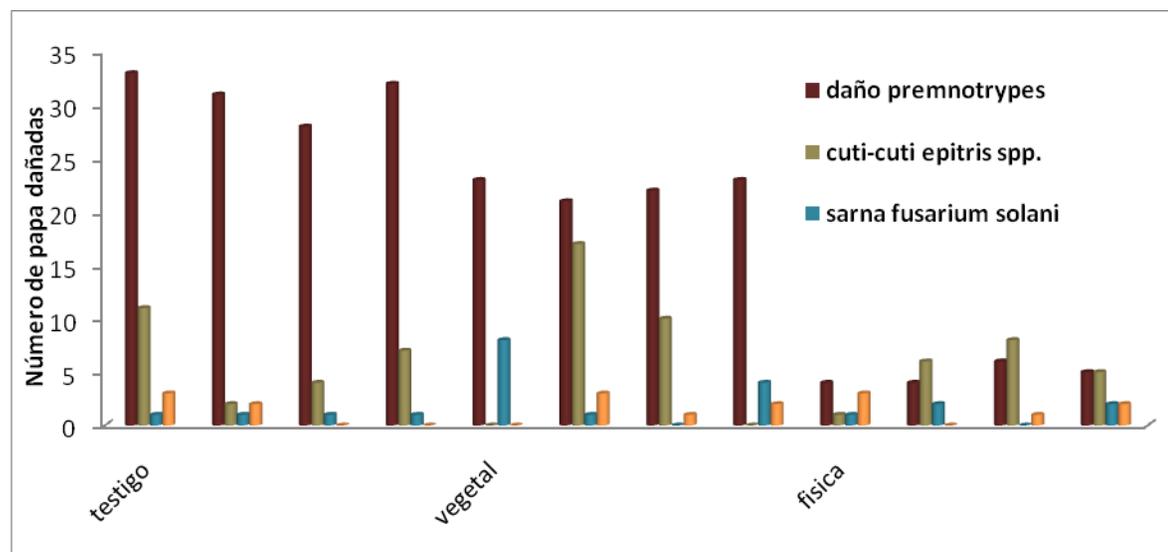
Fuente: Elaboración propia

### Anexo 21. Comparaciones de plagas y enfermedades existentes en el area del experimento

Nº	Tratamientos	Plagas		Enfermedades		
		Daños	<i>Premnotrypes</i>	Cuti-cuti <i>Epitris spp.</i>	Sarna <i>Fusarium solani</i>	Pudrición <i>Streptomyces scabies</i>
1	<b>Testigo</b>		33	11	1	3
2			31	2	1	2
3			28	4	1	0
4			32	7	1	0
5	<b>Vegetal</b>		23	0	8	0
6			21	17	1	3
7			22	10	0	1
8			23	0	4	2
9	<b>Física</b>		4	1	1	3
10			4	6	2	0
11			6	8	0	1
12			5	5	2	2

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 22. Otras especies existentes en el área del experimento



**Anexo 23. Certificación de Colección Boliviana de Fauna (CBF)***Dynastes satanas Moser*

**COLECCIÓN BOLIVIANA DE FAUNA CONVENIO:  
INSTITUTO DE ECOLOGÍA – MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL**

---

**CERTIFICADO**

El suscrito Coordinador de la Sección de Invertebrados de la Colección Boliviana de Fauna (CBF), convenio entre el Museo Nacional de Historia Natural y el Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés.

**CERTIFICA QUE:**

El señor Lic. Miguel Limachi, investigador asociado de la Sección de Invertebrados de la CBF con cédula de identidad No. 4809587 LP., ha trabajado en la identificación especímenes pertenecientes a la tesis del universitario Mario Quispe Castaño, con C.I. 6034730 LP., de la carrera de Agronomía de la Universidad Pública de el Alto, titulada: "Evaluación del control del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.), con barrera física y vegetal en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la comunidad de Paxiamaya de la Provincia Los Andes"

Los datos de identificación se presentan en la hoja adjunta.

En cuanto certifico para fines consiguientes.

---

**JAIME SARMIENTO**

Coordinador de la Sección de Invertebrados

Colección Boliviana de Fauna



COLECCIÓN BOLIVIANA DE FAUNA CONVENIO:  
INSTITUTO DE ECOLOGÍA – MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL

**Tabla 1.** Datos taxonómicos de los especímenes identificados

<b>Taxa</b>	<b>Morfotipo 1</b>	<b>Morfotipo 2</b>	<b>Morfotipo 3</b>
Orden	Coleoptera	Coleoptera	Coleoptera
Familia	Curculionidae	Curculionidae	Curculionidae
Género	<i>Premnotrypes</i>	<i>Premnotrypes</i>	<i>Premnotrypes</i>
Especie	<i>P. latithorax</i> Pierce, 1914	<i>P. latithorax</i> Pierce, 1914	<i>P. solaniperda</i> Kuschel 1955
Sexo	hembra	macho	hembra