

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CICLO DE VIDA DE LA POLILLA DE LA PAPA (*Phthorimaea operculella* Zeller) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN EL MUNICIPIO DE PATACAMAYA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ”

Rina Beatriz Paredes Torrez

La Paz, Bolivia

2013

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CICLO DE VIDA DE LA POLILLA DE LA PAPA (*Phthorimaea operculella Zeller*) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN EL MUNICIPIO DE PATACAMAYA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ”

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

Rina Beatriz Paredes Torrez

Asesores:

Ing. Miguel Angel Gonzales Aldana _____

Ing. Teresa Ruiz-Díaz Luna- Pizarro _____

Comité Revisor:

Ing. Celia Fernández _____

Dr. David Cruz Choque _____

Dr. Alejandro Bonifacio _____

APROBADA

Decano:

Ing. Hugo Daniel Bosque Sanchez _____

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi niña hermosa, Maya, por convertirse en el norte de mi vida, porque desde que nació pintó mi vida de colores y por llenarme de amor, ánimo y fuerzas. Gracias mi hijita bella.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

Por este trabajo que representa el fin-comienzo de una nueva etapa de mi vida, quiero expresar mi gratitud a todos quienes, de una u otra manera, me han acompañado en esta larga jornada.

A mi familia

Ricardo y Albina (padres), Geraldine y Alison (hermanas); gracias por apoyarme en todos los momentos de mi vida y ayudarme a levantarme después de cada caída, eternamente gracias.

A la Fundación PROINPA

Que mediante la otorgación de la beca me dio la oportunidad de realizar mi tesis en sus instalaciones.

A mis asesores

Debo agradecer de manera especial y sincera a mis asesores Ing. Miguel Angel Gonzales e Ing. Teresa Ruiz-Diaz quienes me entregaron a través de su conocimiento y dedicación las herramientas para la culminación de esta tesis, ha sido un aporte invaluable.

A mis revisores

Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad, paciencia y conocimiento que sin duda alguna ha enriquecido el trabajo realizado.

A mi universidad

Por ser mí casa durante este tiempo y darme todas las facilidades para crecer.

A mis amigas.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y somos confidentes en la vida: Vania Alarcón y Liset Vaca, gracias amigas.

ÍNDICE

	Págs.
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Introducción.....	7
1.2. Objetivos.....	9
1.2.1. Objetivo General.....	9
1.2.2. Objetivos Específicos.....	9
1.3. Hipótesis.....	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Cultivo de la Papa.....	11
2.1.1 Cultivo de la papa a nivel mundial.....	11
2.1.2. Cultivo de la papa en Bolivia.....	11
2.1.3. Cultivo de la papa a nivel local: Provincia Aroma: Patacamaya.....	12
2.2. Introducción al estudio de la polilla de la papa <i>Phthorimaea operculella</i>	13
2.2.1 Taxonomía de la polilla de la papa <i>Phthorimaea operculella</i>	13
2.2.2. Introducción a la Morfología de <i>Phthorimaea operculella</i>	13
2.2.3 Biología y comportamiento de <i>Phthorimaea operculella</i>	14
2.3. Fluctuación poblacional de <i>Phthorimaea operculella</i>	18

2.4. Factores que influyen en el desarrollo de los insectos	19
2.4.1. Factores Bióticos y abióticos.....	19
2.5. Importancia Económica.....	21
3. LOCALIZACIÓN.....	22
3.1. Ubicación geográfica.....	22
3.2. Características climáticas.....	22
3.3. Características de la vegetación.....	23
3.4. Sistema de Producción.....	23
4. MATERIALES Y METODOS.....	23
4.1. Materiales.....	23
4.1.1. Materiales de Laboratorio.....	23
4.1.2. Materiales de Campo.....	24
4.1.3. Materiales de Gabinete.....	24
4.1.4. Material Biológico.....	25
4.2. Métodos.....	25
4.2.1 Metodología en Laboratorio.....	25
4.2.1.1. Recolección material de estudio.....	25
4.2.2. Procedimiento Experimental.....	25

4.2.2.1. Establecimiento de cámaras de cría.....	26
4.2.2.2. Determinación de la duración del desarrollo.	26
4.3. Procedimiento Estadístico.....	27
4.3.1. Tratamiento	27
4.3.1.1. Variables de respuesta.....	28
4.3.2. Diseño Experimental.....	29
4.3.3. Análisis Estadístico.....	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
5.1. Duración del desarrollo.....	30
5.2. Mortalidad.....	46
5.3. Longevidad	55
5.4. Proporción entre Machos y Hembras.....	60
5.5. Temperaturas relacionadas a las Fases de Desarrollo.....	50
6.CONCLUSIONES.....	74
7. RECOMENDACIONES.....	76
8. BIBLIOGRAFÍA.....	77

INDICE DE CUADROS

	Págs.
Cuadro N° 1: Análisis de Varianza de la fase de HUEVO de <i>P. operculella</i>	31
Cuadro N° 2: Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%	31
Cuadro N° 3: Análisis de Varianza de la fase de LARVA de <i>P. operculella</i>	33
Cuadro N° 4: Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%.....	34
Cuadro N° 5: Análisis de Varianza de la fase de PREPUPA de <i>P. operculella</i>	35
Cuadro N° 6: Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%.....	36
Cuadro N° 7: Análisis de Varianza de la fase de PUPA de <i>P. operculella</i>	38
Cuadro N° 8: Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%.....	38
Cuadro N° 9: Análisis de Varianza de la fase de ADULTO de <i>P. operculella</i>	40
Cuadro N° 10 Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%.....	41
Cuadro N° 11: Promedio de duración (días) de las fases de desarrollo de <i>Phthorimaea operculella</i>	41
Cuadro N° 12: Análisis de Varianza del CICLO TOTAL de <i>P. operculella</i> ..	53

Cuadro N° 13: Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%.....	54
Cuadro N° 14: Longevidad según ciclo total y sexo: Cámara 2.....	55
Cuadro N° 15: Longevidad según ciclo total y sexo: Cámara 3.....	56
Cuadro N° 16: Longevidad según ciclo total y sexo: Cámara 4.....	57
Cuadro N° 17: Longevidad según ciclo total y sexo: Cámara 5.....	57
Cuadro N° 18: Número Hipotético de Generaciones.....	58
Cuadro N° 19: Proporción Machos : Hembras	61
Cuadro N° 20: Promedios de los meses de estudio : Cámara 1 :temperatura al ambiente.....	72

INDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura N° 1: Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión y Ajuste para la fase de HUEVO.....	32
Figura N° 2: Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión y Ajuste para la fase de LARVA	34
Figura N° 3: Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión y Ajuste para la fase de PREPUPA.....	37
Figura N° 4: Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión y Ajuste para la fase de PUPA.....	39
Figura N° 5: Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión y Ajuste para la fase de ADULTO.....	42
Figura N° 6: Mortalidad en la fase de HUEVO	47
Figura N° 7: Mortalidad en fases de LARVA.....	48
Figura N° 8: Mortalidad en fases de PREPUPA	49
Figura N° 9: Mortalidad en fases de PUPA	50
Figura N° 10: Mortalidad en fases de ADULTO	51
Figura N° 11: Mortalidad en las distintas fases de desarrollo y a distintas temperaturas.....	52
Figura N° 12: Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión y Ajuste para el CICLO TOTAL.....	54
Figura N° 13: Cantidad de Individuos según Sexo	60
Figura N° 14: Temperaturas mes de Marzo Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	62

Figura N° 15: Temperaturas mes de Abril Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	63
Figura N° 16: Temperaturas mes de Mayo Cámara 1: Temperatura ambiente.....	64
Figura N° 17: Temperaturas mes de Junio Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	65
Figura N° 18: Temperaturas mes de Julio Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	66
Figura N° 19: Temperaturas mes de Agosto Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	67
Figura N° 20: Temperaturas mes de Septiembre Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	68
Figura N° 21: Temperaturas mes de Octubre Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	69
Figura N° 22: Temperaturas mes de Noviembre Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	70
Figura N° 23: Temperaturas mes de Diciembre Cámara 1: Temperatura al ambiente.....	71

RESUMEN

La polilla *Phthorimaea operculella* Zeller se encuentra ampliamente distribuida en el mundo infestando especialmente a la papa, presentándose también a la berenjena, tomate, tabaco, pepino, etc.

Phthorimaea operculella Zeller es conocida como una plaga que causa problemas serios en la producción de papa a diferentes altitudes; y ha sido considerada como la segunda plaga más dañina después del gorgojo en el Altiplano, el daño económico es causado por la larva de la polilla, penetrando el tubérculo para alimentarse, y haciendo galerías primeramente superficiales para luego barrenar más profundamente, disminuyendo de esta manera su calidad. El ataque puede ser tanto en campo como en almacén.

Al ser un organismo poiquilotermo, los cambios de temperatura afectan su ciclo de vida, y por consiguiente afectan la población de polillas que llegan a infestar los cultivos, por esta razón el presente trabajo de tesis evaluó los efectos de la temperatura en el ciclo de vida de *Phthorimaea operculella* Zeller, en cámaras de cría calibradas a 10, 15, 20 y 25 °C, las cuales fueron confeccionadas para este efecto.

Los resultados de la información se realizaron análisis de varianzas y pruebas de significancia. Se observó, como resultado, una disminución significativa del tiempo de desarrollo en cada una de las fases, en la medida que se incrementa la temperatura. De acuerdo a ello, la polilla es capaz de producir aproximadamente 2 generaciones por año a temperatura de 10 °C y 8 generaciones a 25 °C.

Palabras Clave: *Phthorimaea operculella* Zeller, temperatura, ciclo de vida.

SUMMARY

Phthorimaea operculella Zeller moth is widely distributed in the world especially infesting potatoes, also appearing eggplant, tomato, snuff, cucumber, etc..

Phthorimaea operculella Zeller is known as a pest that causes serious problems in potato production at different altitudes, and has been regarded as the second most damaging pest weevil after the Altiplano, the economic damage is caused by larvae of the moth, penetrating the tuber for food, and making galleries first surface and then drilling deeper, thus decreasing their quality. The attack may be in the field and in storage.

Being a poikilothermic organism, changes in temperature affect their life cycle, and therefore affect the population of moths infest crops reach, therefore this thesis evaluated the effects of temperature on the life cycle of *Phthorimaea operculella* Zeller, calibrated in rearing chambers at 10, 15, 20 and 25 ° C, which were made up for this purpose.

The results of the data analysis of variance was performed and significance tests. It was observed as a result, a significant reduction in development time each of the phases, as the temperature is increased. Accordingly, the moth is capable of producing approximately 2 generations per year at temperatures of 10 ° C and 8 generations at 25 ° C.

Keywords: *Phthorimaea operculella* Zeller, temperature, life cycle.

I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En el Altiplano Central, uno de los cultivos que constituye la base de la alimentación del hombre andino es el cultivo de papa, alimento que tiene su cuna de nacimiento precisamente en estas regiones. Este tubérculo viene siendo atacado por innumerables factores que han mermado los rendimientos y disminuido su calidad.

Hanagarth (1987), indica que las plagas en el altiplano central, son alrededor de 20 especies diferentes y pueden causar daños en las cosechas. Este daño afectaría entre el 40% y el 80% de pérdida en la producción.

Los factores que influyen directamente en la calidad de la papa, son los ataques de plagas como ser: la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller) y el gusano blanco *Premnotrypes spp.*, entre los más importantes responsables de pérdidas en la cosecha de papa de la región altiplánica del departamento de La Paz, que además de causar daños tanto en el campo de cultivo (raíz, tallo, hojas y tubérculo) lo hacen también en los almacenes, con repercusión económica negativa para los agricultores; la polilla de la papa es un geléchido de origen americano que se encuentra extendido por todo el mundo. Ataca a todo tipo de solanáceas como tabaco, berenjena, tomate, pimiento y especialmente a papa (Barroso, 1974).

Al realizar una investigación bibliográfica relacionada la polilla de la papa, se ha encontrado información que manifiesta la incidencia del factor climático en el desarrollo de esta plaga. Los trastornos causados por cambios en el régimen climático traen consigo variaciones en el comportamiento de las plagas y enfermedades, que incluyen cambios en los mecanismos de dispersión de microorganismos, insectos y semillas.

De todos los factores ambientales, indica Casados (1984), el que ejerce un efecto mayor sobre el desarrollo de los insectos es, la **temperatura**. Ello es debido, principalmente, a su importante injerencia sobre los procesos bioquímicos, por ser organismos poiquilotermos, es decir, "de sangre fría"; por tanto, no es de extrañar que la idea de utilizar la temperatura y su influencia sobre el tiempo de desarrollo como instrumento de predicción, haya sido ampliamente utilizada.

Los antecedentes con relación al tema de investigación, son estudios realizados en Latinoamérica y el Caribe en cuanto al comportamiento de esta plaga en las especies *Scrobipalopsis solanivora*, *Tecia solanivora* (polilla guatemalteca), *Symmetrischema tangolias*, *Gnorimoschema Operculella*, *Scrobipalpus absoluta*, etc., debido a que es considerada una limitante del cultivo de la papa y de otras solanáceas en países de América Central (Murillo, 1981).

Arenas *et al.*, (1998), indica que las polillas de la papa, por los daños que ocasionan a los tubérculos en post cosecha y almacenamiento se encuentra entre los insectos de mayor importancia económica dentro del cultivo de la papa. En Bolivia, es el caso particular de la polilla *Phthorimaea operculella* que va cobrando mayor importancia en los últimos años debido a su rápida dispersión en algunas zonas paperas del país, por los graves daños que causa en almacén con altas incidencias y por mostrar mayor adaptabilidad en comparación con la polilla *Symmetrischema tangolias*.

Cervantes (2000), indica que en nuestro país se presentan bajos rendimientos debido a factores tales como la baja fertilidad de los suelos, condiciones ambientales desfavorables, uso de semilla inadecuada, y el ataque de plagas y enfermedades los cuales ocasionan daños al cultivo de la papa en el campo y durante el periodo de almacenamiento. PROINPA (2004), afirma que las pérdidas de infestación de la polilla *Phthorimaea operculella* alcanzan valores promedio de 50%, valor que representa importantes pérdidas económicas.

Como se puede concluir, la temperatura es una variable de importancia, es así que en este trabajo de tesis, debido a que es uno de los factores climáticos que varía de acuerdo al estrato altitudinal donde se siembra la papa, se determinará su influencia sobre el ciclo de vida de *Phthorimaea operculella* Zeller puede ser beneficiosa o perjudicial.

La investigación pretende contribuir a un mejor conocimiento de aspectos biológicos de la polilla tales como: ciclo de vida, longevidad, mortalidad, los cuales son una herramienta útil en la realización de estudios ecológicos, como por ejemplo, la construcción de tablas de vida, determinación de los factores de mortalidad, en el muestreo de poblaciones y en la determinación de medidas más eficientes de control y prevención de este insecto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la temperatura en el ciclo de vida de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller) bajo condiciones controladas, en el Municipio de Patacamaya del departamento de La Paz.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el desarrollo (días) de las diferentes fases del ciclo de vida de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller con cuatro niveles de temperatura constante.

- Determinar la mortalidad en cada una de las fases del ciclo de vida de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller con cuatro niveles de temperatura constante.
- Conocer la longevidad (días) de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller en condiciones controladas de temperatura.
- Conocer la diferencia en longevidad (días) entre machos y hembras de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller en condiciones controladas de temperatura.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivo de la Papa

La papa o patata actualmente se cultiva en más de 100 países, ya forma parte importante del sistema alimentario mundial. Este tubérculo produce más comida en menos tierras que el maíz, el trigo o el arroz.¹

2.1.1. Cultivo de la Papa a nivel mundial

La papa es el producto no cerealero número 1 y la producción alcanzó la cifra sin precedentes de 320 millones de toneladas en 2007. El consumo de papa se extiende vigorosamente en el mundo en desarrollo, que hoy produce más de la mitad de la cosecha mundial, y donde la facilidad de cultivo y el gran contenido de energía de la papa la han convertido en valioso producto comercial para millones de agricultores, es por eso que se llevan haciendo investigaciones en el manejo de enfermedades y plagas para controles más eficientes y oportunos (PROINPA, 2004).

Si bien la papa se originó en América del Sur, esta región es la que menos produce papa en el mundo: menos de 16 millones de toneladas en 2007 (PROINPA, 2009). Para la mayoría de los pequeños campesinos de la región andina la papa sigue siendo un cultivo tradicional, ligado al consumo familiar más que a la producción industrial y donde se utilizan variedades desconocidas en el resto del mundo.

2.1.2. Cultivo de la Papa en Bolivia

La producción tradicional de papa en Bolivia, refleja casi completamente el desarrollo de su economía agrícola, éste se cultiva en 7 de los 9 departamentos del país ocupando el

¹ <http://www.fdta-altiplano.org/Estudio%20cadena%20papa.html>

6.5% de la superficie cultivada nacional, con un rendimiento por hectárea promedio de los años 1992 a 1994, de 6 toneladas (PROINPA, 2009).

La papa en Bolivia, se cultiva en diferentes pisos ecológicos, desde los 400 msnm hasta los 4500 msnm. Asimismo, por su constante demanda en el mercado se cultiva en distintas épocas del año. En el **altiplano**, se siembra después de las heladas y primeras lluvias, es decir, desde agosto pudiendo prolongar la siembra hasta fines de noviembre en caso de sequía. En las zonas altas y frías el ciclo vegetativo de la papa oscila entre 120 y 150 días (PROINPA, 2004).

Si bien el consumo de papa en Bolivia es uno de los más altos del continente (por los hábitos de consumo de la población rural como urbana), la ausencia de programas extensivos de promoción de tecnología se constituye en una de las restricciones más sentidas del sub sector y de las cadenas productivas que hacen al sub sector, una de estas, en el eslabón de provisión de insumos, es la necesidad de pesticidas para regiones altiplánicas para plagas específicas como por ejemplo el gusano blanco y la polilla de papa (PROINPA, 2009).

2.1.3. Cultivo de la Papa a nivel Local: Prov. Aroma: Patacamaya.

En la parte altiplánica, La Paz concentra la producción de papa en las provincias **Aroma**, Ingavi, Inquisivi y la región que rodea el Lago Titicaca, producción que alimenta la famosa feria semanal de Lahuachaca en el altiplano central, producción, que, se ve afectada por plagas como el gusano blanco y la polilla de papa, entre las principales (PROINPA, 2009).

PROINPA (2004), afirma que la distribución geográfica de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*, en el departamento de La Paz, está centrada en las provincias Ingavi, Murillo y **Aroma**, también afirma que es una de las plagas que más daño ocasiona al tubérculo de papa en el periodo de almacenamiento. Las pérdidas debidas a la infestación de esta plaga alcanzan valores promedio de 50%, valor que representa importantes pérdidas económicas especialmente para los pequeños agricultores. Para

disminuir dichos daños, los agricultores emplean insecticidas altamente tóxicos, con alto riesgo para su salud y el medio ambiente.

2.2. Introducción al estudio de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*

Citado por Ruiz (1998), la primera referencia acerca de la polilla de la papa la hizo Berlthon (1855), llamándola “larva de la papa”, causando considerables daños a tubérculos en Tasmania en el año 1854.

La primera descripción técnica de la especie fue hecha por Zeller en 1873 de especímenes colectados en Texas. En 1874 el insecto fue redescrito de especímenes colectados en Argelia. Graf (1917), indica que esta especie es de distribución cosmopolita y originaria de las Américas. Según Hofmaster (1949), el hecho de que la palomilla fuera reportada simultáneamente en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Argelia despertó considerables especulaciones sobre su posible origen.

En Bolivia es mencionada por Candia (1970), con el nombre de *Gnorimoschema operculella* Z. en una reunión Latinoamericana de Investigadores de Papa.

2.2.1 Taxonomía de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*

Nombre vulgar : Polilla

TAXONOMÍA

Reino: Animalia

División: Exoterygota

Clase: Insecta **Orden:**

Lepidoptera **Familia:**

Gelechiidae **Genero:**

Phthorimaea

Especie: operculella

2.2.2. Morfología de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*

Huevo

Son pequeños de forma ovoide (elíptica), la superficie es lisa con un extremo ligeramente mas ancho que el otro, de color cuando son recién ovipositados, tornándose amarillos y luego negros antes de su eclosión, sus dimensiones son en promedio 0,53 milímetros de largo por 0,37 milímetros de ancho en la parte media (Murillo, 1982).

Las hembras pueden colocar en toda su vida 100 huevos cada una y lo puede hacer de forma individual o grupal. En el campo son puestos en las zonas de tuberización, en las grietas del suelo cerca del tallo de la planta².

Larva

Las larvas son eruciformes, al emerger mide aproximadamente 1,25 milímetros y en su último estadio alcanzan 11,6 milímetros de largo y 2,47 milímetros de ancho. La cabeza es de color marrón oscuro, el dorso rosáceo o verdoso y el resto del cuerpo varía de blanco a amarillo. La coloración se mantiene durante el periodo larval y puede variar con la alimentación, ya que puede ser verdosa si se alimenta de hojas (Gamboa y Notz, 1990).

Las larvas pasan por cuatro estadios larvales y en todos ellos se observa el escudo cervical. Tiene patas verdaderas y pseudopatas en el tercer, cuarto, quinto, sexto y último segmento abdominal (Chura, 1992).

Pre-Pupa

Presenta las mismas características de la larva, solo que varía su coloración a rosada (Murillo, 1982).

Pupa

Tipo obtecta de color verdosa con zonas claras en su inicio, variando a marrón oscuro al

² Véase en: <http://www.gobcan.es/agricultura/doc/agricultura/infofito/polilladelapapa.pdf>

aproximarse la emergencia del adulto. Las pupas hembras son más grandes que los machos, miden aproximadamente 9,01 milímetros de largo y 2,85 milímetros de ancho; los machos 8,69 milímetros de largo y 2,21 milímetros de ancho (Murillo, 1982).

Adulto

Es un micro lepidóptero que tiene longitud promedio de 8,3 milímetros. La coloración general es de castaño terroso con manchas de color gris oscuro a gris claro. El cuerpo mide aproximadamente 10 milímetros y la envergadura alar de 12 a 15 milímetros; las alas anteriores son de color blanco grisáceo con pequeñas manchas oscuras y un borde angosto de pelos. Los machos son más pequeños, se distinguen por que tienen el abdomen menos globoso que las hembras y al final del abdomen tienen pelos o escamas en forma de “penacho”, mientras que las hembras lo tienen liso lo que se conoce como dimorfismo sexual (Chura, 1992).

2.2.3. Biología y comportamiento de *Phthorimaea operculella*

Durante su ciclo de vida, la polilla de la papa pasa por una metamorfosis completa (holometabolo) que comprende cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. La duración de cada uno de éstos estados y consecuentemente la duración total del desarrollo de ésta especie es afectada por las condiciones ambientales, siendo la temperatura y la humedad relativa los factores que más influyen, observándose una relación inversa entre la duración del desarrollo y la temperatura (Okunaga y Ochoa, 1987).

Huevo

La hembra oviposita durante la noche, colocando los huevos en grupos, en fila o individualmente de preferencia en lugares ocultos o superficies rugosas. En las hojas los huevos pueden ser colocados tanto en el haz como en el envés, a lo largo de las

nervaduras o dispersos por toda la superficie³. En almacén se hallan sobre los tubérculos almacenados, en los desechos o directamente sobre la tierra y los materiales utilizados para el almacenamiento (Chura, 1992).

Larva

Constituye la única etapa dañina del ciclo de vida del insecto. En los tubérculos las larvas permanecen protegidas y generalmente penetran por los ojos y dejan los excrementos en la entrada de la galería que abren. Si la larva se ha desarrollado en la planta, se cuelga de ella mediante un hilo de seda y alcanza el suelo para empupar. Sin embargo, también empupan en hojas y restos de follaje (Chura, 1992).

Cuando la larva emerge inicialmente la misma fabrica una tenue y reducida cubierta de tejido con finos hilos de seda blancos, bajo la cual empieza a perforar la superficie de la hoja e ingresa posteriormente al parénquima donde fabrica galerías. Las minas al inicio son de forma alargada o en forma de U o V.

La larva en sus dos últimos estadios, se moviliza en forma moderada o se mantiene quieta y si es molestada reacciona mediante movimientos rápidos y zigzagueantes de su cuerpo. Si es molestada dentro de la mina, regurgita un líquido verdoso que forma una gota que cubre toda su cabeza⁴.

La larva cambia de piel cuatro veces, pudiendo hacerlo de 5 a 8 semanas y cuando termina de crecer, la larva de la polilla pequeña (*Phthorimaea operculella* Zeller) abandona la planta en el campo o la papa en almacén para empupar (Boletín Informativo, 2008).

³ Véase en: www.bayercropscience.com.pe/web/index

⁴ Véase en: www.bayercropscience.com.pe/web/index

Pre-Pupa

La larva al completar su desarrollo abandona el tubérculo o la hoja, adquiere una coloración rosada, empieza a confeccionar la cámara puparia con seda, restos de heces y epidermis del tubérculo, posteriormente se torna verde, comienza a aletargarse y a acortarse en longitud y muda por última vez. La duración de esta fase es de 5 días (Gamboa y Notz, 1990).

Al aproximarse a prepupa, la larva sale de la parte afectada y abandona la planta fabricando un cocón o capullo de color blanco confeccionado con finos hilos de seda, pudiendo hacerlo al pie de la planta o en algún lugar oculto; dentro de este cocón la larva entra en estado de inactividad o prepupa y posteriormente muda a pupa⁵.

Pupa

Cuando la larva completa su desarrollo, abandona el tubérculo, se dirige al suelo y forma un cocón de seda para empupar; en almacén empupan sobre la superficie de los tubérculos, en el piso o en las paredes del almacén, en los costales de papa, etc. (Chura, 1992).

Adulto

Son de hábitos nocturnos y copulan a pocas horas de la emergencia iniciando la oviposición a las 24 horas. Durante el día se esconden debajo de la basura, terrones, grietas del suelo y cuando son molestados inician un vuelo errático y corto. La longevidad del macho es de 24 días y el de la hembra de 17 días. En el caso de la fecundidad, el número total de huevos puestos por hembra es 73 con un rango de 5 a 113. Cerca del 90 % de los huevos son puestos en los 6 días iniciales de la fase de ovoposición (Gamboa y Notz, 1990).

Así mismo estos autores mencionan que durante el día por lo general permanecen quietos o se desplazan muy poco sobre todo cuando son molestados. Se ocultan en la cara inferior de las hojas, en grietas de tallo o en el suelo. El periodo de copula varía desde 20 minutos hasta 3 horas.

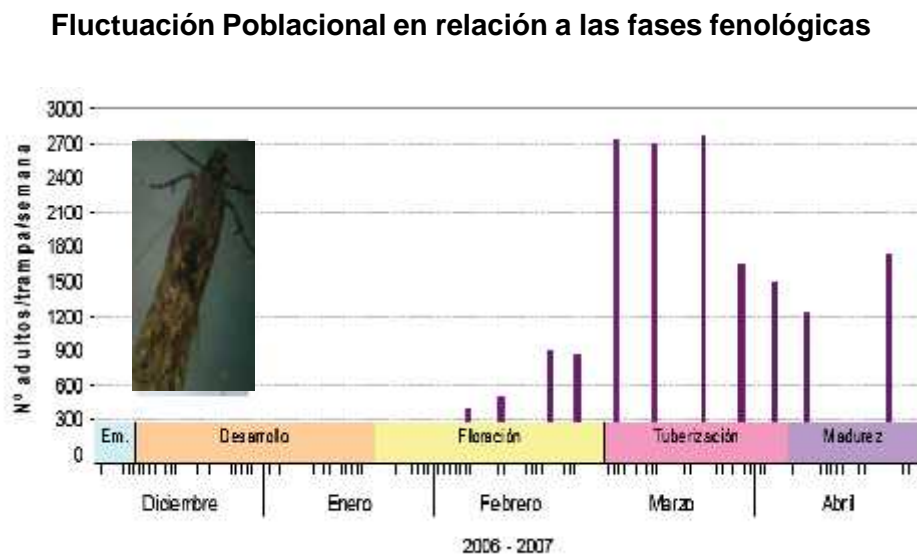
⁵ Véase en www.bayercropscience.com.pe/web/index

2.3. Fluctuación poblacional de *Phthorimaea operculella*

Torres (1989), indica que en las zonas donde se siembra papa una vez al año, alcanza los picos más altos cuando el cultivo esta en tuberización y posteriormente desciende en ausencia del cultivo. En almacén, la población más alta se presenta a finales del periodo de almacenamiento y las poblaciones más bajas durante el resto del año.

En aquellas zonas donde se siembra papa todo el año, las poblaciones de polillas presentan varios picos poblacionales, los cuales están generalmente relacionados con el periodo de madurez del cultivo y las épocas de almacenamiento.

Vera (2009), menciona la fluctuación poblacional de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* con relación a las fases fenológicas del cultivo de papa, donde su pico poblacional se encuentra en las fases de floración y tuberización, investigación realizada en el Municipio de Umala, altiplano central; dicha fluctuación se puede apreciar en la siguiente gráfica:



Fuente: Vera, 2009

2.4 Factores que influyen en el desarrollo de los insectos

Forno (1985), indica que son varios los factores que pueden influenciar el desarrollo de los insectos en general establecer el tamaño y el crecimiento de sus poblaciones así como también la ausencia o presencia de éstos.

2.4.1. Factores bióticos y abióticos.

Estos factores se dividen en dos, según indica Forno (1985), son factores bióticos y factores abióticos que tienen como componentes:

- 1) Factores bióticos tales como: Características biológicas de las especies parasitoides, especies de planta hospedera, condiciones de planta hospedera.
- 2) Factores abióticos tales como: temperatura, humedad, precipitación y luz.

Por otra parte, Ross (1982), considera que la mayoría de los estudios concernientes a las especies entomológicas pueden estar comprendidas en las tres categorías siguientes: 1) factores ambientales que determinan donde pueden vivir las especies, 2) reacciones instintivas o tropismos que capaciten a los insectos para encontrar vida adecuada y 3) el efecto de la suma de todos estos factores en la distribución y abundancia de las especies.

En relación a los factores bióticos, Cisneros (1986) afirma que la mayoría de los éxitos con la técnica de introducción de controladores biológicos se ha obtenido en climas suaves, subtropicales. La severidad del invierno en zonas templadas parece presentar condiciones que muchos enemigos no pueden superar fácilmente.

Los factores mas importantes, respecto a la distribución y abundancia de los insectos, según Galvez y Villa (1986), son los siguientes: el clima, las condiciones físicas y químicas del medio, alimentos, enemigos y competencia. El medio es una condición compuesta de la cual la luz, temperatura, humedad, precipitación y viento, son los más importantes componentes ecológicos. No son los promedios anuales de estos factores lo que afecta a las poblaciones de especies, sino las condiciones de cada día.

La temperatura para Forno (1985), en la vida de los insectos, es uno de los factores más críticos, los insectos son de sangre fría, de manera que dentro de los límites estrechos las temperaturas son las mismas que las del medio ambiente que los rodea.

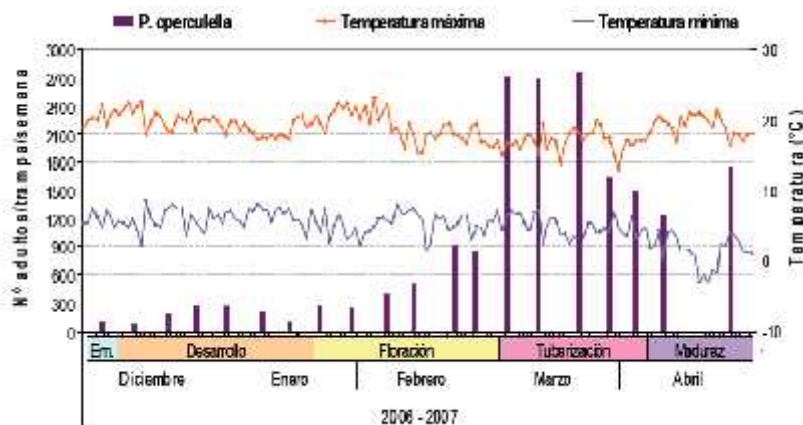
El mismo autor indica acerca de la precipitación que no es ésta la que afecta a los insectos de manera directa sino que es indirecta, por el efecto de la precipitación sobre la humedad atmosférica, humedad del suelo y disponibilidad de alimentos vegetales; las precipitaciones excesivas pueden infringir a los insectos graves daños físicos.

La temperatura y la humedad según Ross (1982), tienen un efecto marcado sobre el desarrollo general y la distribución de las especies de insectos, ambas son causa de la mayor mortalidad prematura en condiciones extremas, mas en países subtropicales, las condiciones son en general más favorables a una continúa actividad de los insectos.

En relación a lo mencionado, Odum (1986) concuerda en que las plagas están influenciadas por las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, lluvia, viento, insolación y fotoperiodismo) donde, su acción es crítica sobre los diferentes estadíos de desarrollo de los insectos y en épocas diferentes del año. Además sostiene que la variabilidad de la temperatura tiene importancia ecológica asi los organismos que están sometidos normalmente a temperaturas variables en la naturaleza, tienden a ser deprimidos, inhibidos o aletargados por las temperaturas constantes.

Ross (1982), señala que la humedad y la temperatura actúan de una manera estrechamente interrelacionada en el estudio experimental de la biología de los insectos. Sugiere que la acción reciproca entre éstos dos factores dependen de otros factores, así como de los valores relativos y absolutos de cada factor; así pues la temperatura ejerce sobre los organismos un efecto limitativo más comprometido cuando la humedad es muy alta o muy baja que cuando ésta es moderada y en forma análoga la humedad juega un papel muy crítico, en el caso de temperaturas muy extremas.

En este sentido, Vera (2009), en su estudio de las variaciones climáticas que afectan a la polilla de papa *Phthorimaea operculella*, en el que contempló la temperatura, humedad y precipitación donde menciona que el efecto es marcado en el incremento poblacional para altas temperaturas y con respecto a la precipitación y la humedad menciona que éstas influyeron en la eclosión de huevos y en la posterior emergencia de los adultos, que se puede observar en la gráfica siguiente:



Fuente: Vera, 2009

2.5. Importancia económica de *Phthorimaea operculella*

Las larvas causan daños directos a los tubérculos de papa tanto en campo como en almacén, afectando la calidad de los mismos, lo cual ocasiona pérdidas económicas, por el rechazo de los consumidores del material afectado. Adicionalmente se comprueba una

reducción en la producción, que repercute directamente en el rendimiento económico del cultivo de la papa (Chura, 1992).

Cuando las condiciones climáticas son favorables a la plaga y se cuenta con fuentes de infestación significativas, la polilla es una de las plagas más dañinas en las zonas productoras de papa por cuanto ha llegado a causar pérdidas significativas del producto tanto en campo como en almacén, y en ocasiones los tubérculos se deterioran de tal manera que no pueden ser utilizados para el consumo humano, animal y mucho menos para semilla.

Para estimar la magnitud de los daños se utiliza la información sobre el porcentaje de tubérculos con daño y la intensidad del daño o porcentaje de infestación, teniendo en cuenta además la distribución de la plaga en las principales zonas productoras y su alta densidad poblacional (Salazar y Escalante, 1984).

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

La localidad de Patacamaya ubicada al sudeste de la ciudad de La Paz (en el kilómetro 100 sobre la carretera a Oruro), corresponde a la jurisdicción de la 5ta Sección Municipal de la Provincia Aroma del Departamento de La Paz. Geográficamente se encuentra ubicada a 68° 55' longitud oeste y a 17° 15' latitud sur, con una posición altitudinal de 3800 m.s.n.m.

3.2. Características climáticas

El clima⁶ de Patacamaya según la clasificación de Thornthwaite es semiárido sin surplus de humedad.

En base a una probabilidad de excedencia del 80%, los meses de mayo a septiembre pueden llegar a la sequedad completa.

Los datos meteorológicos reportados para el sitio son los siguientes: temperatura media 11.2° C, máxima media (octubre - noviembre) 18°C y mínima media (abril- julio) de 0.8° C. El promedio de heladas al año es de 85 días, precipitación anual de 380 mm , humedad relativa del 35% y vientos de 25 Km/h. La precipitación mensual es errática.

3.3. Características de la vegetación

El suelo no siendo homogéneo es otro factor de gran importancia. Tiene muchas zonas al "desnudo", pero a pesar de las condiciones críticas, heladas, sequía, altura, en esta zona crecen plantas (tholares) y hay lugares con bastante vegetación. Como en cualquier ecosistema, existe pues, una relación importante entre vegetación, clima y suelo ya que la vegetación protege al suelo de la erosión (Figuroa, 2004)

3.4. Sistema de producción

El tipo de producción agrícola que se encuentra en el altiplano de Bolivia, tiene su origen en sistemas productivos de subsistencia. Son granjas pequeñas y familiares con una

⁶ SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA, Calle Reyes Ortiz No. 41 2do. Piso, www.senamhi.gob.bo (consulta realizada en enero del 2009)

producción orientada a la canasta familiar. Aproximadamente 83% de las familias rurales están involucradas en este sistema de producción, pero ocupan sólo 23% de la superficie total cultivada en Bolivia. Los principales cultivos son la papa y otras raíces comestibles, quinua, cereales y legumbres, combinado con ganadería en pequeña escala como llama, cerdo, oveja y vaca (Figueroa, 2004).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

Los materiales utilizados (ver anexo 2) para realizar el presente estudio son los siguientes:

4.1.1. Materiales de Laboratorio

- 5 Cámaras de cría
- 5 Termostatos
- 50 Focos 100 watts
- 1850 Envases de plástico (3 centímetros de diámetro por 5 de alto)
- 5 Envases carameleros
- Miel
- 4 rollos de papel secante
- 12 Ligas negras
- 1 Algodón
- Agua potable
- Agua destilada
- Lavandina al 10%
- 3 Pincel N° 0
- 1 metro de tela de organdí (tul)
- 3 Pinzas

- 1 Bisturí
- 3 pares de guantes
- 5 Estiletes
- 1/2 litro de alcohol medicinal

4.1.2. Materiales de Campo

- 5 Frascos carameleros
- 3 redes entomológicas
- 1 cuaderno de campo
- Marbetes

4.1.3. Materiales de Gabinete

- Papel
- Archivadores
- Computadora
- Marcadores
- Marbetes
- Bolsas plásticas
- Paquetes Excel.

4.1.4. Material Biológico

- 1@ Tubérculos de papa variedad Huaycha cosechada en comunidades del Municipio de Umala.
- 200 **Larvas como** Población de pie de cría de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller

4.2. Métodos

4.2.1 Metodología en Laboratorio

Las observaciones sobre las diferentes fases de desarrollo, la duración en días de las mismas y otros aspectos biológicos fueron hechas en condiciones de humedad relativa similares al ambiente, en cámaras de cría con termostatos calibrados a las temperaturas de 10° C +/- 1; 15° C +/- 1; 20° C +/- 1 y 25° C +/- 1, y una ubicada a temperatura ambiente como testigo.

4.2.1.1. Recolección del material de estudio

El material biológico para iniciar el pie de cría (larvas) para el estudio del desarrollo del ciclo de *Phthorimaea operculella* Zeller se obtuvo en plantaciones de papa en fase de floración localizadas en comunidades del Municipio de Umala. Estas larvas fueron trasladadas al laboratorio donde completaron su desarrollo en tubérculos de papa.

4.2.2. Procedimiento Experimental

4.2.2.1. Desarrollo de la población pie de cría.

Los huevos necesarios para el estudio, fueron obtenidos de hembras provenientes de una cría masiva, iniciada a partir de material traído de campo. Estas hembras fueron colocadas en un envase de plástico, tipo caramelero, en el cual se colocó por el borde una tela de tul sujeta mediante una liga, y papel secante a manera de cortina por dentro del frasco, como sitio de oviposición. Luego se colocó algodones empapados de miel y agua al 15% (Torres, 1989) dentro del envase y sobre la tela como alimento.

Posteriormente los huevos obtenidos, fueron retirados con cuidado con un pincel N°0, humedecido, y colocados dentro de un envase plástico con tapa de cierre hermético de 3 centímetros de diámetro por 5 de alto, cada huevo con un envase individual; éstos envases fueron acomodados en los compartimientos de las cámaras de cría acondicionadas para este estudio.

4.2.2.2. Establecimiento de cámaras de cría

Las cámaras de cría fueron diseñadas con tres compartimientos cada una (ver anexo 5), fueron instaladas calibrando los termostatos marca Gauge (220W) a las temperaturas de cada tratamiento (10, 15, 20 y 25°C) cada termostato se unió a un trío de focos (100W) que emitían el calor necesario para las cámaras; posteriormente se pusieron un número de 300 huevos (en sus respectivos envases) por cada cámara (ver anexo 4).

En la cámara de cría a temperatura ambiente se utilizó un instrumento para medir la temperatura ambiente de la cámara cada 10 minutos (Hobo), se prescindió el uso de termostato; a esta cámara se le pusieron 600 huevos , el incremento del número de huevos para esta cámara es debido a los cambios de temperatura que pudieran atravesar, pudiendo estos afectar los rangos de mortalidad y crear una variación significativa para este estudio.

La cámara de cría de 10° C tuvo dos termostatos uno conectado a los focos donde el termostato fue programado para encenderlos a temperaturas por debajo de 10°C y el otro conectado a un ventilador y programado para encender el ventilador a temperaturas por encima de 10 °C, todo esto para mantener así la temperatura deseada durante el día.

4.2.3. Determinación de la duración del desarrollo en las fases del ciclo de vida de *Phthorimaea operculella* Zeller.

Después de establecer las cámaras de cría con sus respectivos individuos de estudio se fueron realizando observaciones diarias de las diferentes fases de desarrollo, tanto los cambios en las fases del ciclo de vida como la mortalidad en las mismas fueron registradas en planillas de control.

Huevos

Para la determinación de la duración del desarrollo de los huevos, estos fueron observados a intervalos de 12 horas y registrados hasta el momento de su eclosión.

Se acondicionó previamente los envases individuales, cortando un círculo de papel secante de 3 cm. de diámetro de fondo, y un algodón del tamaño de una canica que fue empapado de agua (1 ml) día por medio, esto con el fin de proporcionar humedad en esta fase.

Larva

Una vez eclosionados los huevos, las larvas recién emergidas fueron alimentadas en los mismos envases plásticos, utilizando tubérculos de papa de la variedad Huaycha, cortando un cubo de aproximadamente 2cm de largo por 3cm de ancho.

En esta fase se retiró los algodones ya que la humedad se dió por el tubérculo y el registro y la observación fue diaria (cada 24 horas).

Prepupa

Una vez que la larva deja el tubérculo se identificó y registró el momento en el que ésta empieza a formar su capullo de seda y comienza su periodo de inactividad.

Para esta fase se retiró el tubérculo una vez ocurrida la fase de prepupa y se introdujo un algodón empapado con agua.

Pupa

En esta fase se observó a la pupa hasta el momento de la emergencia de los adultos y se registraron los días.

Se adicionó agua a razón de 1 ml día por medio o a requerimiento.

Adulto

Para evaluar el ritmo de emergencia de los adultos y la proporción de sexos, los envases fueron observados diariamente a intervalos de 12 horas. Una vez emergidos los adultos, se procedió a alimentarlos usando una solución al 15% (agua + miel) como elemento de nutrición (Torres, 1989), posteriormente se los observó hasta el momento de su muerte, con el objetivo de medir la longevidad en ambos sexos (ver anexo 3).

4.3. Procedimiento estadístico

4.3.1 Tratamientos

El factor de estudio será la temperatura, con cinco niveles y tres repeticiones .Los tratamientos son:

T₀: Temperatura ambiente

T₁: 10 °C ± 1

T₂: 15 °C ± 1

T₃: 20 °C ± 1

T₄: 25 °C ± 1

4.3.1.1. Variables de respuesta

En las variables, citadas a continuación, se evaluaron sus características, por medio de observación diaria y contaje directo.

Las variables evaluadas fueron:

- **Días de incubación.** Se registraron los días desde la fecha de postura hasta la eclosión.
- **Número de larvas emergidas.** Fueron observadas a intervalos de 12 horas para advertir el momento de la eclosión de los huevos.
- **Días de duración del estado larval.** Desde el momento de la emergencia hasta que abandonan el tubérculo para engrosar y pasar a prepupa.
- **Días del estado de prepupa.** Desde que la larva queda inactiva y forma un capullo.
- **Días del estado de pupa.** Desde la muda a un tejido coriáceo (formación de un tejido más duro).
- **Número de adultos que emergen de las pupas.** Desde que rompen el tejido coriáceo (contaje).
- **Longevidad de los adultos de ambos sexos.** Desde que rompen el tejido coriáceo hasta que mueren.

- **Mortalidad en cada una de las fases.** Observación directa.

4.3.2 Diseño Experimental

El presente estudio se desarrollo bajo un diseño completamente aleatorio, donde los tratamientos corresponden a las diferentes niveles de temperatura de cría, estos tratamientos se disponen en cámaras y cada cámara con tres repeticiones.

Donde el Modelo Estadístico asociado al diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

$$= \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Análisis de la Varianza para el modelo Y_{ij}

Ho: $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$

Ha: al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás.

4.3.3 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de los promedios obtenidos de cada tratamiento para las diferentes fases del ciclo de vida de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z. y para el ciclo total.

Análisis de la Varianza para el modelo: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$

Ho: $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$

Ha: al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás.

Fuentes de Variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrados Medios (C.M.)	F ₀
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^t n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$\frac{S.C.TRAT.}{t-1}$	$\frac{C.M.TRAT}{C.M.ERROR}$
Error	$\sum_{i=1}^t n_i - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{S.C.ERROR}{\sum_{i=1}^t n_i - t} = \sigma^2$	
Total	$\sum_{i=1}^t n_i - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$		

Se realizó la prueba de significancia T/Student y Duncan al 5% de los promedios obtenidos de cada tratamiento para las diferentes fases del ciclo de vida de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z. y para el ciclo total.

Se realizó el diagrama de dispersión, la recta de regresión y su respectivo ajuste de los promedios obtenidos de cada tratamiento para las diferentes fases del ciclo de vida de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z. y para el ciclo total.

Del conteo realizado en cada una de las fases de la polilla se promedió a aquellos individuos que no completaron su ciclo y se determinó en porcentaje la mortalidad en las diferentes fases del ciclo de vida de la polilla.

Asimismo de cada uno de los individuos se realizó el sexaje (determinación por observación en genitales) con lo que se pudo determinar la proporción de sexos y las diferencias en longevidad de cada sexo (hembra / Macho)

Para el caso especial de la cámara de temperatura al ambiente, puesto que no tiene un nivel de temperatura constante sólo se tomó en cuenta en las comparaciones de medias para las pruebas de T y Duncan al 5% para cada fase y se realizó gráficas que muestran temperaturas máximas, medias y mínimas con las cuales se explicó el efecto de la temperatura en los cambios en las fases del ciclo de vida de la polilla.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Duración del desarrollo de las fases de *Phthorimaea operculella*

Para la determinación de la duración del desarrollo de las fases de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* Zeller, se trabajó con 5 cámaras, tomando en cuenta para la cámara 1 (temperatura del ambiente) una muestra de 200 huevos por repetición y para las cámaras 2 (10 °C) ,3 (15 °C) ,4 (20 °C) y 5 (25 °C) una muestra de 100 huevos, para cada repetición respectivamente.

Los resultados del análisis de varianza, pruebas de significancia y recta de regresión de cada una de las fases de desarrollo (huevo, larva, prepupa, pupa y adulto) bajo los niveles de temperaturas determinados para este estudio (10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C).

Para Huevo

Se realizó el análisis de varianza para la fase de huevo de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z., y los resultados se presentan a continuación:

Cuadro N° 1

Análisis de Varianza en la fase de HUEVO de *P. operculella*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
TRAT	4	1211,2897	302,82243	505,64	0,0001	**
Error	10	5,9889333	0,5988933			
Total	14	1217,2786				

CV(%) = 4,59

Media =16,84

** Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el cuadro anterior, podemos apreciar que la diferencia es altamente significativa entre tratamientos para esta fase del ciclo, por lo que diremos que existe un efecto marcado de las temperaturas utilizadas para la fase de huevo en el ciclo de vida de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller).

El coeficiente de variación (CV= 4,59%) indica que el experimento fue bien conducido y que los datos presentados son confiables.

Para el análisis de la diferenciación entre los niveles de temperatura se utilizó la prueba de “T” y la de Duncan al 5% dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°2
Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%
para la fase de HUEVO

Tratamiento (°C)	Media	t (5%)	Duncan (5%)
T. Ambiente	32,8	A	A
10	18,7	B	B
15	14,9	C	C
20	11,6	D	D
25	6,2	E	E

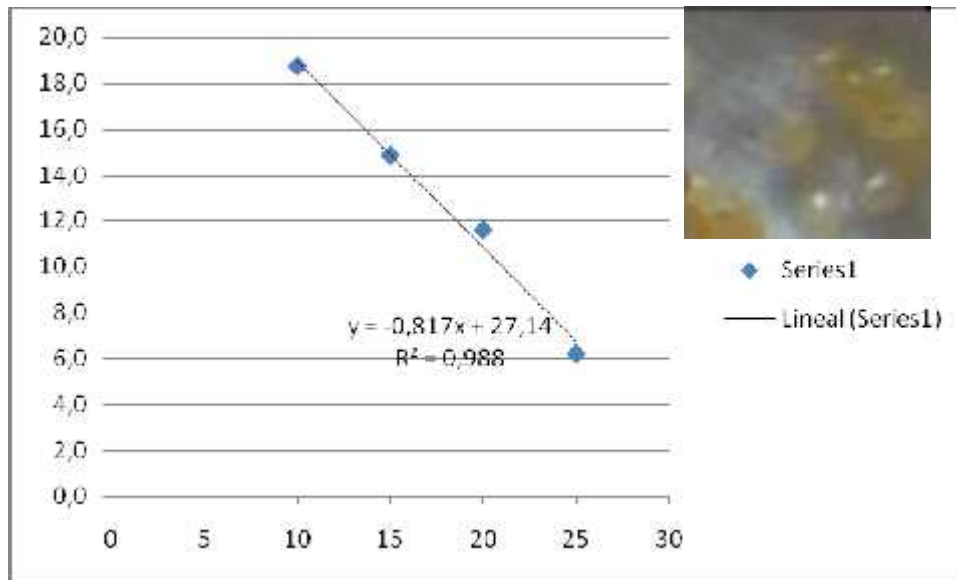
Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Para ambas pruebas se cumple que si en cada tratamiento la letra es diferente corresponde a que existen diferencias significativas entre los tratamientos, con lo que se evidencia el efecto de la temperatura sobre la fase de huevo de la polilla de papa.

Para determinar la relación de la temperatura para la fase de huevo se realizó el diagrama de dispersión y la recta de regresión:

Figura N°1

Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión
y Ajuste para la fase de HUEVO



$$Y_i = B_0 + B_1 X_i$$

$$\text{Huevo (días)} = 27,14 - 0,817(\text{temperatura})$$

Temperatura (°C)	10	15	20	25
Huevo (días)	18,7	14,9	11,6	6,2

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la figura 1, logramos advertir que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la fase de huevo del ciclo de la polilla, considerando la fórmula de la recta, la pendiente de la recta indica que en promedio por cada grado de temperatura se

le reduce aproximadamente 1día (0,8) a la duración de la fase de huevo del ciclo de la polilla de papa *Pthorimaea operculella* Z.

El coeficiente de determinación de 0,988, dado que se acerca a 1, indica que si conocemos la temperatura, podemos mejorar en un 98,8% el pronóstico sobre la duración de la fase de huevo si, en lugar de utilizar como pronóstico la media de la duración de la fase de huevo, basamos el pronóstico en la temperatura.

Para Larva

Se realizó el análisis de varianza para la fase de larva de *Pthorimaea. operculella*, el siguiente cuadro muestra los resultados encontrados:

Cuadro N°3

Análisis de Varianza en la fase de LARVA de *P. operculella*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
TRAT	4	2593,4746	648,36866	224,19	0,0001	**
Error	10	28,920733	2,8920733			
Total	14	2622,3954				

CV(%) =4,24

Media =40,07

** Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como se aprecia en este cuadro, de acuerdo al valor P se evidencia efectos altamente significativos de la temperatura sobre la fase de larva del ciclo de la polilla de papa.

El coeficiente de variación (CV= 4,24%) indica que el experimento fue bien conducido y que los datos presentados son confiables.

Para el análisis de la diferenciación entre los niveles de temperatura se utilizó la prueba de "T" y la de Duncan al 5% dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°4
Prueba de significancia "T" y "Duncan" al 5%
para la fase de LARVA

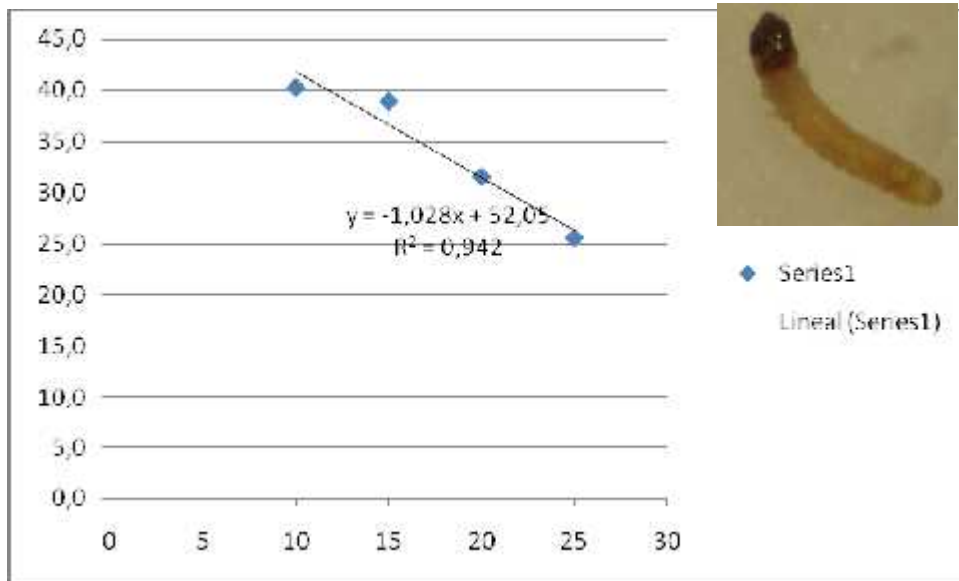
Tratamiento (°C)	Media	t (5%)	Duncan (5%)
T. Ambiente	64,143	A	A
10	40,24	B	B
15	38,9	B	B
20	31,53	C	C
25	25,557	D	D

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En este cuadro se puede distinguir la letra repetida (B) de las medias en los niveles de temperatura de 10 y 15 °C que representa que no existen diferencias que estadísticamente sean significativas en la duración de la fase de larva para las temperaturas mencionadas.

Para determinar la relación de la temperatura para la fase de larva se realizó el diagrama de dispersión y la recta de regresión:

Figura N°2
Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión
y Ajuste para la fase de LARVA



$$Y_i = B_0 + B_1 X_i$$

$$\text{Larva (días)} = 52,05 - 1,028(\text{temperatura})$$

Temperatura (°C)	10	15	20	25
Larva (días)	40,2	38,9	31,5	25,6

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como se puede apreciar en el gráfico, la línea de tendencia muestra que para temperaturas altas la duración en días de la fase de huevo del ciclo de la polilla disminuye, tomando en cuenta la fórmula de la recta, la pendiente de la recta nos expresa que, en promedio por cada grado de temperatura se le reduce aproximadamente

1, 028 días a la duración de la fase de larva del ciclo de la polilla de papa *Pthorimaea operculella* Z.

El coeficiente de determinación de 0,942, revela que, si conocemos la temperatura, podemos mejorar en un 94,2% el pronóstico sobre la duración de la fase de larva si, en lugar de utilizar como pronóstico la media de la duración de la fase de larva, basamos el pronóstico en la temperatura.

Para Prepupa

Se realizó el análisis de varianza para la fase de prepupa de *Pthorimaea operculella*, el siguiente cuadro muestra los resultados encontrados:

Cuadro N°5

Análisis de Varianza en la fase de PREPUPA de *P. operculella*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
TRAT	4	259,17857	64,794643	255,6	0,0001	**
Error	10	2,535	0,2535			
Total	14	261,71357				

CV(%) =6,75

Media =7,45

** Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como se aprecia en este cuadro, para los cuatro tratamientos en estudio se evidencia una alta significancia, es decir que existe efecto de la temperatura sobre la fase de prepupa de la polilla de papa *Pthorimaea operculella*.

El coeficiente de variación (CV= 6,75%) indica que el experimento fue bien conducido y que los datos presentados son confiables.

Para el análisis de la diferenciación entre los niveles de temperatura para la fase de prepupa, se utilizó la prueba de "T" y la de Duncan al 5% dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°6
Prueba de significancia "T" y "Duncan" al 5%
para la fase PREPUPA

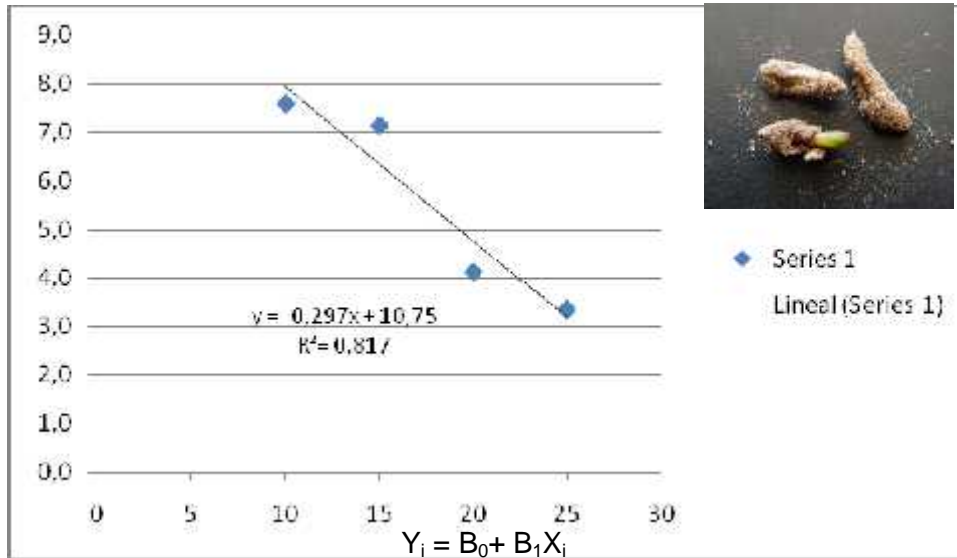
Tratamiento (°C)	Media	t (5%)	Duncan (5%)
T. Ambiente	15,1	A	A
10	7,2	B	B
15	7,6	B	B
20	4,1	C	C
25	3,3	C	C

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Para ambas pruebas estadísticas el resultado es el mismo, en el cuadro se puede distinguir para las temperaturas de 10 y 15 °C la misma letra (B) como también para las temperaturas de 20 y 25 °C con la letra (C), en ambos casos la misma letra significa que entre ambos tratamientos no existen diferencias que estadísticamente sean significativas en la fase de prepupa de *Phthorimaea operculella*.

Figura N°3

Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión
y Ajuste para la fase de PREPUPA



$$\text{Prepupa (días)} = 10,75 - 0,297(\text{temperatura})$$

Temperatura (°C)	10	15	20	25
Prepupa (días)	7,6	7,2	4,1	3,3

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el diagrama de dispersión, se puede observar una tendencia marcada, a medida que la temperatura aumenta la duración en días de la fase de prepupa, tomando en cuenta la formula de la recta, la pendiente de la recta nos expresa que, en promedio por cada grado de temperatura disminuye aproximadamente 0,297 días a la duración de la fase de prepupa del ciclo de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z.

El coeficiente de determinación de 0,817, revela que, si conocemos la temperatura, podemos mejorar en un 81,7% el pronóstico sobre la duración de la fase de prepupa si,

en lugar de utilizar como pronóstico la media de la duración de la fase de prepupa, basamos el pronóstico en la temperatura.

Para PUPA

Se efectuó el análisis de varianza de los cuatro niveles de temperatura considerados para la fase de Pupa de la polilla de papa *Phthorimaea operculella*.

Cuadro N°7

Análisis de Varianza en la fase de PUPA de *P. operculella*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
TRAT	4	4472,438	1118,1095	340,16	0,0001	**
Error	10	32,870267	3,2870267			
Total	14	4505,3083				

CV(%) =5,7

Media =31,77

** Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el cuadro anterior observamos que, de acuerdo al valor P , se evidencia efectos altamente significativos de la temperatura sobre la fase de pupa de la polilla de papa *Phthorimaea operculella*.

El coeficiente de variación (CV= 5,7%) indica que el experimento fue bien conducido y que los datos presentados son confiables.

Para el análisis de la diferenciación entre los niveles de temperatura para la fase de pupa, se utilizó la prueba de “T” y la de Duncan al 5% dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N°8
Prueba de significancia “T” y “Duncan” al 5%
para la fase de PUPA

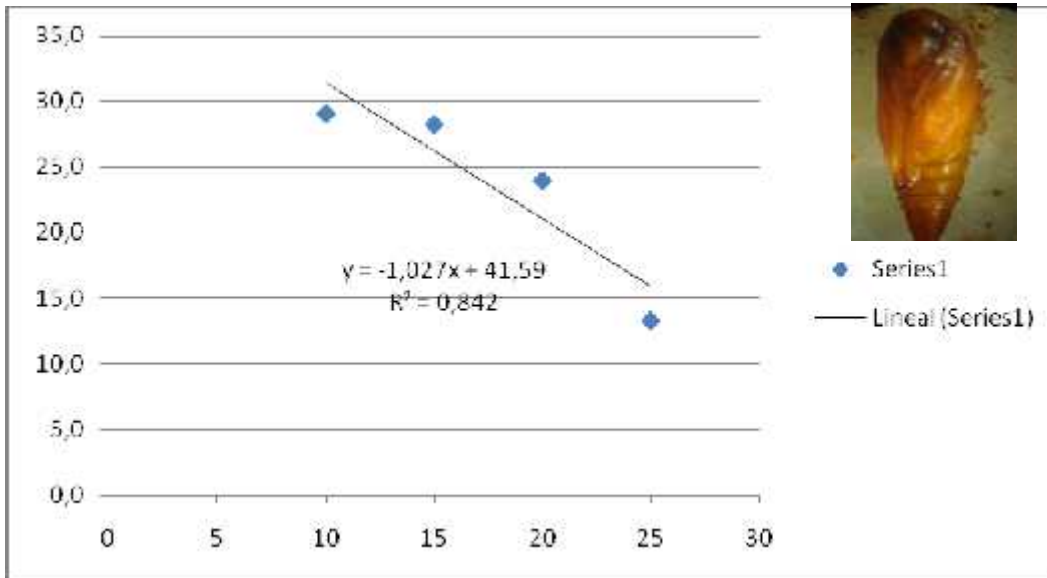
Tratamiento (°C)	Media	t (5%)	Duncan (5%)
T. Ambiente	64,5	A	A
10	29,0	B	B
15	28,2	B	B
20	23,9	C	C
25	13,3	D	D

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En las pruebas de significancia realizadas, se puede observar la misma letra (B) para las temperaturas de 10 y 15 °C lo que significa que para ambas temperaturas no existen diferencias significativas, y para los demás casos existen diferencias que estadísticamente son significativas en la fase de pupa de *Phthorimaea operculella*.

Realizando el diagrama de dispersión, la recta de regresión y su correspondiente ajuste tenemos:

Figura N°4
Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión
y Ajuste para la fase de PUPA



$$Y_i = B_0 + B_1 X_i$$

$$\text{Pupa (días)} = 41,59 - 1,027(\text{temperatura})$$

Temperatura (°C)	10	15	20	25
Pupa (días)	29,0	28,2	23,9	13,3

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la figura anterior observamos que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la fase de pupa del ciclo de la polilla, de acuerdo con la fórmula de la

recta, comprobamos que la pendiente de la recta indica que en promedio por cada grado de temperatura se disminuye en aproximadamente 1 día (1,027) la duración de la fase de huevo del ciclo de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z.

El coeficiente de determinación de 0,842, dado que es cercano a 1, postula que si conocemos la temperatura, podemos mejorar en un 84,2% el pronóstico sobre la duración de la fase de pupa si, en lugar de utilizar como pronóstico la media de la duración de la fase de pupa, basamos el pronóstico en la temperatura.

Para ADULTO

Se realizó el análisis de varianza para la fase de adulto de la polilla de papa *Phthorimaea operculella*, los resultados para esta fase se detallan a continuación:

Cuadro N°9

Análisis de Varianza en la fase de ADULTO de *P. operculella*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
TRAT	4	468,45643	117,11411	54,55	0,0001	**
Error	10	21,469667	2,1469667			
Total	14	489,92609				

CV(%) =4,8

Media =30,52

** Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el cuadro podemos observar que existe una diferencia altamente significativa con referencia al valor P, con lo que podemos afirmar que existe un efecto marcado de la temperatura sobre la fase adulta de la polilla de papa *Phthorimaea operculella*.

El coeficiente de variación (CV= 4,8%) indica que el experimento fue bien conducido y que los datos presentados son confiables.

Para el análisis de la diferenciación entre los niveles de temperatura para la fase de adulto, se utilizó la prueba de "T" y la de Duncan al 5% dando como resultado el siguiente cuadro

Cuadro N°10

Prueba de significancia "T" y "Duncan" al 5%

Para la fase de ADULTO.

Tratamiento (°C)	Media	T (5%)	Duncan (5%)
T. Ambiente	38,167	A	A
10	35,733	A	A
15	28,527	B	B
20	27,047	B	B
25	23,14	C	C

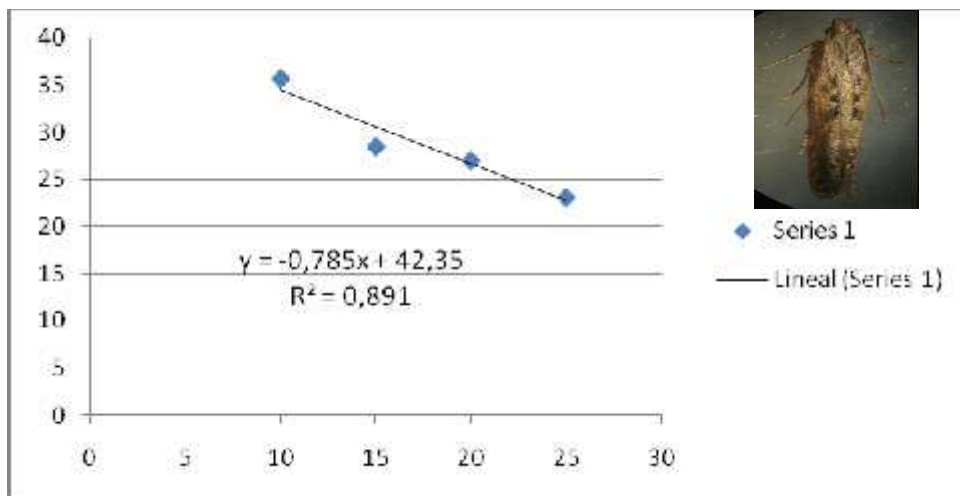
Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como se puede apreciar en este cuadro, el resultado obtenido en las pruebas de significancia realizadas es el mismo, se observa que, la misma letra (A) se puede ver para las medias de la temperatura de 10 °C y el ensayo que se realizó a temperatura no

controlada (T. Ambiente) indica que no existen diferencias que estadísticamente sean significativas lo mismo ocurre para el caso de las temperaturas 15 y 20 °C en las que se observa la letra B, mientras que para la de 25 °C se registra la duración menos prolongada de los demás tratamientos.

Realizando el diagrama de dispersión, la recta de regresión y su correspondiente ajuste tenemos:

Figura N°5
Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión
y Ajuste para la fase de ADULTO



$$Y_i = B_0 + B_1 X_i$$

$$\text{Adulto (días)} = 42,35 - 0,785(\text{temperatura})$$

Temperatura (°C)	10	15	20	25
Adulto (días)	35,733	28,527	27,047	23,14

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

El diagrama de dispersión nos revela que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la fase de adulto del ciclo de la polilla, de acuerdo con la fórmula de la recta, comprobamos que la pendiente de la recta indica que en promedio por cada grado de temperatura se disminuye en aproximadamente 1 día (0,785) la duración de la fase de huevo del ciclo de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z.

El coeficiente de determinación de 0,891, dado que es cercano a 1, postula que si conocemos la temperatura, podemos mejorar en un 89,1% el pronóstico sobre la duración de la fase de pupa si, en lugar de utilizar como pronóstico la media de la duración de la fase de pupa, basamos el pronóstico en la temperatura.

A continuación se presenta un cuadro del promedio de la duración (días) de las fases de desarrollo de *Phthorimaea operculella*, para las temperaturas asignadas:

Cuadro N° 11
Promedio de duración (días) de las fases de desarrollo

N° Cámara	Temperatura (°C)	Huevo	Larva	Prepupa	Pupa	Adulto
Cam1	Temp al Ambiente	32,84	64,14	15,09	64,45	38,17
Cam2	Temp 10 °C	18,73	40,24	7,58	29,01	35,77
Cam3	Temp15 °C	14,85	38,89	7,15	28,18	28,53
Cam4	Temp 20 °C	11,59	31,53	4,13	23,94	27,05
Cam5	Temp 25 °C	6,20	25,56	3,34	13,30	23,14

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como puede apreciarse en el Cuadro N° 11, a medida que disminuye la temperatura aumenta el período de desarrollo en cada una de las fases, presentándose el mayor

periodo de desarrollo en la cámara número 1, la cual estuvo expuesta a temperatura ambiente, la diferencia en días de desarrollo a temperaturas de 10 °C, 15 °C, 20 °C y 25 °C presentan variación en forma descendente entre las mismas, los periodos de permanencia en cada una de las fases disminuye considerablemente, en concordancia con lo que pasa dentro del cultivo de papa, donde, Calderón *et. al* (2002), mencionan que en condiciones de campo las poblaciones pueden ser evidentes cuando las temperaturas diarias alcanzan 16°C en promedio; estas poblaciones se incrementan rápidamente cuando las temperaturas varían entre 20-25°C.

En este sentido tenemos, para el caso de la:

- **Cámara 1 de temperatura al ambiente**, respecto al promedio total en días para las fases de huevo, larva, prepupa, pupa y adulto de 32,8, 64,1, 15,1, 64,1y 38,2 respectivamente podemos apreciar que es bastante elevado en relación a los demás, la bibliografía encontrada acerca de este caso son trabajos realizados en campo, donde Ruiz (1998), indica que para la provincia Aroma se presentan 3 generaciones durante el ciclo fenológico del cultivo de la papa, sin embargo Vera (2009) menciona en su trabajo de tesis que, en el municipio de Umala se identifican 2 generaciones donde si bien la temperatura influyó en gran medida lo hizo también la humedad existente, para esta cámara a temperatura al ambiente se tuvo una generación en este mismo periodo que no se compara con lo ocurrido en campo.

Por lo tanto podemos decir que más que la temperatura ambiental, influiría la temperatura dentro de las parcelas, lo cual favorecería en gran manera a que esta plaga prospere dentro del cultivo, y no así como en el caso del presente estudio con influencia directa de la temperatura ambiental registrada.

- **Cámara 2 de temperatura 10 °C**, observamos que los promedios obtenidos son los más altos por ser la temperatura constante más baja utilizada.

Revisando la bibliografía, no se encontró estudios de la polilla (*P.o.*) a esta temperatura, sin embargo, Gamboa y Notz (1990), afirman que el cero de desarrollo para esta especie se dio a una temperatura de 11,8 °C, lo cual indica que esta plaga no deberá prosperar a temperaturas inferiores a los 11°C, que difiere en gran medida a lo encontrado en el presente estudio, esto puede ser causa de la adaptabilidad de los insectos al medio que los rodea, siendo esta zona particularmente fría, las polillas pudieron haber encontrado mecanismos para disminuir su motilidad en épocas de frío intenso, como las que se dan a partir de mayo y se extienden hasta fines de agosto y de esta manera logran distorsionar su ciclo, mientras que, Kranz *et al.* (1977) por su parte, encontró que el desarrollo larval es completado en 67 días a 11°C y el estado de pupa ocurre a los 38 días a 11°C, lo cual es un poco mas alto que el encontrado a 10 °C.

- **Cámara 3 de temperatura 15 °C**, para ésta cámara se encontró los promedios para la fase huevo de 14,85 días, larvas de 38,89 días, prepupa de 7,58 días, pupa de 28,18 días y adulto de 35,77días, como se muestra en el cuadro 11, situación que se relaciona con los estudios de la misma especie para la temperatura de 15 °C, realizadas por Gamboa y Notz (1990) quienes mencionan que el tiempo en días de incubación (fase huevo) fue de 17, 4 días y promedio días de la fase de larva a adulto fue de 96 días, lo cual no es muy diferente a lo obtenido en este estudio, con 14,8 días de incubación y 110,4 días de la fase de larva a adulto, en promedio. Choe *et al.* (1980), indican que bajo condiciones de laboratorio, y estudiando el ciclo de vida encontraron que el desarrollo la longevidad de los adultos fue de 17.6 días en primavera a 16.1°C y 13.3 días en otoño a 17.8°C, resultados que comparados con el presente estudio para una temperatura de 15°C, la variación de $\pm 2^\circ\text{C}$ de estos estudios preliminares, afecta considerablemente al número de días en la fase de adultos.

- **Cámara 4 de temperatura 20 °C**, los promedios (días) encontrados para esta temperatura disminuyen en comparación a la temperatura de 15°C, según Gamboa y Notz (1990), para la misma temperatura, el tiempo de incubación promedio fue de 9,76 días y el desarrollo de larva a adulto fue de 47,98 días, en el primer caso es similar el número de días para huevo (11,59 días), pero para larva a adulto varía en gran magnitud, casi la mitad de lo encontrado que es de 86,65 días. Choe *et al.* (1980), bajo condiciones de laboratorio, estudiando el ciclo de vida encontró que el desarrollo de huevo a adulto es de 49.4 días en primavera a 18.2°C, con la diferencia de 1,8°C, por lo tanto el resultado concuerda con el obtenido por Gamboa y Notz (1990). Probablemente sea por que las polillas con las que se trabajaron en este estudio, están mas adaptadas a zonas frías o responden mejor, Barroso (1974), indica en cuanto a la ampliación del ciclo de vida, para la Tecia solanivora (polilla de papa), que puede haber un alargamiento en los instares de la fase - larva (menciona hasta un sexto instar) o en la fase de pupa debido al manipuleo del material biológico en el laboratorio, también se podría atribuir la presencia de factores externos aún no precisados.
- **Cámara 5 de temperatura 25 °C**, los promedios de ésta cámara, al ser comparadas con las de Gamboa y Notz (1990), en el que, el tiempo de incubación promedio fue 5,42 días y el desarrollo de larva a adulto fue de 26.55 días, y también las de Choe *et al.* (1980), que encontraron que el desarrollo de huevo a adulto es de 21 días en verano a 26.8°C y de 26.1 días a 24.2°C, donde dichos valores citados por los autores es similar al número de días de incubación (huevo), sin embargo, no lo es en el desarrollo de larva - adulto, que para el presente estudio es de 65,34 días en promedio. Por otro lado, Chura (1992) reporta, para una temperatura de 24,7°C y una humedad relativa no controlada, que los promedios en días para huevo, larva, pupa y adulto son de 5, 20, 7 y 21 días respectivamente, que son bastante similares al presente estudio.

Por otra parte los datos aportados por Kranz *et al.* (1977) indican que: los huevos eclosionan en 108 horas (4,5 días) a 26.5°C, por lo tanto el desarrollo larval es completado en 12 días a 25°C y 9 días a 32°C; el estado de pupa ocurre a los 6.5 días a 32°C y los adultos pueden vivir 13 días a 25°C y 65% de humedad relativa, con dieta de miel.

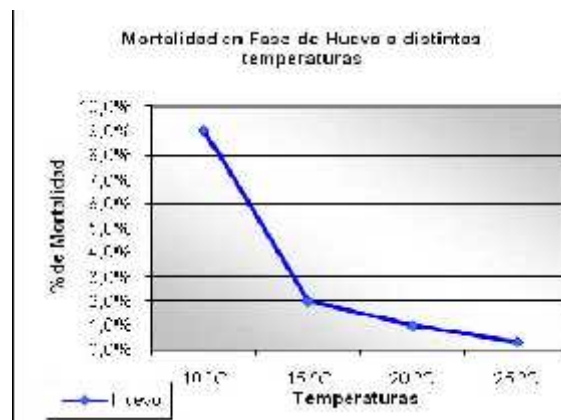
Este último estudio, en el cual la humedad relativa es un factor controlado, proyecta lo que podría ser el factor determinante para la diferencia en el número de días, que es otro factor importante que incide en el ciclo de vida de la polilla. Dado que para este estudio, la humedad relativa registrada de la región de Patacamaya es de 35% - 40%, en este sentido Gamboa y Notz (1990), mencionan que en el estudio experimental de la biología de los insectos, la humedad y la temperatura van ligados, por lo tanto es importante referirse a uno de estos factores sin considerar debidamente al otro.

5.2. Mortalidad de las fases de *Phthorimaea operculella*

La mortalidad de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* en sus diferentes fases y a las temperaturas determinadas, puede observarse a continuación:

Figura Nº 6

Mortalidad en la fase de HUEVO

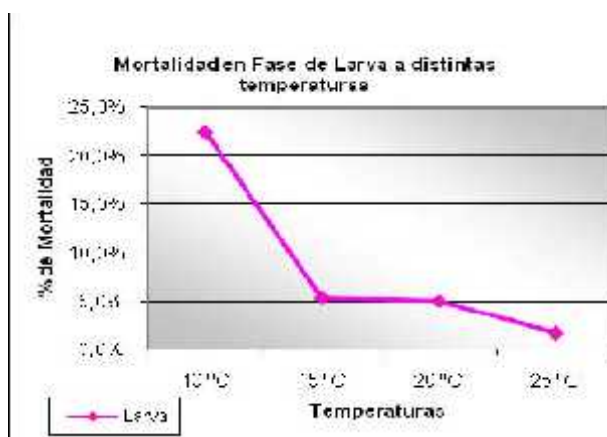


Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como puede apreciarse en esta figura, el porcentaje de mortalidad del huevo a una temperatura de 10 °C es de 9%, cuando la temperatura es de 15 °C el porcentaje de mortalidad baja a un 2%, si la temperatura sube 5 °C (20 °C) el promedio de mortalidad disminuye a 1%, y finalmente cae hasta el promedio de mortalidad de 0.3% cuando se eleva la temperatura a 25 °C, esta gráfica nos muestra una brecha enorme para esta fase, de la temperatura de 10 °C a la de 15 °C, lo cual demuestra que esta fase es muy sensible bajo la influencia de temperaturas bajas y seguramente también de la influencia de la humedad.

Figura N° 7

Mortalidad en la fase de LARVA

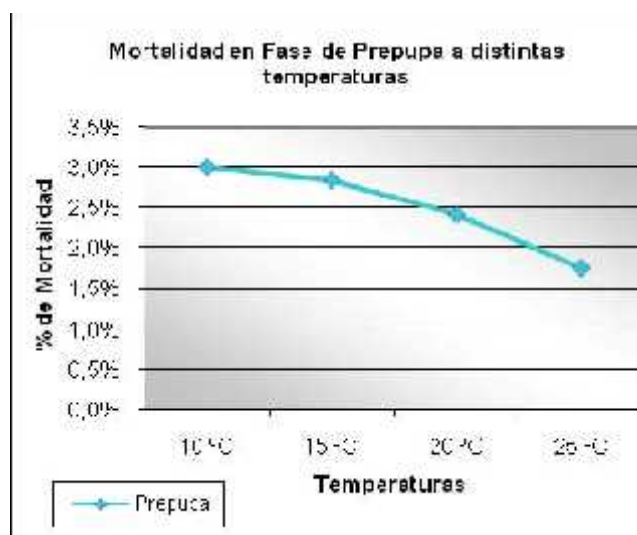


Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la segunda figura, se puede apreciar el promedio de mortalidad de la larva a distintas temperaturas, a la temperatura de 10 °C se revela un elevado promedio de mortalidad de 22.4%, pero cuando la temperatura sube a 15 °C la mortalidad

baja bruscamente a 5.3%, para la temperatura de 20 °C el promedio de mortalidad no cambia significativamente con un 5 % y desciende la mortalidad para la temperatura de 25 °C a un 1,7%, por lo que se puede inferir, que ésta es la fase más sensible a las bajas temperaturas, pero cabe mencionar que esta mortalidad hallada para la fase-larva a 10 °C, es del primer instar en el desarrollo larvario, es decir, de los primeros días después de la eclosión de los huevos, se observó que la mayoría de ellas (las que murieron), al eclosionar no poseían mucha motilidad y se desplazaban alrededor del tubérculo mas no lo consumían.

Figura N° 8
Mortalidad en la fase de Prepupa



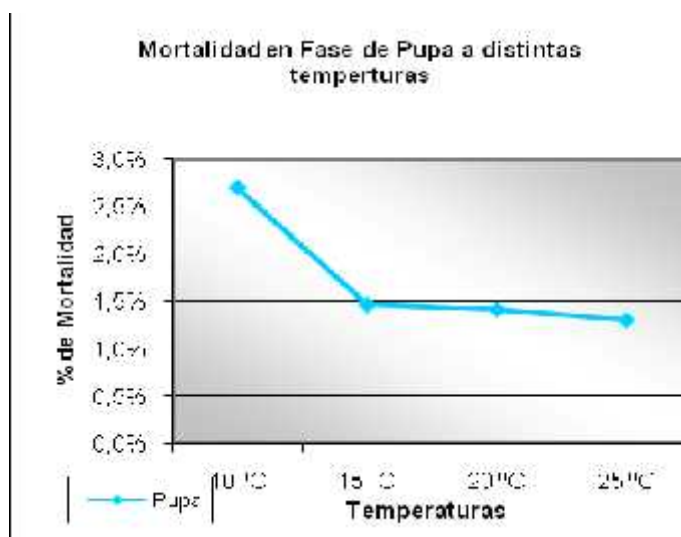
Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la figura 8, se puede observar el porcentaje de mortalidad de la prepupa, a diferentes niveles de temperatura, donde a una temperatura de 10 °C la mortalidad es de 3%, cuando este nivel de temperatura cambia a 15 °C el promedio de mortalidad es de 2.8%, baja a 2.4% cuando cambia a 20 °C, y cae a 1,7% si el

nivel aumenta a 25 °C; asimismo se puede observar que no existe una diferencia significativa en esta fase pero que notablemente va descendiendo el porcentaje de mortalidad tras el descenso de temperatura, por lo que podemos expresar que es una fase moderadamente sensible a la influencia de la temperatura.

Figura N° 9

Mortalidad en la fase de PUPA



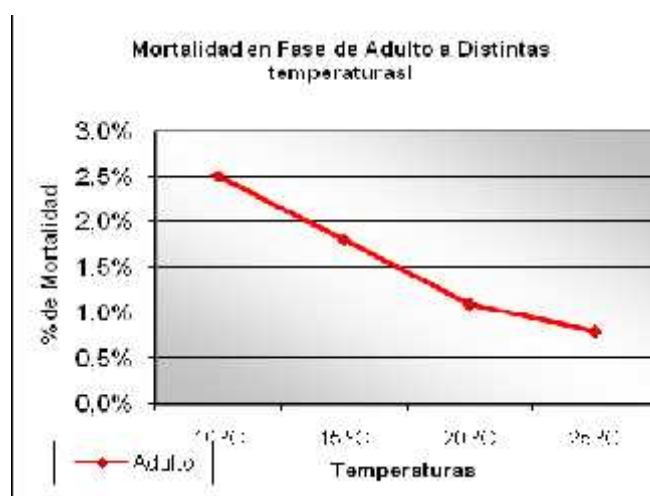
Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la figura 9 se puede observar el porcentaje de mortalidad en la fase de pupa, donde a una temperatura de 10 °C es de 2,7%, pero esta cambia cuando la temperatura aumenta a 15 °C ya que el porcentaje de mortalidad desciende a 1,5%. Cuando la temperatura cambia a 20 °C el porcentaje de mortalidad de la pupa es 1,4% y para la temperatura de 25 °C, el porcentaje es de 1,3; se consigue ver que no hay cambios reveladores para las temperaturas de 15 °C, 20 °C y 25 °C, mas para la temperatura de 10 °C, la mortalidad crece en un 1%.

Estos resultados nos demuestran que es una fase poco sensible a la temperatura y probablemente sensible al manipuleo en laboratorio, factor que pudo influir con este comportamiento, ya que para saber si la pupa estaba activa se la movía con el pincel y se observaba el color de la misma.

Figura N° 10

Mortalidad en la fase de ADULTO



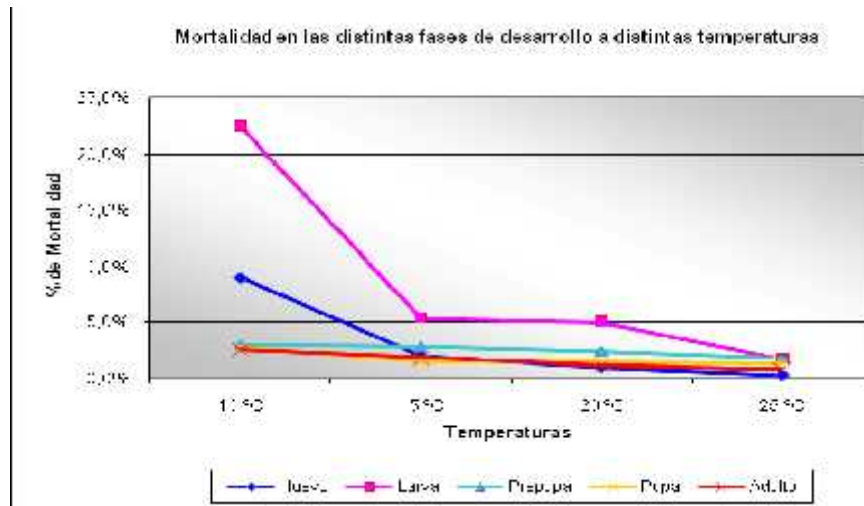
Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la figura 10, tenemos el porcentaje de mortalidad del adulto comparada a distintas temperaturas, como se puede apreciar a medida que aumenta la temperatura de 10 °C a 25 °C, la tasa de mortalidad desciende de 2,5% a 0,7%, entonces se puede percibir que hay una relación inversamente proporcional a la de la temperatura con la mortalidad, es decir a mayor temperatura menor porcentaje de mortalidad, lo que quiere decir que en esta fase los adultos necesitan de una temperatura alta para prosperar.

En resumen se presenta la siguiente figura:

Figura N° 11

Mortalidad en las distintas fases de desarrollo y a distintas temperaturas



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como puede verse en la figura, los porcentajes de mortalidad de huevo y larva son los que muestran mayor sensibilidad a bajas temperaturas que en las demás fases, ya que a menor grado de temperatura, su porcentaje de mortalidad asciende en gran manera para la temperatura de 10 °C.

Por otro lado, los porcentajes de mortalidad en las fases de prepupa, pupa y adulto si bien son afectados por la temperatura no son tan sensibles a las bajas temperaturas, cotejando estos datos obtenidos con los de Gamboa y Notz (1990), son considerablemente mas bajos, ya que afirman que el porcentaje de mortalidad también se incrementa con la disminución de la temperatura pero en una forma más dramática, de 21.6% para 30°C hasta 35.4% para 15°C en las fases de huevo a larva y en las fases de pupa a adulto, el porcentaje de mortalidad aumenta considerablemente a medida que disminuye la temperatura de 51.85% a 30°C

hasta valores de 92.70% a 15°C, estudio hecho a 70% de humedad relativa, donde los encontrados en el presente estudio son mucho más altos; con respecto al efecto de la humedad, Ruiz (1998), aclara que la humedad no es un factor tan crítico como la temperatura, pero cada especie tiene un nivel óptimo, que puede ser diferente para las diversas fases del ciclo vital pero que definitivamente la humedad **afecta la tasa de mortalidad** en insectos.

5.3. Longevidad de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z.

Para la determinación de la longevidad de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Z.) se tomó en cuenta la cantidad de días del ciclo total promedio de los huevos hasta convertirse en adultos (machos y hembras respectivamente), tomando en cuenta la variación de las temperaturas, es así que se realizó el análisis de varianza de los datos de los promedios del ciclo total de las cámaras de cría a temperatura controlada y los resultados se presentan a continuación:

Cuadro N° 12

Análisis de Varianza del CICLO TOTAL de *P. operculella*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
TRAT	4	34813,206	8703,3015	300,7	0,0001	**
Error	10	289,43467	28,943467			
Total	14	35102,641				
CV(%)	4,24		Media	126,67		

**Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como se puede apreciar en este cuadro, se ha evidenciado que para los cuatro tratamientos existe diferencia altamente significativa, es decir que los promedios de los ciclos totales son diferentes para cada tratamiento así que podemos inferir que la temperatura tiene efecto directo en el ciclo de vida de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller).

El coeficiente de variación (CV= 4,24%) indica que el experimento fue bien conducido y que los datos presentados son confiables.

Para el análisis de la diferenciación entre los niveles de temperatura se utilizó la prueba de "T" y la de Duncan al 5% dando como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro N° 13

Prueba de significancia "T" y "Duncan" al 5%

Tratamiento (°C)	Media	t (5%)	Duncan (5%)
T. Ambiente	214,7	A	A
10	125,3	B	B
15	123,7	B	B
20	98,2	C	C
25	71,5	D	D

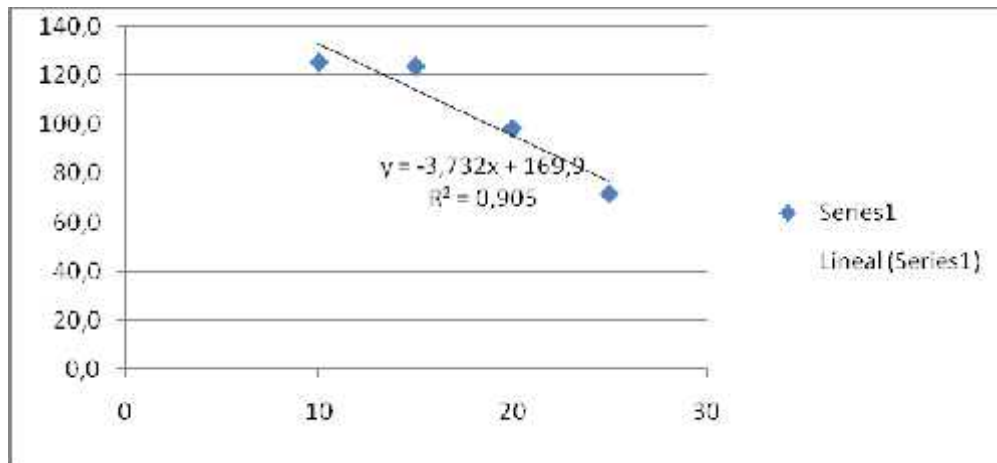
Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Ambas pruebas (Duncan y T), proyectaron el mismo resultado en todos los casos, se puede apreciar que las medias en los niveles de temperatura de 10 y 15 °C tienen la misma letra (B) lo que significa que no existen diferencias que estadísticamente sean significativas, sin embargo es diferente para las temperaturas de 20 y 25 °C.

Para determinar la relación entre las dos variables se realizó la regresión lineal:

Figura Nº 12

Diagrama de Dispersión, Recta de Regresión
y Ajuste para el CICLO TOTAL



$$Y_i = B_0 + B_1 X_i$$

$$\text{Ciclo total} = 169,9 - 3,732(\text{temperatura})$$

Temperatura (°C)	10	15	20	25
Ciclo Total (días)	125,3	123,7	98,2	71,5

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el diagrama de dispersión podemos ver que a medida que aumenta la temperatura disminuye la duración del ciclo total, analizando la fórmula de la recta, la pendiente de la recta indica que en promedio a cada incremento de un grado de temperatura le

corresponde un decremento de 3,732 días del ciclo total de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Z.

El coeficiente de determinación R^2 que es de 0,905, indica que si conocemos la temperatura, podemos mejorar en un 90,5% el pronóstico sobre la duración del ciclo total si, en lugar de utilizar como pronóstico la media del ciclo total, basamos el pronóstico en la temperatura.

5.3.1 Longevidad para macho y hembra de *Phthorimaea operculella*.

Para este caso se realizó promedios y porcentajes del ciclo total separando hembras y machos emergidos en cada cámara de cría, los resultados son los siguientes:

Cuadro N° 14
Longevidad según ciclo total y sexo
Cámara 2: Temperatura de 10 °C

Observaciones	Hembras	Machos	Totales	% de Hembras	% de Machos	Ciclo Hembras	Ciclo Machos
1ra Repetición	24	43	67	36%	64%	165,9	167,3
2da Repetición	29	49	78	37%	63%	165,5	166,5
3ra Repetición	31	36	67	46%	54%	164,5	166,3
PROMEDIO	28	43	71	40%	60%	165,3	166,7

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Se puede notar en el cuadro anterior, que la longevidad en el ciclo total de hembras y machos tiene una diferencia de 1,4 días, con un promedio general de adultos a esta temperatura de 166 días, con lo que se reflejaría hipotéticamente,

un total de 2 generaciones por año, lo cual indica que esta plaga puede sobrevivir a esta temperatura, mas no prosperar.

También se puede observar que existe mayor cantidad de machos teniendo como porcentaje un 60% de este sexo y un 40% de hembras, por lo cual la proporción promedio entre machos y hembras es de dos machos por cada hembra, de un total de 71 individuos.

Cuadro Nº 15
Longevidad según ciclo total y sexo
Cámara 3: Temperatura de 15 °C

Observaciones	Hembras	Machos	Totales	% de Hembras	% de Machos	Ciclo Hembras	Ciclo Machos
1ra Repetición	31	56	87	36%	64%	135,1	136,3
2da Repetición	36	51	87	41%	59%	134,0	135,9
3ra Repetición	40	52	92	43%	57%	134,0	136,1
PROMEDIO	36	53	89	40%	60%	134,4	136,1

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En este cuadro se puede apreciar que el ciclo de las hembras como de los machos no se vio muy diferente entre si, con un promedio en días del ciclo total de 135,25, Gamboa y Notz (1990), por su parte afirma que para esta temperatura, el ciclo total de huevo a adulto es de 106 días, con una diferencia de ± 30 días más, a lo encontrado en el presente estudio, se obtendría un número hipotético de generaciones de 2,7 es decir de 5 generaciones cada 2 años, que como en el caso de 10 °C, es una plaga que se puede adaptar a las temperaturas bajas, pero no prosperar.

Cuadro N° 16
Longevidad según ciclo total y sexo
Cámara 4: Temperatura de 20 °C

Observaciones	Hembras	Machos	Totales	% de Hembras	% de Machos	Ciclo Hembras	Ciclo Machos
1ra Repetición	42	48	90	47%	53%	104,0	103,8
2da Repetición	37	54	91	41%	59%	103,0	104,5
3ra Repetición	34	58	92	37%	63%	103,3	104,6
PROMEDIO	38	53	91	41%	59%	103,4	104,3

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En este cuadro se puede expresar que entre repeticiones y con relación al ciclo total, no se ve diferencia significativa, teniendo como un promedio total de 103,85 días, para esta temperatura Gamboa y Notz (1990) manifiestan que el promedio en días para longevidad de huevo a adulto es de 62 días, con una diferencia de \pm 40 días con el encontrado en este estudio y con un estimado de 5 generaciones por año, no obstante en este caso son 3 generaciones por año.

Para el caso de los totales de hembras y machos, se puede ver que entre las repeticiones se ve en todos los casos un mayor número en machos que en hembras, con un porcentaje encontrado para machos de 59% y 41% para hembras.

Cuadro N° 17
Longevidad según ciclo total y sexo
Cámara 5: Temperatura de 25 °C

Observaciones	Hembras	Machos	Totales	% de Hembras	% de Machos	Ciclo Hembras	Ciclo Machos
1ra Repetición	42	44	86,0	49%	51%	75,7	76,5
2da Repetición	43	47	90,0	48%	52%	73,9	78,7
3ra Repetición	42	50	92,0	46%	54%	75,8	77,4
PROMEDIO	42	47	89,3	47%	53%	75,1	77,5

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el cuadro, se puede observar que para la longevidad en días, no se observó diferencias entre los promedios encontrados para hembras y machos, comparados con el promedio total que es de 76,3 días, al respecto Gamboa y Notz (1990), indican que para esta temperatura la longevidad en días de huevo a adulto es de 48, que frente al encontrado exhibe una diferencia de ± 28 días, con un número hipotético de 8 generaciones por año, en contraste con lo obtenido de 5 generaciones por año.

Con respecto a la diferencia en longevidad de machos y hembras, Patrissoli *et. al* (2003), mencionan mayor longevidad para machos, para una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 70%, donde, se tiene una longevidad de 33,4 días para machos y 31,7 días para hembras, que es reportado también por Dorestes y Nieves (1968), que informaron de una mayor longevidad de los machos adultos, en papa, con 14,4 días para machos y 13,5 días para hembras y en hojas de tabaco con 14,8 días para machos y 9,1 días para hembras, y Gamboa y Notz (1990), que también mostró una mayor longevidad de machos (24,2 días) que para las hembras (17,3 días) en la papa.

Sin embargo, la longevidad de *P. operculella* reportados por estos autores fue siempre menor que la encontrada en el presente trabajo.

Empero, para el caso de Chura (1992) con 22 días para hembra y 23 días para macho, que es lo más cercano a los resultados obtenidos, probablemente debido a que este estudio fue realizado en territorio boliviano (Cochabamba).

En este sentido y en resumen se tiene lo siguiente:

Cuadro Nº 18
Número Hipotético de Generaciones

Observaciones	Hembras	Machos	Ciclo Hembras	Ciclo Machos	Nº Hipotético generaciones/año
10 °C	28	43	165,3	166,7	2
15 °C	36	51	134,0	135,9	2-3
20 °C	38	53	103,4	104,3	4
25 °C	42	47	75,1	77,5	4-5

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Como puede verse en el cuadro, esta plaga resultaría más dañina a temperaturas altas que a temperaturas por debajo de 20°C, ya que alcanzan un mayor número de generaciones en un año, lo que ocasionaría bajas en la producción que derivan en un daño económico, pero una vez más señalar que estos valores encontrados están sujetos a cambios de la humedad y también del fotoperiodo. Al respecto SIBTA (2006), nos aclaran que los insectos presentan una humedad óptima bajo condiciones naturales, y que la temperatura y humedad influyen al mismo tiempo; igual temperatura a distintas humedades tiene diferente influencia. La humedad

del medio es también un factor ecológico de gran importancia puesto que desempeña el papel regulador de la temperatura del cuerpo.

También, SIBTA (2006), mencionan que en su actividad vital, los insectos pierden grandes cantidades de agua durante la respiración (pérdida de humedad), la alimentación y la excreción.

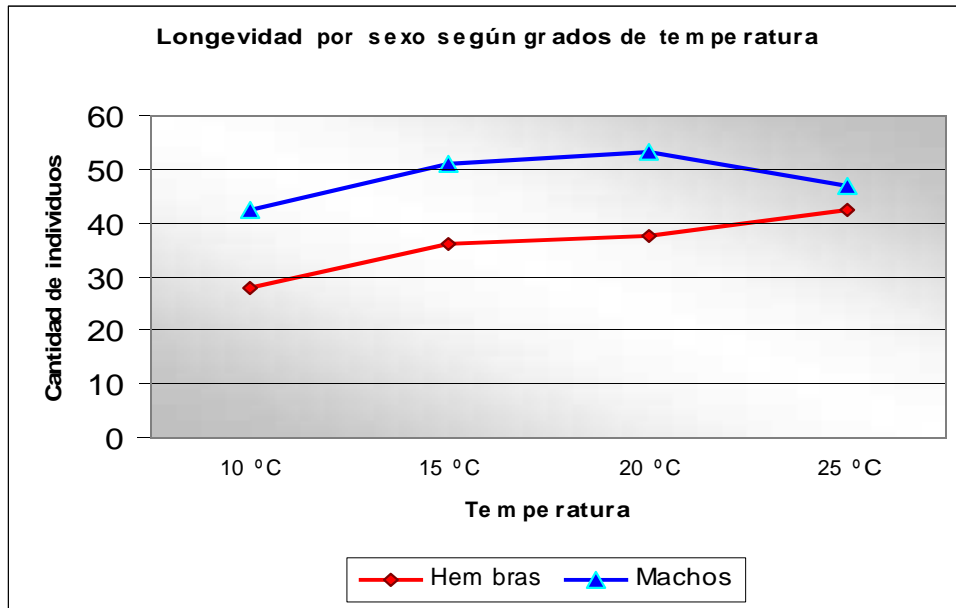
Según bibliografía estudiada, las generaciones hipotéticas encontradas se incrementan a medida que aumenta la temperatura, donde, Ruiz (1998), indica que para la provincia Aroma se presentan 3 generaciones durante el ciclo de cultivo de la papa.

Los resultados del estudio de la longevidad para las distintas temperaturas se pudieron apreciar en los cuadros anteriores, es así que puede verse que la mayor cantidad de sujetos en el presente estudio son machos, notándose una no tan marcada diferencia en días para machos que supera al de las hembras.

Al respecto Torrez *et. al* (1997), en su estudio de la polilla de la papa *Tecia solanivora* sugiere que la diferencia entre machos y hembras respecto a su longevidad, está ligada a su actividad reproductiva, muestran que al comparar machos apareados y machos vírgenes, se detecta diferencia significativa entre ellos, encontrándose que los vírgenes viven en promedio 3,15 días más que los apareados. Cuando se compararon hembras apareadas con las vírgenes no se encontraron diferencias significativas entre ellas con respecto a la longevidad, lo que explicaría los promedios encontrados en este estudio en el que se trabajó con machos vírgenes (que no se aparearon).

Figura N° 13

Cantidad de individuos por sexo



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En la figura se puede observar que existe una diferencia marcada en el número de machos frente a las hembras en las temperaturas de 10, 15 y 20 °C, longevidad que se acorta en gran medida debido a la temperatura de 25 °C donde, la cantidad de machos y hembras llega a números similares, pero la preponderancia de machos sobre las hembras aún es notoria como se muestra en el cuadro siguiente en la proporción de hembras y machos.

5.4. Proporción entre Machos y Hembras

Para la relación entre cantidad de machos y hembras en las diferentes temperaturas, se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro N° 19

Proporción Machos : Hembras

Observaciones	Hembras	Machos	Totales	% de Hembras	% de Machos	Proporción Macho :Hembra
10 °C	28	43	71,0	39%	61%	2:1
15 °C	36	53	88,7	40%	60%	1:1
20 °C	38	53	91,0	41%	59%	1:1
25 °C	42	47	89,3	47%	53%	1:1

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

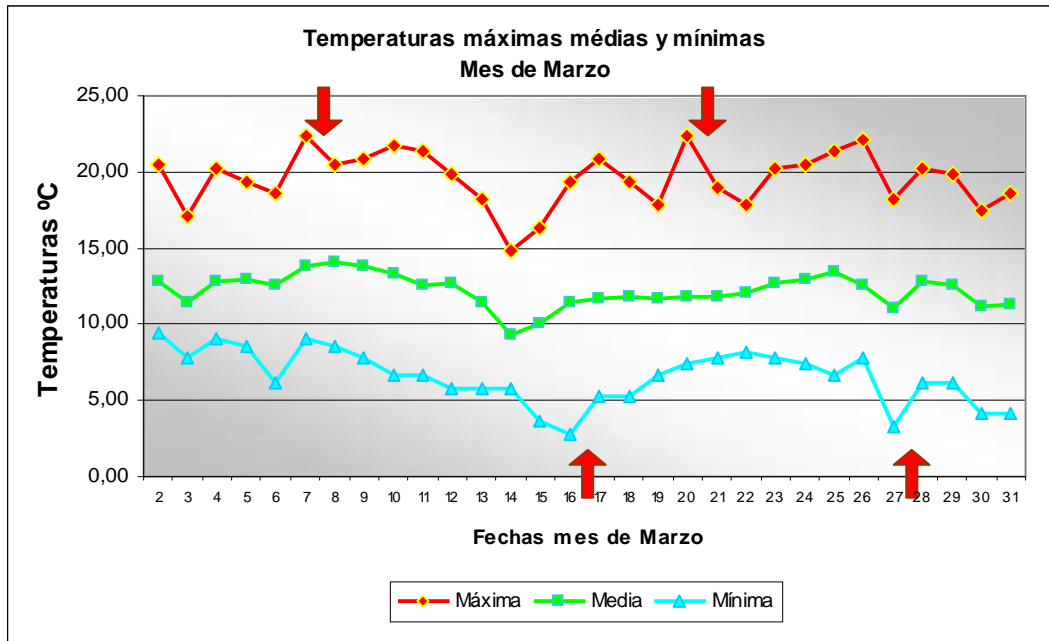
En este cuadro se puede prestar atención a la cámara 2 de temperatura 10 °C en la que existe mayor cantidad de machos teniendo como porcentaje un 60% de este sexo y un 40% de hembras, por lo cual la proporción promedio entre machos y hembras es de dos machos por cada hembra.

En la cámara 3, 4 y 5 de temperatura 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente, se puede observar que aún existe mayor cantidad de machos pero que, sin embargo la diferencia del porcentaje es mínima, por lo cual la proporción promedio entre machos y hembras es de un macho por cada hembra, aproximadamente.

Cabe resaltar que en la temperatura más baja (10 °C), como se dijo, existe mayor proporción de machos en relación a las hembras, no se ha encontrado estudios relacionados a la proporción de sexos en esta especie, ni en sus homólogas, por lo que puede ser atribuible a efectos de humedad o fotoperiodo que no fueron controlados en este estudio, que son factores que también influyen en el ciclo de vida de los insectos.

5.5. Temperaturas relacionadas a las Fases de Desarrollo (solo para la cámara 1: temperatura ambiente)

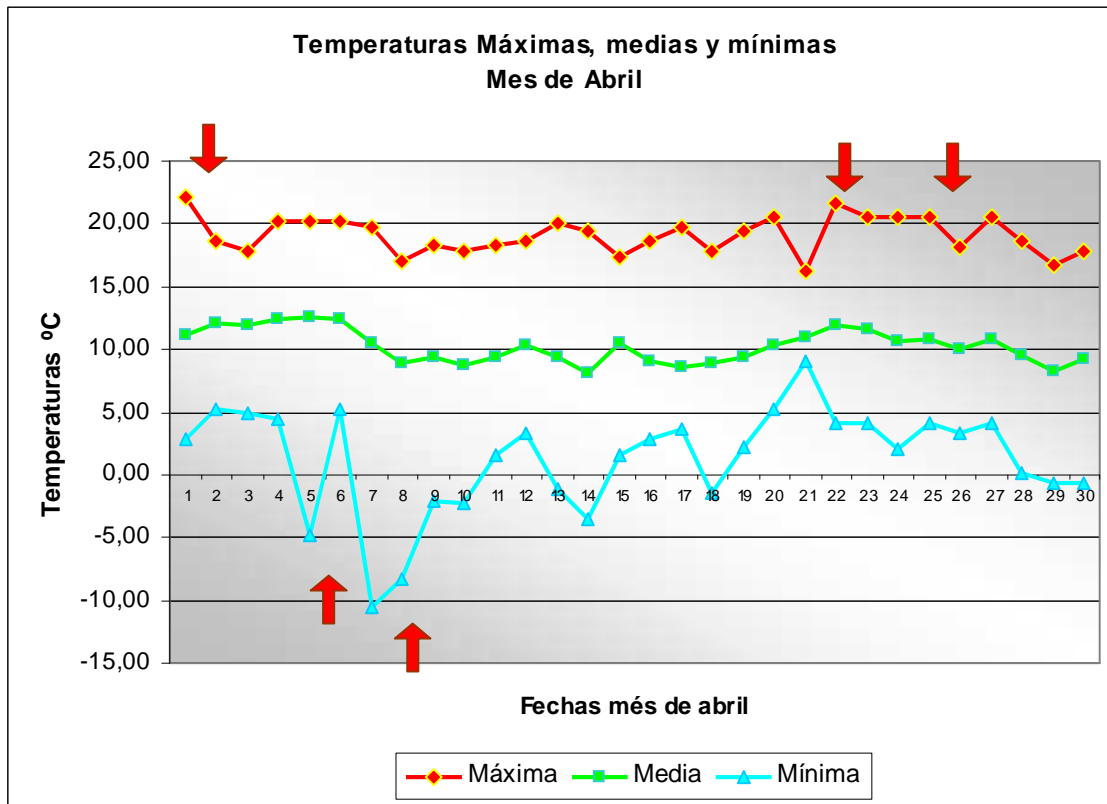
Figura N° 14. Temperaturas mes de Marzo
Cámara 1: Temperatura al ambiente



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En fecha 6 de Marzo se instaló la cámara 1 la cual se encontraba a temperatura ambiente, presentando en dicha fecha, una temperatura máxima de 18,6 °C y una mínima de 6,2 °C. En el transcurso del mes de marzo no hubo ningún cambio a otra fase, todo los individuos permanecieron en la fase de huevo, teniendo en cuenta que las temperaturas a lo largo de todo el mes fueron muy fluctuantes presentando temperaturas máximas de 22,4 °C/22,10°C, y temperaturas mínimas de 2,8 °C y 3,3 °C temperaturas que se presentaron entre la segunda y tercera semana del mes de marzo.

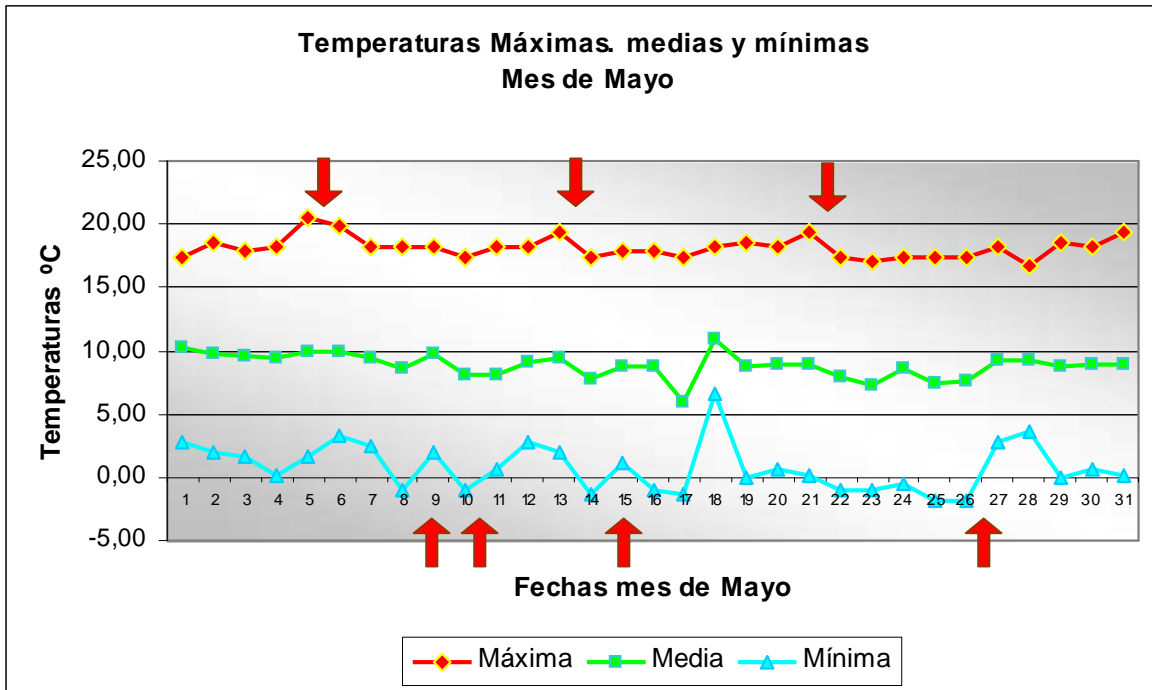
Figura N° 15. Temperaturas mes de Abril
Cámara 1: Temperatura al ambiente



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el mes de abril las temperaturas más elevadas se presentaron durante la primera y cuarta semana con temperaturas de 22,10 °C y 21,7 °C respectivamente, las mismas no presentaron cambios significativos en el desarrollo de las polillas de la papa, sin embargo los siete y ocho de abril se presentaron temperaturas extremadamente bajas que oscilaban entre los -10,5 °C y -8,3 °C, las cuales si tuvieron efectos en el desarrollo de las polillas de la papa, en el transcurso de los dos días con las temperaturas más bajas del mes se presentaron muchas muertes en el cambio de la fase de huevo a la fase de Larva, y de la misma manera aquellas que llegaron a la fase de larva en este periodo resistieron entre 2 y 3 días, muriendo en su primer instar.

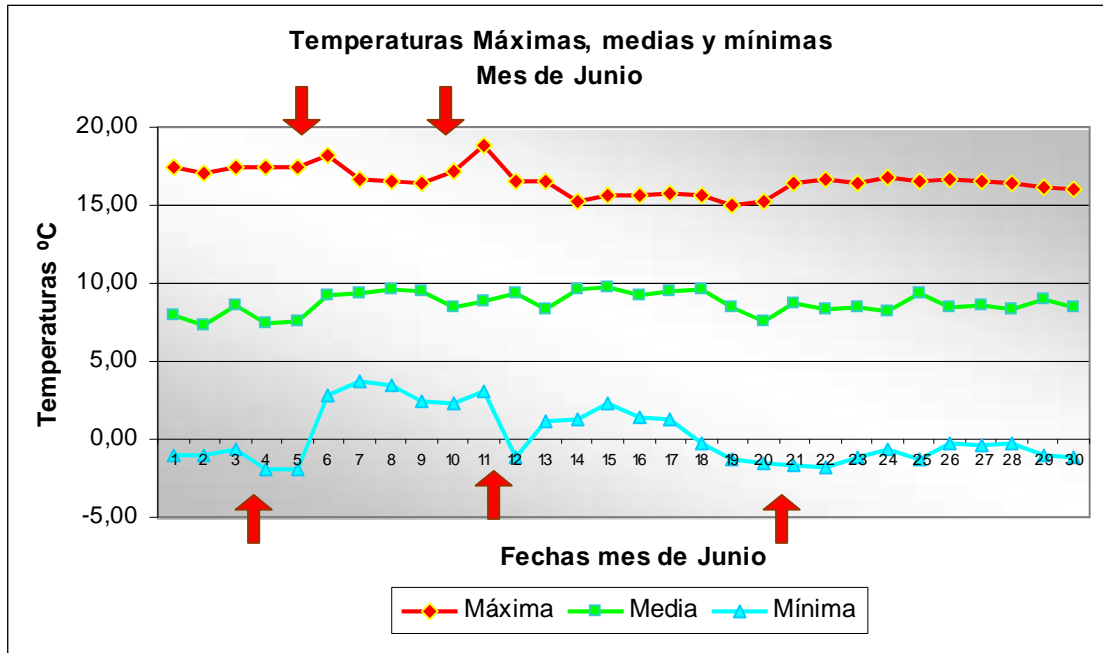
Figura Nº 16. Temperaturas mes de Mayo
Cámara 1: Temperatura al ambiente



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el mes de mayo se presentaron temperaturas máximas presentándose la más elevada en la primera semana del mes, la misma alcanzó a los 20,5 °C la misma no tubo ninguna influencia en el desarrollo de las larvas en la cámara 1, así mismo las temperaturas más bajas se presentaron en la tercera y cuarta semana del mes, las mismas alcanzaron a los 1,4 °C y -1,9 °C respectivamente, dichas temperaturas, tampoco afectaron al desarrollo de las larvas.

Figura N° 17. Temperaturas mes de Junio
Cámara 1: Temperatura al ambiente

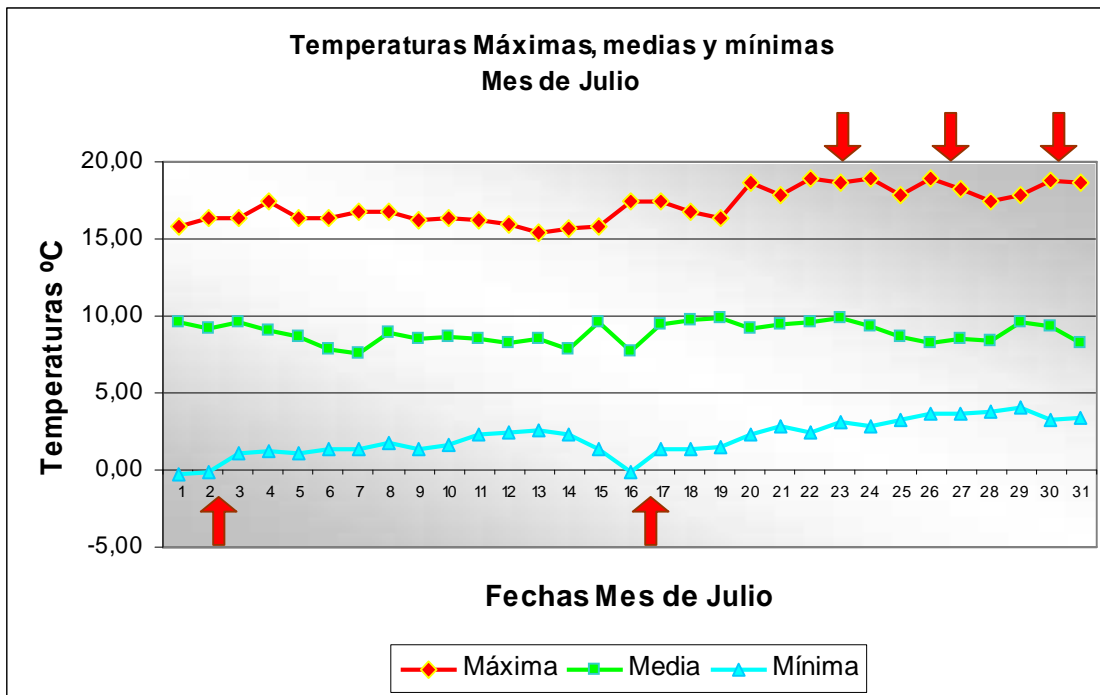


Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Las temperaturas más elevadas en el mes de Junio se presentaron en la primera y segunda semana (18,9 °C) las mismas no tuvieron influencia en la continuidad del desarrollo de las polillas de la papa, así mismo las temperaturas más bajas se presentaron casi de manera constante entre el 19 y 25 de Junio oscilando las temperaturas más bajas entre - 1,80°C, 1,7 °C y 1,6 °C, temperaturas que no representaron gran cambio en el desarrollo de los individuos, sin embargo en los últimos tres días del mes se presentaron los mayores cambios de larva a prepupa.

Figura Nº 18. Temperaturas mes de Julio

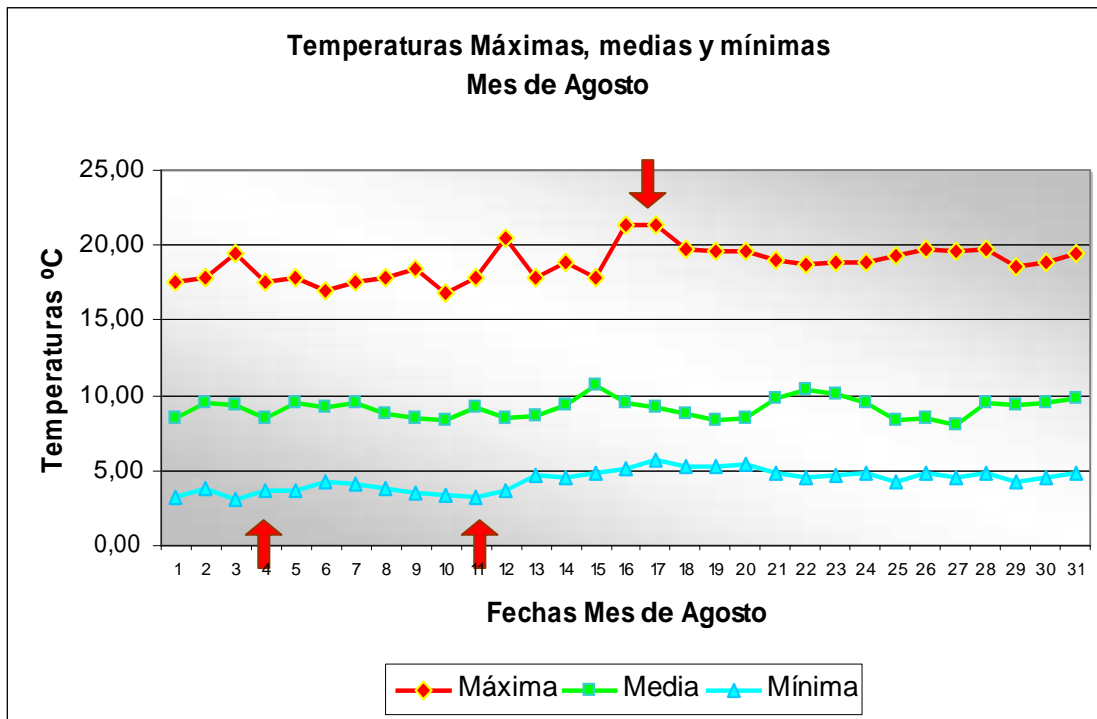
Cámara 1: Temperatura al ambiente



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el mes de julio las temperaturas más bajas se presentaron en la primera quincena del mes con $-0,30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$, no teniendo ningún efecto secundario en el desarrollo de las prepupas, sin embargo en los últimos días de la tercera semana y los primeros de la cuarta, se presentaron las temperaturas más elevadas de $18,90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $18,70\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $18,60\text{ }^{\circ}\text{C}$ las cuales temperaturas en las cuales se presentaron grandes cambios porque las prepupas pasaron a la fase de pupas casi en su totalidad.

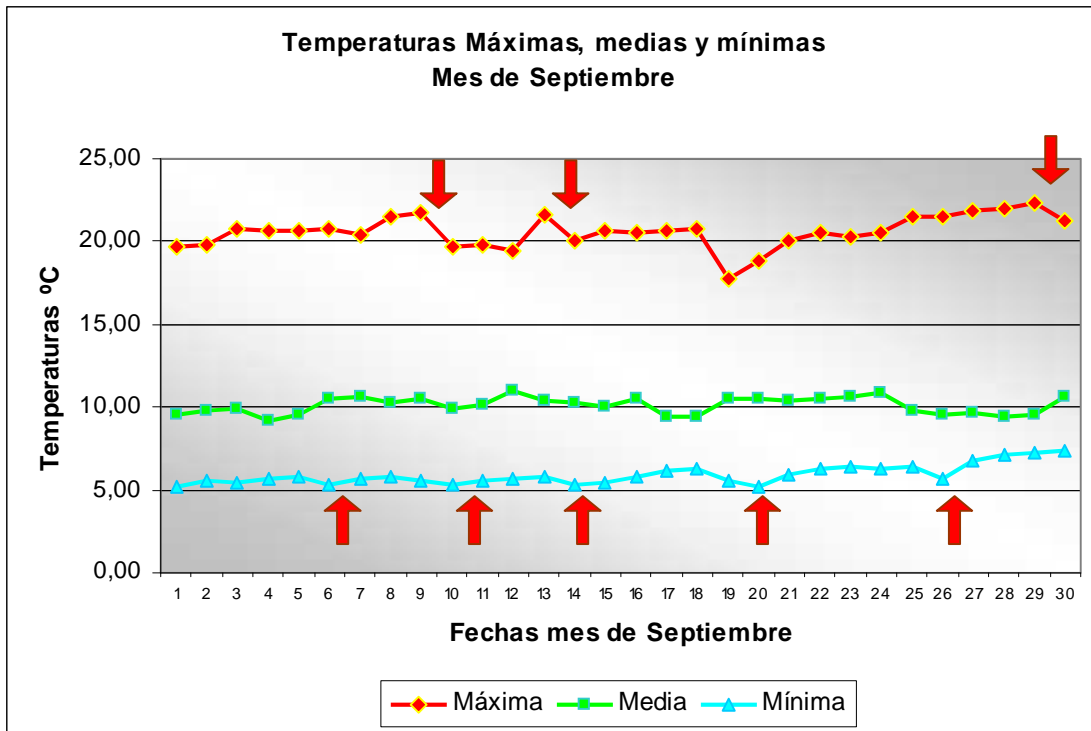
Figura N° 19
Temperaturas mes de Agosto
Cámara 1: Temperatura al ambiente



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Las temperaturas más bajas el mes de agosto se presentaron durante los doce primeros días del mes oscilando las mismas entre 3,4 °C, 3,2 °C y 3,1 °C, así mismo las temperaturas cambiaron durante la segunda semana del mes ubicándose las más altas entre los 21,40 °C y 21,30 °C, no repercutiendo las mismas en cambios significativos en el desarrollo de las pupas.

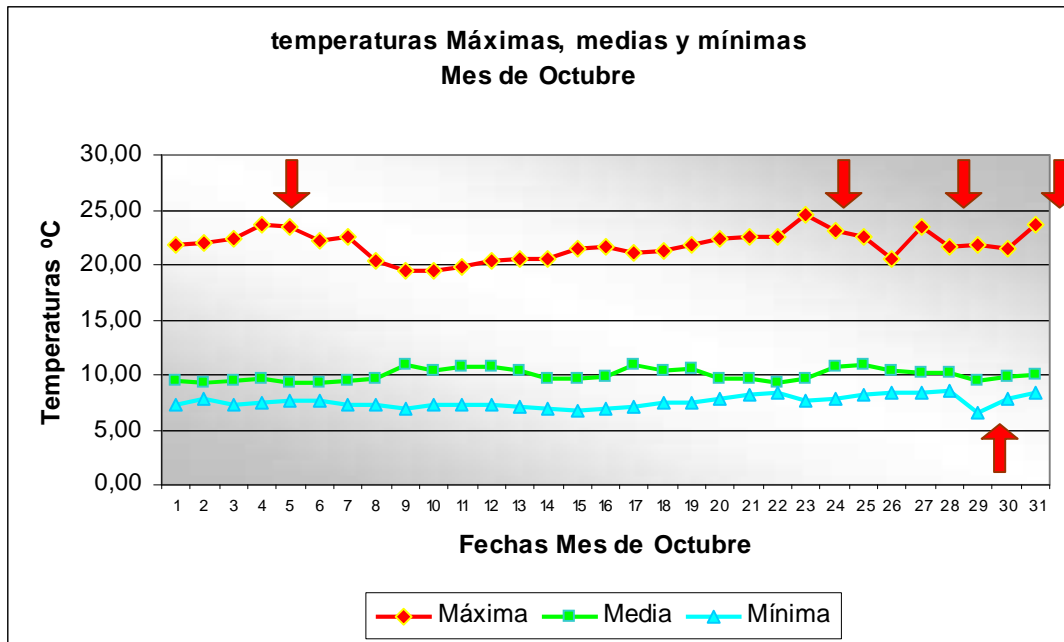
**Figura N° 20. Temperaturas mes
de Septiembre
Cámara 1: Temperatura ambiente**



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Entre la primera y segunda semana se prestaron las temperaturas más bajas del mes de septiembre, las mismas llegaron a los 5,3 °C y 5,2°C , no teniendo las mismas influencia en el desarrollo de las pupas, de la misma manera en la ultima semana se presentaron las temperaturas más elevadas de 22 °C y 22,3 °C las mismas tampoco representaron cambios significativos en el desarrollo de las pupas.

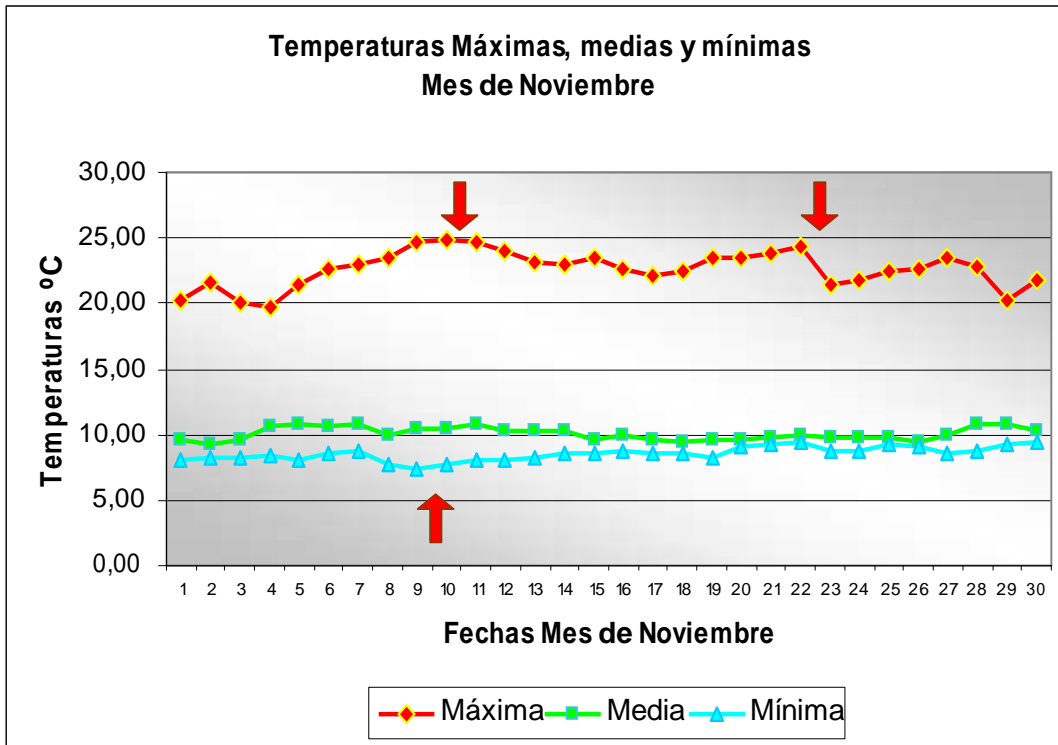
**Figura N° 21. Temperaturas
mes de Octubre
Cámara 1: Temperatura al ambiente**



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

Las temperaturas más elevadas del mes se la tuvo en la primera y ultima semana oscilando las mismas en 23,7 °C y 24,6 °C , las temperaturas mínimas se presentaron en la segunda semana del mes de Octubre , durante las mismas se empezaron a dar los cambios de pupa a adulto, de tal manera que para la cuarta semana del mes todos los individuos llegaron a se adultos.

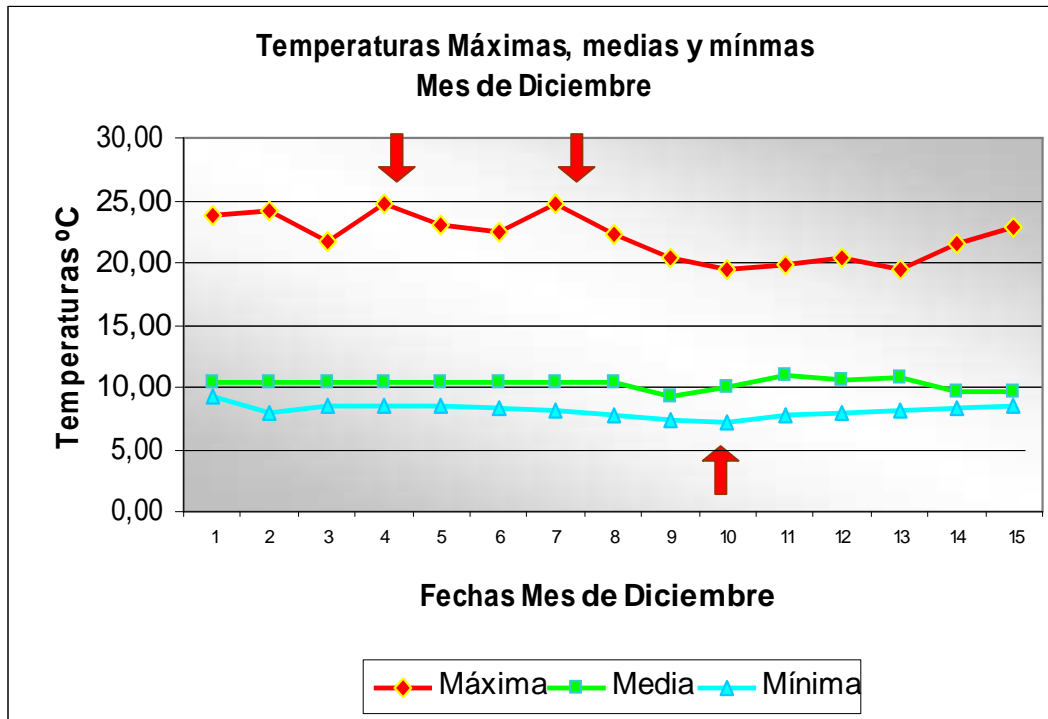
**Figura N° 22. Temperaturas mes
de Noviembre
Cámara 1: Temperatura al ambiente**



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el mes de Noviembre las temperaturas máximas se presentaron durante la segunda semana con 24,80 °C y 24,70 °C así mismo las temperaturas mínimas se presentaron en los mismos días con 7,40 °C y 7,80 °C, las mismas no afectaron en el desarrollo de los adultos de la polilla de la papa, sin embargo durante los últimos 4 días del mes donde las temperaturas máximas se mantuvieron entre los 23,5 °C y los 21,8 °C y las mínimas entre 8,5 °C y 9,4 °C se tuvo la mayor cantidad de muertes en la etapa de adulto teniendo solo a cuatro individuos que sobrevivieron hasta el siguiente mes.

**Figura N° 23. Temperaturas mes
de Diciembre
Cámara 1: Temperatura al ambiente**



Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En el mes de diciembre en el cual el estudio se llevo a cabo solo durante la primera quincena se presentaron temperaturas máximas de 24,8 °C y 24,10 °C y mínimas de 7,2 °C y 7,4 °C en las cuales se presentaron el deceso de tres de los cuatro individuos sobrevivientes llegando solo uno al día 289 del ciclo total, el ultimo individuo murió a una temperatura máxima de 22.8 °C y mínima de 8,5 °C.

Cuadro N° 19.
Promedio de temperaturas de los meses de estudio
Cámara 1: Temperatura al Ambiente

Mes	Máximas	Medias	Mínimas
Marzo	19,56	12,21	6,59
Abril	19,11	10,27	1,28
Mayo	18,15	8,84	0,81
Junio	16,55	8,70	0,17
Julio	17,17	8,90	2,06
Agosto	18,81	9,13	4,35
Septiembre	20,59	10,10	5,92
Octubre	21,80	9,98	7,55
Noviembre	22,64	10,07	8,55
Diciembre	22,04	10,24	8,15

Fuente: Elaboración propia en base a estudio realizado

En resumen las temperaturas máximas más elevadas de todo el estudio y del ciclo total de la cámara 1 a temperatura ambiente se presentaron en los meses de septiembre a diciembre, en los que se presentaron cambios en las etapas de prepupa, pupa hasta convertirse en adulto.

Las temperaturas mínimas se presentaron en los meses de abril, mayo y junio, durante el mes de abril se presentaron la mayor cantidad de muertes en el cambio de fases de huevo a larva, en el mes de junio en su ultima semana se presentaron los mayores cambios de fase larva a fases de prepupa, lo cual nos sugiere que esta plaga si bien

sobrevive a condiciones de bajas temperaturas, pero lo hace en desmedro de sus generaciones.

Describiéndonos a lo que pasa en campo, Palacios (1997), menciona que en las zonas donde se siembra papa una vez al año, alcanza los picos más altos cuando el cultivo está en tuberización (febrero a marzo) y posteriormente desciende en ausencia del cultivo. En almacén, la población más alta se presenta a finales del período de almacenamiento y las poblaciones más bajas durante el resto del año.

En aquellas zonas donde se siembra papa todo el año las poblaciones de polillas presentan varios picos poblacionales, los cuales están generalmente relacionados con el período de madurez del cultivo y las épocas de almacenamiento.

La humedad en los cultivos es diferente a la humedad ambiental, por lo que esto aporta en el ciclo biológico de las plagas presentes dentro las parcelas cultivadas.

6. CONCLUSIONES

Los resultados demostraron que el insecto - plaga *Phthorimaea operculella* Zeller, es capaz de adaptarse a diferentes áreas ecológicas. Esto significa que se puede dispersar de las zonas altas donde actualmente está concentrada, a zonas más bajas, donde la temperatura promedio está alrededor de los 20 a 25 °C, y que definitivamente prospera más en zonas cálidas.

De acuerdo a la metodología de investigación se plantearon objetivos específicos, los cuales fueron corroborados de la siguiente manera:

En lo que respecta a resultados relacionados con el **Promedio de días de permanencia en las fases de desarrollo** a distintas temperaturas se concluye que:

- Para todas las fases del desarrollo de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller, se tuvo una diferencia altamente significativa al 5% con la prueba de "T" en la que se demostró que la temperatura tiene una relación inversamente proporcional a la duración (días) del desarrollo de ésta especie
- Se observa una mayor duración de días para la cámara de temperatura al ambiente, muy superior a la de las demás cámaras de cría.

Las conclusiones a las que llega el presente estudio y con relación a la **Mortalidad** son:

- Los más altos porcentajes de mortalidad, se dieron a una temperatura de 10 °C, como era de esperarse, a menor temperatura, mayor tendencia a incrementarse la mortalidad, también se nota que el mayor promedio de porcentajes de mortalidad, fue en la fase de larva con un promedio de mortalidad de 22.4%, porcentaje acumulado en el primer estadio de esta fase, la cual presentaría mayor sensibilidad a las temperaturas bajas.

Las conclusiones de los resultados del estudio indican sobre la **longevidad**:

- Para el ciclo total de la polilla de papa *Phthorimaea operculella* Zeller, se encontró una diferencia altamente significativa al 5% lo que indica que, según la prueba "T" a medida que la temperatura aumenta, la duración (días) del ciclo total disminuye.
- Para el caso de machos y hembras la duración (días) es mas extendida en el caso de los machos que superan a la longevidad de las hembras.
- Se pudo determinar que la **temperatura**, resulta ser uno de los factores climáticos que afecta a la longevidad ya que se encontró que desde 10 °C hasta 25 °C el número hipotético de generaciones que se encontraron varía de 2 generaciones por año hasta 5 generaciones y esto variará también, de acuerdo al estrato altitudinal donde se siembra la papa y su efecto sobre la biología de la *Phthorimaea operculella* Zeller (polilla de la papa) puede ser beneficiosa o perjudicial, cabe mencionar que la humedad es uno de los factores que también va ligada a la temperatura y el efecto que tiene esta sobre el ciclo de vida de la polilla de papa.

7. RECOMENDACIONES

Una vez concluida la tarea de laboratorio y obtenidos los resultados expuestos en conclusiones, se recomienda para futuras investigaciones:

- Considerar temperaturas más bajas por debajo de los 10 °C en el ambiente de almacenes con la finalidad de **aletargar** el ciclo de vida de la polilla. Esto es de especial importancia ya que la plaga es particularmente dañina en almacenes no refrigerados, como es costumbre en las zonas paperas. La misma no ocasionaría problemas, sí los almacenes sin refrigeración se ubican donde las temperaturas promedien valores inferiores a los 10 °C.
- Se recomienda socializar los resultados encontrados en esta investigación, para beneficio de los agricultores dedicados al cultivo de la papa, a través de dinámicas de extensión agrícola.
- Realizar este trabajo en diferentes ecoregiones que son zonas productoras de papa para un mejor conocimiento de éste insecto – plaga.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arenas M. R. 1995. "Fluctuación poblacional y control de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*; Zeller)" Tesis de grado, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho", Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Carrera de Ingeniería Agronómica, Tarija – Bolivia, pp 1 – 91.

Arenas, R., Herbas, J., Arnold, J. 1998. Biología, control preliminar y distribución de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias* en Bolivia: Compendio de Exposiciones. Cochabamba, Bolivia. pp 25-67.

Barroso, R. 1974. Ciclo biológico de la polilla guatemalteca de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolný: (Lepidoptera: Gelechiidae), nueva grave plaga de *Solanum tuberosum*. Tesis de Grado. Escuela de Fitotécnia; Universidad de Costa Rica. pp 3-44.

Boletín Informativo. 2008. Hoja Divulgativa: Manejo Integrado de las Principales Plagas de la papa en Sistemas de Laderas en la Región de Cochabamba. Cochabamba, Bolivia. pp 2 - 3.

Casados, Q. 1984. Estudio del ciclo biológico de la polilla o palomilla guatemalteca de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolny en Chimaltenango - Guatemala. Tesis Ing. Agron. Fac. de Agronomía. Universidad de San Carlos, Guatemala. pp 15-38 .

Cervantes, P.M. 2000. Ciclo biológico etología y control de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarías

y Forestales. Universidad Mayor y Pontifica de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Chuquisaca, Bolivia. pp 5-34.

Choe, K., Joog, S. P. 1980. Distribution of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera:Gelechiidae) in Korea. Korean J. Plant Prot. 19(2):103108. En Abstracts of Entomology 12(9). pp 78-87.

Choe, K., Changgu, Y., Young D. 1980. Life history of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera:Gelechlidae). Korea J. Plant. Prot. 19(2):97102. En Abstracts of Entomology 12(9). pp 66-82.

Chura, J. 1992. Ciclo biológico de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) en laboratorio. Tesina Tec. Sup. Escuela Técnica superior de Agronomía "Dr. Jorge Trigo Andia", Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia, pp 34 – 65.

Cisneros, H.F. 1988. Manejo Integrado de las Palomillas. (Lepidóptero: Gelechiidae) en la Papa. Curso Internacional (ICA-CIP). Bogotá, Colombia. pp 25 - 78.

Cisneros, H.F.1986. Control Integrado de plagas con referencia especial al cultivo de papa. En: Control Integrado de plagas de la papa. Bogota, Colombia. pp 55-66.

Clavijo, S. 2001. Introducción al Manejo de Plagas. Módulo II. Instituto Interamericano recooperación para la Agricultura, IICA. Curso de Capacitación Básica en Sanidad Vegetal Sistema Descentralización de Sanidad Agropecuaria. La Paz Bolivia, pp 56-78.

Doreste, E., Nieves, M. 1968. Estudios de laboratorio sobre el ciclo biológico del minador de la hoja del tabaco, papa y tomate *Gnorismoschema operculella* (Zeller). Agronomía Tropical 18(4). pp 46-74.

Fernandez, F., Rosales, C.J.. 1976. Guía de Entomología Económica 4a ed. U.C.V., Fac. Agron., Zool. Agríc. (Mimeografiada, ed. revisada y ampliada por Cátedra de Entomología). pp 6-54

Figuroa Vacaflores, M.C. 2004. Fluctuación poblacional de tres tipos de polilla de la papa, en la provincia Aroma, del departamento de La Paz. Tesis de grado. U.M.S.A. La Paz, Bolivia. pp 3 – 61.

Forno, E., 1985. Estudios preliminares sobre la actividad y ecología de insectos nocturnos en la puna seca semiárida de Huaraco. Tesina de Grado. La Paz, Bolivia. pp 34-76.

Galvez, R., Villa, L. 1986. Las palomillas de la papa (Lepidóptera:Gelechiidae) identificación, distribución y control. En: Control Integrado de Plagas de Papa

Gamboa, M., Notz, A. 1990. Influencia de la temperatura en el desarrollo y oviposición de *Phthorimaea operculella*: (Lepidoptera: Gelechiidae). Rev. Fac. Agron. 16(4). pp 231- 244.

Hanagarth,W., Fisel,U.1983. Estudio ecológico de una comunidad del altiplano boliviano; descripción de las interrelaciones físico-económico-geográficas. Ecología en Bolivia,4. pp 1-17

Hodges, R., Becker, V. 1990. Nomenclature of some neotropical Gelechiidae (Lepidoptera). Proc. Entomol. Soc. Wash. pp 76-85.

Kranz, J., Schmuterer, H., Koch, W. 1977. Diseases Pest and Weed in Tropical Crops. Springer Verlag. pp 7-34.

Murillo, R. 1982. Clasificación taxonómica y biología de *Scrobipalopsis solanivora*

Povolny. En: Memoria 2do. Seminario Regional sobre la Investigación y Combate de las polillas de la papa (*Scrobipalopsis solanivora* Povolny y *Phthorimaea operculella* Zeller). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Regional de Cooperación de Papa (PRECODEPA). San José, Costa Rica. pp 45 - 73.

Murillo, R., 1981. La polilla de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolny. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. Boletín Técnico no. 69. pp 1 - 12 .

Odum, E.P. 1986. Fundamentos de Ecología. Traducido al español por C.G. Ottenwaelder. Nueva Ed. Interamericana. México D.F. pp 34-56.

Okunaga, Y., Ochoa, R. 1987. Estudio de la dinámica reproductiva en la palomilla de la papa *Scrobipalopsis solanivora* y relación natalidad / mortalidad para *Scrobipalopsis solanivora* y *Phthorimaea operculella*. En: XI Memorias XIII Reunión Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). Panamá. pp 402 - 421.

Ortega E., Fernández S., 1995. Manejo de la Polilla Minadora de la Papa *Phthorimaea operculella* Zeller. FONAIAP. (Programa Cooperativo de Investigación de la Zona Andina. Programa Andino Cooperativo de Investigación en Papa. PROCIANDINO, pp 13-24.

Palacios, M. 1997. Manual de Capacitación: Principales Plagas de la Papa: La Polilla de la Papa y la Mosca Minadora. pp 1-4 .

Palacios, M. 1997. Principales Plagas de la Papa: La polilla de la papa. CIP. Lima-Perú. Fascículo N°3, pp 1-4.

Pratissoli, D., Parra, J.R., De Oliveira, N.H., Fagundes, P.F. 2003. Aspectos biológicos de la polilla *Phthorimaea operculella* Zeller; (Lepidoptera: Gelechiidae). Rural Ciencia, noviembre-diciembre: 33(006). Universidad Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil. pp 1-29.

PROINPA (Programa de Investigación de la Papa). 1998. Informe Anual (1996-1997) Cochabamba Bolivia, pp 58-62.

PROINPA (Programa de Investigación de la Papa)., 1996. Informe Anual. Cuarta Reunión Nacional de la Papa. Cochabamba, Bolivia. pp. 174-176.

Ross, C. 1982. Ocurrencia estacional de noctuidos y su importancia económica en papa. Tesis de Grado. U.N.A.P. Facultad de Ciencias Biológicas. Puno, Perú. pp 34-65.

Ruiz Daza, M., 1998. Estudio sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en los parasitoides endémicos de polilla de la papa y áfidos en el Altiplano Central. Tesis de grado, U.M.S.A., La Paz, Bolivia. pp 1-86.

Salazar, J., Escalante, W., 1984. La polilla guatemalteca de la papa *Scrobipalopsis solanivora*, nueva plaga del cultivo de la papa en Venezuela. En: XI Jornadas Agronómicas. Maracaibo, Venezuela. Resúmenes. pp 24 - 28.

SIBTA (Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria)., 2006. Manejo Integrado de Plagas. Poligraf. Cochabamba, Bolivia.

Steel, R. G. D. , J. H. Torrie.1960. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. New York, Mc. Graw Hill Book Co. 481 P.

Torres, W.F., 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de la polilla de la papa *Scrobipalopsis solanivora* Povolný 1973, (Lepidoptera: Gelechiidae) en el Estado Táchira, Venezuela. Tesis M.Sc. en Entomología, Fac. Agron. Universidad Central de Venezuela, pp 53 - 86.

Torres, W.F., Notz, A., Valencia, L. 1997. Ciclo de Vida y otros aspectos de la biología de la polilla de la papa *Tecia solanivora* Povolny: (Lepidoptera: Gelechiidae). Tachira, Venezuela. pp 3-51.

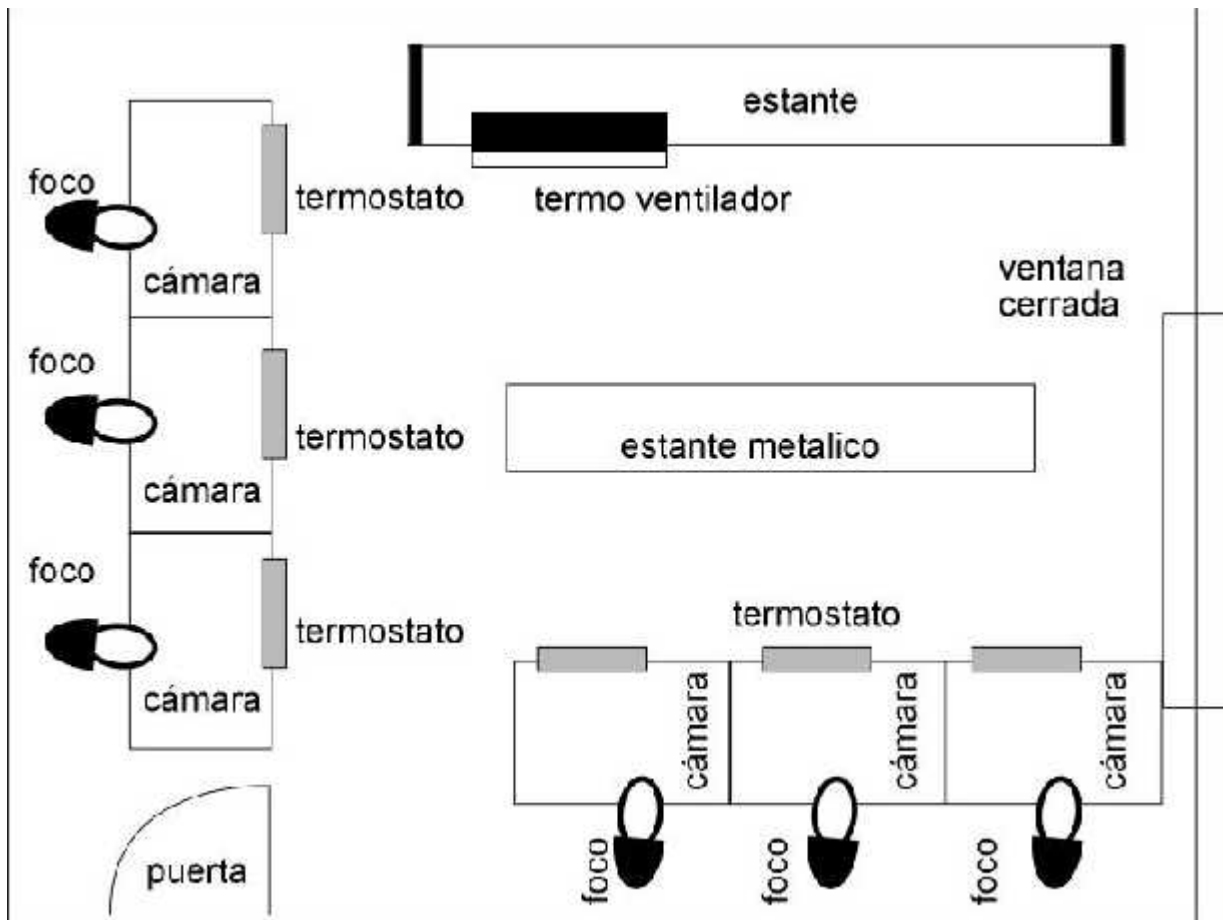
Vera Delgadillo, V. 2009. Efecto de las variaciones climáticas en el comportamiento de dos polillas (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en el cultivo de papa en comunidades del Altiplano Central. Tesis de grado. U.M.S.A. La Paz, Bolivia. pp 14 – 38.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1

Croquis del lugar del experimento



Anexo 2.

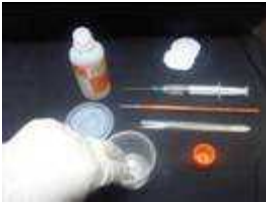
MATERIALES



Materiales utilizados en el experimento (Laboratorio)

Anexo 3

METODOLOGÍA



Limpieza del frasco



Acondicionamiento



Humedecimiento



Frasco listo y enumerado

1. Procedimiento para huevo



Remover el huevo



Ponerlo en el frasco



Frasco humedecido y listo

2. Preparación alimento para larvas



Limpieza del estilete



Corte de la papa y ubicación

3. Preparación del alimento para adultos



Poner la miel



Agregar agua, mezclar



Llenar la jeringa



Aplicar en el algodón
del frasco



Frasco listo con alimento

4. Meter el frasco en la cámara



Anexo 4.

Contrucción y Diseño de las Cámaras de Cría

DISEÑANDO Y CONSTRUYENDO UNA CÁMARA DE CRÍA DE INSECTOS

Miguel Angel Gonzales Aldana ma.gonzales@proinpa.org

Rina Beatriz Paredes Torrez rina_paredes@hotmail.com

Resumen

El estudio del comportamiento de diferentes insectos que causan daño a los cultivos, como de aquellos que son beneficiosos es muy importante, debido a que esto nos ayuda entender como se desarrollan en ciertas condiciones, o nos permite ver en que momento el insecto es más propenso a diferentes factores que pueden afectar su desarrollo en los cuales de vemos actuar para diseñar estrategias de control (en el caso de insectos dañinos) o conocer los mejores estados para su reproducción (en el caso de los benéficos). Para ello se diseño y construyo esta cámara de cría de insectos que nos ayuda a observar en condiciones de temperatura controlados el desarrollo total de los insectos, esta divida en tres secciones, las cuales pueden subdividirse para realizar diferentes estudios simultáneos o para los fines que el investigador quiera. Se construyo con materiales fáciles de encontrar en almacenes de construcción, y equipos de medición también disponibles en tiendas. Las cámaras mantienen una temperatura uniforme con una variación de +/- 0,1°C de la temperatura a la que se quiere mantener la cría que es regulada con un termostato electrónico conectado a la fuente de calor para conectar y desconectar.

Palabras Clave

Cámara de cría de insectos, construcción, temperatura controlada

Introducción

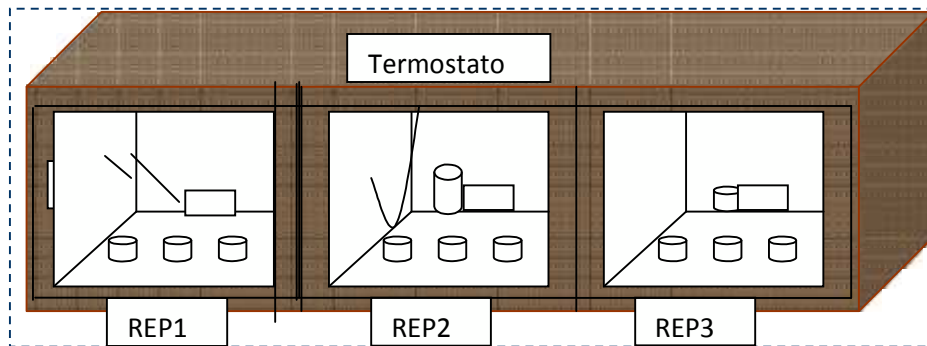
Para poder realizar los estudios referentes a los hábitos de vida y comportamiento de diferentes especies de insectos que son consideradas plagas o benéficos, es importante poder tener condiciones adecuadas para observar su desarrollo en condiciones controladas. Para ello es necesario contar con ciertos equipos y ambientes adecuados para realizar este seguimiento.

Aquí se presenta una manera de cómo construir una cámara de cría con el uso de materiales económicos y algunos equipos de medición fáciles de encontrar. Las cámaras se construyeron en la localidad de Patacamaya (Departamento de La Paz - Bolivia) en instalaciones de la Fundación PROINPA, Regional Altiplano. Que tuvo el objeto de criar diferentes especies de la polilla de la papa (*Phthorimae operculella* L. y *Paraschema detectendum* y géneros del complejo ticona de la quinua). La primera considerada clave y la segunda una plaga emergente en el cultivo de la papa ante el cambio climático observado en la región andina y las últimas plagas del cultivo de la quinua.

Características de la cámara de cría

El principio utilizado es similar al de una incubadora de huevos casera. Las cámaras de cría que se diseñaron son desmontables, ajustadas con pernos de encastre, el material usado para la fabricación de ésta fue tablero de madera aglomerada de 13 mm de espesor para la parte externa (caja) y para las divisiones interiores uno de 10 mm de espesor. Las dimensiones son: largo 1.60 m, ancho 0.60m. y alto 0,60 m. Medidas que pueden ser ajustables de acuerdo a la capacidad que se desee criar.

Vista Anterior de La Cámara de Cría

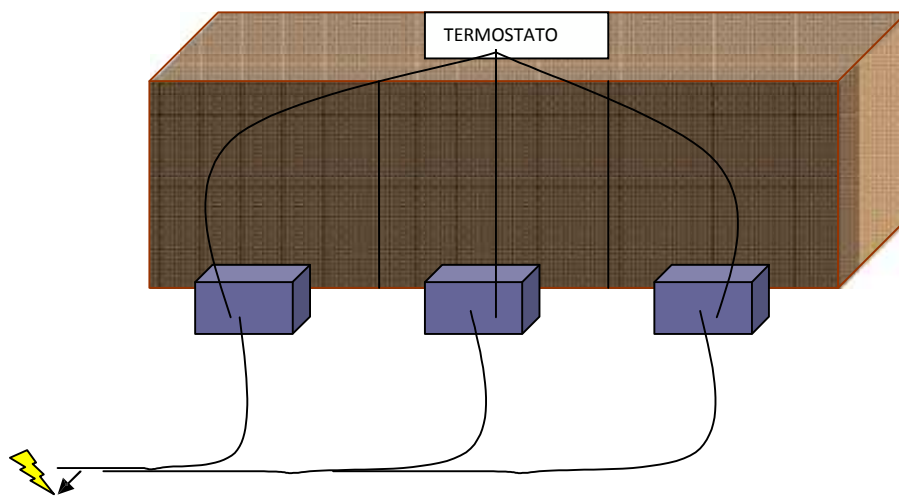



La cámara consta de tres ambientes (que pueden ser considerados repeticiones para efectos de investigación), cada una se encuentran subdivididas en lo vertical, éstas 2 divisiones poseen una abertura de 20 cm x 5 cm, en la parte superior y 4 perforaciones de 7mm de diámetro en la mitad inferior, con el fin de homogenizar el calor en las tres repeticiones, que pueden ser cubiertas para tener tres temperaturas diferentes en cada ambiente si es necesario, considerándose que para ambiente se deberá instalar un termostato automático

Fuente de Calor:


En la parte posterior del cuerpo principal se colocan las fuentes de calor que son fijadas en la parte inferior a la altura de unas pequeñas ventanas realizadas para facilitar el flujo de aire caliente de los calentadores a la cámara de cría, estas ventanas de tienen las dimensiones de 5 x 20 cm.

Vista Posterior de la Cámara de ría





Conecta con el termostato



Se conecta con la energía eléctrica



Las cajas calentadoras fueron fabricadas con planchas de acero galvanizado con una dimensión de 20 x 20 x 20 cm, por dentro tienen conectada una bombilla de luz de 100 w que es la fuente de calor de la cámara de cría.

Estas cajas están conectadas en dos puntos, uno va a la toma de corriente y el otro va al termostato que controla la entrada de energía para que las bombillas se enciendan o se apaguen dependiendo la lectura hecha por el sensor de temperatura que se

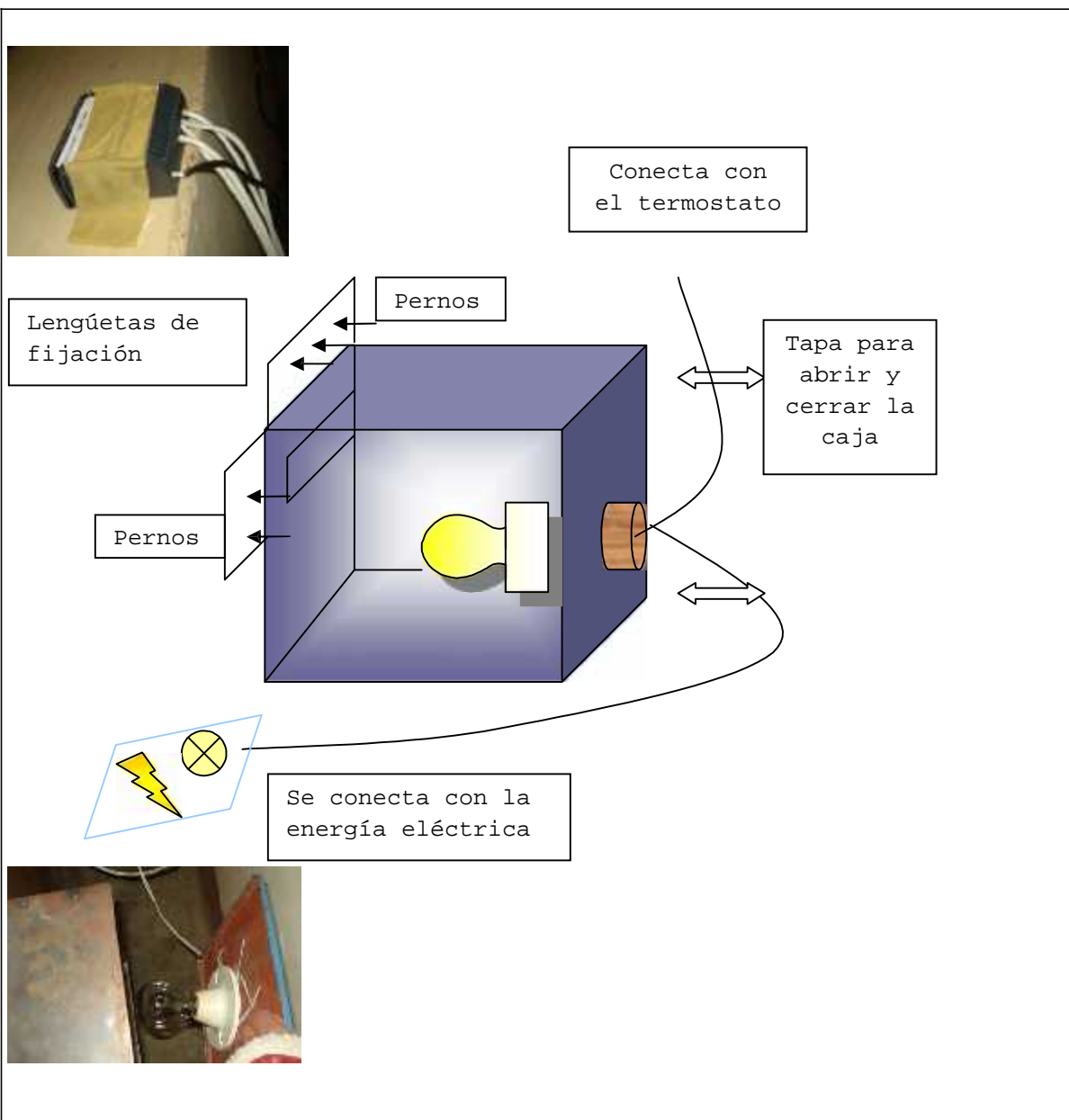
encuentra dentro de la cámara de cría, el termostato activa o desactiva la entrada de energía cuando existe una variación de temperatura de $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los calentadores son fijados a través de lengüetas que salen de los calentadores a la parte posterior de la cámara haciendo coincidir los orificios de entrada y salida de aire, que son de las mismas dimensiones Para la Fijación se tienen las solapas que serán presionadas con pernos de encarne.

Cajas Calentadoras

Focos 100W

Marca Full Gauge



Se diseñó la caja calentadora (fuente de calor) para que se pueda abrir con el objeto de poder cambiar la bombilla cuando esta se funde.

El flujo de aire es a través de orificios que deben coincidir con la ventanilla hecha en la caja para la alimentación del calor.



Perforaciones en la parte superior que encaja con la abertura posterior de la cámara.

El sensor del termostato

El termostato esta provisto de un sensor que indica la temperatura dentro de las cámaras, este debe ser ubicado en la parte central de la cámara o en la parte central de los compartimientos si se quiere diferenciar la temperatura en cada ambiente de la cámara. Es importante considerar que el sensor debe estar a la altura donde se encuentran los frascos que son utilizados para las evaluaciones.



Se hicieron perforaciones en las divisiones del tablero y en la división que se hizo en cada repetición con el fin de que cada frasco tenga su espacio y la temperatura sea homogénea.



Estas son las perforaciones para facilitar el flujo de aire, y en la derecha la separación con laminas de madera laminada (venesta) de una repetición la cual posee perforaciones que tienen el mismo objetivo.

**CÁMARA DE CRÍA (T= 25°C) FUNCIONANDO CON CRÍA DE POLILLA DE PAPA
Phthorimaea operculella.**



Anexo 5.

CÁMARAS DE CRÍA

1. Cámara 1: Temperatura fluctuante



2. Cámara 2: Temperatura 10°C.



3. Cámara 3: Temperatura 15°C.



4. Cámara 4: Temperatura 20°C.



5. Cámara 5: Temperatura 25°C.

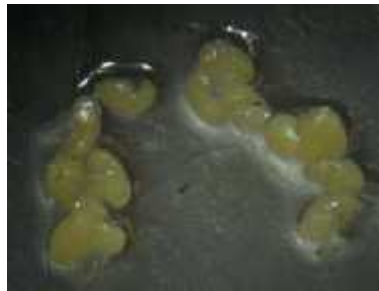


Anexo 6.

FASES DEL CICLO DE VIDA

Phthorimaea operculella Zeller.

1. Fase – Huevo



Huevos de dos días en grupo



Huevos en grupo e individuales

2. Fase – Larva



Larvas recién emergidas



Larva de una semana



Larva preparándose para empupar



Daño de larvas en el tubérculo

3. Fase – Prepupa



Larvas empupando



Prepupas y pupas



Larvas empupando

4. Fase – Pupa



Pupa recién formada



Pupa de una semana



Adulto cerca de emerger

5. Fase – Adulto



Adulto emergiendo de la pupa

MACHO (P.o.)



POLILLA MACHO

Nótese las manchas (3) a cada
lado de las alas



GENITALIA

Penacho de pelos
en el ápice del abdomen.

HEMBRA (P.o.)



POLLILLA HEMBRA

Nótese las manchas en forma de
"X" en las alas



GENITALIA

El ápice del abdomen
está en punta.

6. Cópula en Adultos



Vista anterior de la cópula



Vista posterior dela cópula



Unión de Genitalias

Anexo 7.

SALA DE CRÍA



Entrada a la sala de cría



Vista interior de la sala de cría

