

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Estudios biológicos y efecto de la temperatura sobre *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller)

(Lepidoptera: Gelechiidae)

**Tesis para optar el Título de:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

Carlos Arturo Bartra More

LIMA - PERÚ

2009

Agradecimientos

Al Centro Internacional de la Papa, por brindarme las facilidades para realizar la presente tesis, en forma especial a todo el personal que de alguna manera colaboro en el desarrollo de la misma.

Al Dr. Jurgen Kroshel, por las facilidades brindadas para el desarrollo de la presente investigación.

A la Mg.Sc. Verónica Cañedo por su confianza asesoría apoyo y preocupación en mi desarrollo profesional.

A mis padres por el apoyo brindado durante toda mi vida.

Al Ing. Alcázar y a los técnicos Francisco, Jesús, Carlos y Antonio por brindarme sus conocimientos, apoyo y amistad.

A María Frugoni por su amistad, compañerismo durante todo este proceso.

A esa persona que estuvo a mi lado durante esta etapa de mi vida.

Muchas gracias a todas las personas que de una u otra forma han participado en *este proceso*.

ÍNDICE

	PAG.
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	11
1 CAPITULO I	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
2 CAPITULO II	18
2.1 MARCO TEORICO.....	18
2.1.1 <i>Antecedentes</i>	18
2.1.1.1 Tablas de Vida	21
2.1.2 <i>Generalidades</i>	24
2.1.2.1 Aspectos generales de la polilla de la papa <i>Phthorimaea</i> <i>operculella</i> (Zeller) hospedero de <i>Orgilus lepidus</i> (Muesebeck).....	24
2.1.2.1.1 Clasificación taxonómica	25
2.1.2.1.2 Ciclo biológico.....	26
2.1.2.1.3 Huevo	26
2.1.2.1.4 Larva.....	26
2.1.2.1.5 Pupa	26
2.1.2.1.6 Adulto	27
2.1.2.1.7 Daños e importancia económica.....	27
Métodos de control.....	29
Métodos de control.....	30
2.1.2.2 Aspectos generales del parasitoide <i>Orgilus lepidus</i>	32
2.1.2.3 Clasificación taxonómica.....	34
2.1.2.3.1 Biología y comportamiento.	34
3 CAPITULO III	35
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1.1 <i>Materiales</i>	36
3.1.1.1 Material biológico:	36
3.1.1.2 Equipos:	36
3.1.1.3 Material de vidrio	36

3.1.1.4	Material de plástico	37
3.1.1.5	Material de madera	37
3.1.1.6	Otros	37
3.1.2	Métodos	37
3.1.2.1	Establecimiento de la Crianza de <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller). 37	
3.1.2.1.1	Obtención de huevos.....	37
3.1.2.1.2	Crianza de larvas.....	38
3.1.2.1.3	Obtención de pupas.....	38
3.1.2.2	Biología de <i>Orgilus lepidus</i> :.....	39
3.1.2.2.1	Crianza de <i>Orgilus lepidus</i>	39
3.1.2.2.2	Determinación del tipo de sustrato.	42
3.1.2.2.3	Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad de machos y hembras.....	43
3.1.2.2.4	Determinación de la progenie producida por hembras vírgenes (partenogénesis).	44
3.1.2.2.5	Determinación de la densidad óptima del hospedero.	44
3.1.2.2.6	Morfología de los estados inmaduros de <i>Orgilus lepidus</i>	45
3.1.2.2.7	Capacidad de discriminación de hospederos previamente parasitados por <i>Orgilus lepidus</i>	46
3.1.2.3	Tablas de vida de <i>Orgilus lepidus</i>	46
3.1.2.3.1	Efecto de la temperatura en el desarrollo de <i>Orgilus lepidus</i> . 46	
3.1.2.3.2	Periodo de incubación de <i>Orgilus lepidus</i>	47
3.1.2.3.3	Tiempo de desarrollo larval de <i>Orgilus lepidus</i>	47
3.1.2.3.4	Tiempo de desarrollo de pupas de <i>Orgilus lepidus</i>	47
3.1.2.3.5	Longevidad de adultos de <i>Orgilus lepidus</i>	48
3.1.2.3.6	Capacidad de reproducción de <i>Orgilus lepidus</i> a diferentes temperaturas.....	48
3.1.2.4	Tablas de vida de <i>Phthorimaea operculella</i>	49
3.1.2.4.1	Tiempo de desarrollo larval de <i>Phthorimaea operculella</i>	49
3.1.2.4.2	Tiempo de desarrollo de las pupas de <i>Phthorimaea</i> <i>operculella</i>	49
3.1.2.4.3	Longevidad de adultos de <i>Phthorimaea operculella</i>	49

3.1.2.4.4	Modelo de desarrollo de <i>Orgilus lepidus</i>	50
3.1.2.4.5	Desarrollo y variación de estados de <i>O. lepidus</i>	50
3.1.2.4.6	Parámetros de la tabla de vida de <i>Orgilus lepidus</i>	51
3.1.2.5	Análisis estadísticos.....	51
4	CAPITULO IV.....	53
4.1	RESULTADOS.....	53
4.1.1	<i>Biología de Orgilus lepidus</i>	53
4.1.1.1	Determinación del tipo de sustrato.....	53
4.1.1.2	Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad de machos y hembras.....	54
4.1.1.3	Determinación de la progenie producida por hembras vírgenes (partenogénesis).....	58
4.1.1.4	Determinación de la densidad óptima del hospedero.....	58
4.1.1.5	Morfología de los estados inmaduros de <i>Orgilus lepidus</i>	62
4.1.1.6	Capacidad de discriminación de hospederos previamente parasitados por <i>Orgilus lepidus</i>	68
4.1.2	<i>Tabla de vida de Orgilus lepidus</i>	69
4.1.2.1	Periodo de incubación de <i>Orgilus lepidus</i>	69
4.1.2.2	Tiempo de desarrollo larval de <i>Orgilus lepidus</i>	70
4.1.2.3	Tiempo de desarrollo de pupas de <i>Orgilus lepidus</i>	74
4.1.2.4	Longevidad de adultos de <i>Orgilus lepidus</i>	78
4.1.2.5	Capacidad de reproducción de <i>Orgilus lepidus</i> a diferentes temperaturas.....	82
4.1.2.6	Desarrollo del modelo fenológico de <i>Orgilus lepidus</i>	88
4.1.3	<i>Tablas de vida de Phthorimaea operculella</i>	92
4.1.3.1	Tiempo de desarrollo larval de <i>Phthorimaea operculella</i>	92
4.1.3.2	Tiempo de desarrollo de las pupas de <i>Phthorimaea operculella</i>	95
4.1.3.3	Longevidad de los adultos de <i>Phthorimaea operculella</i>	99
5	CAPITULO V.....	102
5.1	DISCUSIÓN.....	102
5.1.1	<i>Determinación del tipo de sustrato</i>	102

5.1.2	<i>Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad O. lepidus.</i>	102
5.1.3	<i>Determinación de la progenie producida por hembras vírgenes.</i>	103
5.1.4	<i>Efecto de la densidad del hospedero en la biología de Orgilus lepidus.</i>	103
5.1.5	<i>Morfología de los estados inmaduros de Orgilus lepidus.</i>	104
5.1.6	<i>Capacidad de discriminación de hospederos previamente parasitados.</i>	107
5.1.7	<i>Efecto de la temperatura en la biología de Orgilus lepidus.</i>	107
5.1.8	<i>Efecto de la temperatura en el desarrollo del parasitoide.</i>	108
5.1.9	<i>Efecto de la temperatura en los estados inmaduros.</i>	109
5.1.10	<i>Temperatura como factor de mortalidad.</i>	110
5.1.11	<i>Efecto de la temperatura en la longevidad de adultos.</i>	110
5.1.12	<i>Efecto de la temperatura en la capacidad de reproducción y proporción sexual.</i>	111
5.1.13	<i>Tablas de vida</i>	112
6	CAPITULO VI	114
	CONCLUSIONES	114
	RECOMENDACIONES:	115
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	116

Relación de Figuras:

Figura 1:	Plagas entomológicas del cultivo de la papa	29
Figura 2:	Crianza masal de <i>Phthorimaea operculella</i>	40
Figura 3:	Crianza masal de <i>Orgilus lepidus</i>	41
Figura 4:	Adultos de <i>Orgilus lepidus</i>	55
Figura 5:	Estados inmaduros de <i>Orgilus lepidus</i>	55
Figura 6:	Emergencia de adultos de <i>Orgilus lepidus</i>	60
Figura 7:	Huevo de <i>Orgilus lepidus</i>	65
Figura 8:	Estadíos larvales de <i>Orgilus lepidus</i>	66
Figura 9:	Estadío LIII de <i>Orgilus lepidus</i>	67
Figura 10:	Larva de <i>P. operculella</i> conteniendo huevos y larvas de <i>Orgilus lepidus</i> lo que demuestra la no discriminación de hospederos parasitados.	68

Figura 11: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de larva de <i>Orgilus lepidus</i>	72
Figura 12: Tasa de desarrollo (días-1) dependiente de la temperatura para el estado de larva de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 13: Mortalidad en el estado de larva de <i>Orgilus lepidus</i> a diferentes temperaturas.	1
Figura 14: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de pupa de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 15: Mortalidad en el estado de pupa de <i>Orgilus lepidus</i> a diferentes temperaturas.	1
Figura 16: Tasa de desarrollo (días-1) dependiente de la temperatura para el estado de pupa de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 18: Tasa de senescencia (días -1) dependiente de la temperatura para machos de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 17: Distribución de frecuencia de senescencia acumulada para machos de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 20: Tasa de senescencia (días -1) dependiente de la temperatura para hembras de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 19: Distribución de frecuencia de senescencia acumulada para hembras de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 22: Tasa de senescencia (días -1) dependiente de la temperatura para hembras de <i>Orgilus lepidus</i> con reproducción.	1
Figura 21: Distribución de frecuencia de senescencia acumulada para hembras de <i>Orgilus lepidus</i> con reproducción.	1
Figura 24: Tasa de reproducción por temperatura de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 23: Frecuencia acumulada de oviposición por edad de la hembra de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 25: Ritmo de reproducción de <i>Orgilus lepidus</i> a diferentes temperaturas.	1
Figura 26: Tasa de reproducción neta de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 27: Tasa intrínseca de crecimiento de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 28: Tasa finita de crecimiento de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 29: Tiempo de generación de crecimiento de <i>Orgilus lepidus</i>	1
Figura 30: Tiempo de doble crecimiento de <i>Orgilus lepidus</i>	1

Figura 31: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de larva de <i>Phthorimaea operculella</i>	1
Figura 32: Tasa de desarrollo (dias-1) dependiente de la temperatura para el estado de huevo de <i>Phthorimaea operculella</i>	1
Figura 33: Mortalidad en el estado de larva de <i>Phthorimaea operculella</i> a diferentes temperaturas	1
Figura 35: Tasa de desarrollo (dias-1) dependiente de la temperatura para el estado de pupa de <i>Phthorimaea operculella</i>	1
Figura 36: Mortalidad en el estado de pupa de <i>Phthorimaea operculella</i> a diferentes temperaturas.	1

Relación de Tablas:

Tabla 1: Control Biológico clásico con <i>Orgilus lepidus</i> en diferentes países....	21
Tabla 2: Tiempo de parasitación por temperatura.....	49
Tabla 3: Evaluación del tipo de sustrato.....	56
Tabla 4: Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad de machos y hembras.....	57
Tabla 5: Efecto de la densidad del hospedero en el parasitismo de <i>Orgilus lepidus</i>	61
Tabla 6: Dimensiones del huevo y larva de <i>Orgilus lepidus</i>	64
Tabla 7: Periodo de incubación de <i>Orgilus lepidus</i>	69
Tabla 8: Tiempo de desarrollo y mortalidad del estado larval de <i>Orgilus lepidus</i>	71
Tabla 9: Temperaturas calculadas para el estado larval.	72
Tabla 10: Tiempo de desarrollo y mortalidad del estado de pupa de <i>Orgilus lepidus</i>	75
Tabla 11: Temperaturas calculadas para el estado de pupa.....	76
Tabla 12: Longevidad de adultos y ciclo total de <i>Orgilus lepidus</i> .*	79
Tabla 13: Temperatura mínima de desarrollo de los diferentes estados de <i>Orgilus lepidus</i>	79
Tabla 14: Capacidad de reproducción de <i>Orgilus lepidus</i> a diferentes temperaturas.	84
Tabla 15: Ritmo de reproducción de <i>Orgilus lepidus</i> por cambio.	87

Tabla 16: Parámetros de la tabla de vida de <i>Orgilus lepidus</i> , obtenidas por el modelo fenológico	89
Tabla 17: Tiempo de desarrollo larval y mortalidad de <i>Phthorimaea operculella</i>	93
Tabla 18 Tiempo de desarrollo de las pupas y mortalidad de <i>Phthorimaea operculella</i>	96
Tabla 19: Longevidad de adultos de <i>Phthorimaea operculella</i>	100
Tabla 20: Comparación con estudios previos del tiempo de desarrollo de <i>Phthorimaea operculella</i>	101

RESUMEN

El endoparásitoide solitario de larvas, *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae) ha sido utilizado en muchos países dentro del programa de control biológico clásico, como un efectivo controlador de la polilla *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), una de las principales plagas en el cultivo de papa a escala mundial. Sin embargo, su establecimiento ha fracasado en algunos casos debido a las condiciones climáticas de las regiones. En el presente trabajo de investigación se evaluaron los principales parámetros biológicos de comportamiento y el ciclo biológico del parasitoide a cinco diferentes temperaturas: 11, 15, 20, 25 y 30°C. El sustrato más adecuado para la crianza fue el tratamiento rodajas de papa blanca (RPB). La alimentación y oviposición redujeron la longevidad de hembras, pero no la cópula. Las hembras presentaron reproducción sexual y asexual de tipo partenogenética (arrenotokia). La densidad óptima del hospedero fue de 75 larvas por pareja cada dos días. La capacidad de discriminación de larvas previamente parasitadas fue de 67.2%. Los huevos fueron depositados en el celoma del hospedero, generalmente más de uno, en el cual se encontraron fijos o flotando libremente en el hemocele. Los huevos experimentaron un crecimiento de 0.3 a 0.4mm de largo y de 0.07 a 0.14mm de ancho. Las larvas presentaron tres estadios larvales; el primero es de tipo mandibulado y tiene una duración aproximada de 6 días, el segundo y el tercero son de tipo hymenopteriforme, teniendo una duración de 2 días y 1 día respectivamente, estos experimentan un crecimiento de 0.54 a 5.04mm de largo y de 0.15 a 1.54mm de ancho. No se obtuvo un desarrollo completo del parasitoide en la temperatura mas baja (11°C). La duración de cada estado inmaduro así como la longevidad se fue reduciendo con el incremento de la temperatura

obteniéndose para el estado de huevo: 21.5, 7.9, 4.8, 2 y 1 días; para el estado de larva: 45.9, 19.9, 10.6 y 8.6 días y para el estado de pupa 30.8, 12.8, 7.8, 6.1 días a 11, 15, 20, 25 y 30°C respectivamente. Se obtuvo una proporción sexual de 0.4:1 machos por hembra en todas las temperaturas. El máximo parasitismo se realizó en la primera mitad de vida de la hembra y a una temperatura de entre 25°C y 30°C pero con una mayor recuperación a 25°C. Los parámetros de la tabla de vida obtenidos para la temperatura optima (25°C) fueron; Tasa de reproducción neta (R_0)= 4654.98; Tasa Intrínseca (r_m)= 0.2484; Tiempo de generación (T)= 34.0; Tiempo doble (Dt)= 2.79; Tasa de crecimiento finita (λ)= 1.28.

Palabras claves: Plaga agrícola, Control Biológico, Control Biológico clásico, Parasitoide, Tabla de vida.

ABSTRACT

The endoparasitoid solitary larvae Muesebeck *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae) has been used in many countries within the program of classical biological control as an effective controller of the moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), a major pest in potato crop worldwide. However, their establishment has failed in some cases due to climatic conditions of regions. In the present investigation assessed the main biological parameters of behavior and life cycle of the parasite to five different temperatures: 11, 15, 20, 25 and 30 ° C. The substrate most suitable for farming was the treatment of white potato slices (RPB). Feeding and oviposition decreased longevity of females, but no copulation. The females showed sexual and asexual reproduction type partenogenética (arrenotokia). The optimum density of host larvae was 75. The ability of discrimination of previously parasitized larvae was 67.2%. The eggs were deposited in celoma host, usually more than one, which were fixed or floating freely in the haemocoel. The eggs grew from 0.3 to 0.4mm in length and 0.07 to 0.14mm thick. The larvae had three larval stages, the first is a jaw and has an approximate duration of 6 days, the second and third type are hymenopteriforme, having a duration of 2 days and 1 days respectively. Those experiencing a growth of 0.54 to 5.04mm long and 0.15 to 1.54mm thick. Was not complete development at lower temperature. The duration of each immature state and the longevity was reduced with increasing temperature was obtained for the state of eggs: 21.5, 7.9, 4.8, 2 and 1 days for the larval stage: 45.9, 19.9, 10.6 and 8.6 days and the pupa state of 30.8, 12.8, 7.8, 6.1 days. We obtained a sex ratio of 0.4:1 males per female in all temperatures. The maximum parasitism was performed at

25°C and 30°C but with a higher recovery at 25°C. The parameters of the life table obtained for the optimal temperature (25°C) were: $R_0 = 4654.98$; $r_m = 0.2484$, $T = 34.0$, $SD = 2.79$, $\lambda = 1.28$.

Keywords: agricultural pest, biological control, classical biological control, parasitoids, Life table

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La papa *Solanum tuberosum* es uno de los alimentos de mayor cultivo en el mundo, superado únicamente por el maíz, arroz y trigo. Su cultivo se ha extendido a Asia, África, Europa, América y Oceanía (Lloyd, 1973). El tubérculo es consumido por más de un billón de personas en el mundo, la mitad de ellos perteneciente a países en desarrollo (Khurana, 2003; Zanabria,1997) además constituye junto a la quinua, kiwicha, maíz y demás cultivos andinos la principal fuente alimenticia de los pobladores de los andes (Rodríguez,1999).

La papa es el principal tubérculo en el mundo y su producción alcanzó la cifra sin precedentes de 325 millones de toneladas en el 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 un valioso producto comercial para millones de agricultores (Pandey, 2009).

La papa ha sido por milenios la base de la alimentación de los peruanos, siendo el Perú el principal productor de papa de América Latina, con una cosecha récord en 2007 de casi 3,4 millones de toneladas (Pandey, 2009).

La papa es afectada por diversas plagas y enfermedades, tanto en el campo como en almacén, disminuyendo los rendimientos y afectando la calidad comercial del tubérculo. Entre las plagas más importantes de este cultivo se cita al complejo de la “polilla de la papa”, *Phthorimaea operculella* (Zeller),

Symmetrischema tangolias (Gyen), *Tecia solanivora* (Povolny) y *Tuta absoluta* (Meyrick) (Giaconi, 1988; Ewell, 1994; Rodríguez, 1999; Gálvez, 1987).

P. operculella, es la especie de más amplia distribución a nivel mundial; se le encuentra en todas las zonas de América, Europa, África, Asia, Australia y numerosas islas de Atlántico, Indico y Pacífico donde se cultiva papa, es una especie típica de zonas cálidas, pero también se le encuentra en zonas altas, como en el área andina. En el Perú se le encuentra desde 0 a 4,000 msnm. (Palacios, 1997; Khurana, 2003).

De los 150 millones de km² del área total de la tierra, el 10% esta dedicado a la producción agrícola, La mayoría de esa producción depende de los métodos “convencionales”, es decir, incluyen la aplicación de productos agroquímicos sintéticos. La agricultura intensiva es responsable de la contaminación del aire y agua del subsuelo, las emanaciones de gas invernadero y es además la fuente antropógena más importante de amonio, la causa principal de la lluvia ácida. La amplitud y los métodos agrícolas (incluyendo insecticidas) han conducido a la pérdida extensiva y permanente de la biodiversidad en muchos lugares. En este contexto, las consecuencias ecológicas del uso de insecticidas causan gran preocupación (Devine, 2008; Horne, 1990).

Ante este problema surge el manejo integrado de plaga, que utiliza diversos métodos de control, como el control cultural, etológico y biológico; este último consiste en la represión de las plagas mediante sus enemigos naturales

(parasitoides, predadores y entomopatógenos) con el propósito de mantener la densidad de la población del organismo plaga en un nivel menor del que ocurriría en su ausencia (DeBach, 1964; Lal, 1987; Moawad, 1998).

El uso del control biológico clásico es una alternativa para el control de aquellas plagas que han sido introducidas a diferentes lugares. *Orgilus lepidus* (Muesebeck), (Hymenoptera: Braconidae) es una especie que ha sido introducido en diferentes países, lográndose establecer con gran éxito; por ejemplo en Queensland logró un porcentaje de parasitación de 43.2% y hasta un 96.4% en otros cultivos (Franzmann, 1980). Por esta razón *O. lepidus* surge como una alternativa para el control del complejo de la “polilla de la papa” en nuestro país.

El éxito del establecimiento de este parasitoide como controlador biológico en diferentes ecosistemas depende de varios factores, siendo la compatibilidad climática uno de los más importantes. Por esta razón, el estudio del efecto de la temperatura sobre el ciclo biológico, es un aspecto fundamental para determinar actividades de desarrollo y comportamiento (Mann, 1990).

Por ello, es necesario contar con un modelo capaz de predecir el tiempo requerido para completar su ciclo biológico en diferentes regiones o estaciones, así como estimar el número de generaciones que se podrían desarrollar en diferentes agroecosistemas.

El presente trabajo cuenta con los siguientes objetivos:

- ✓ Determinar la biología de *O. lepidus*.
- ✓ Evaluar la influencia de la temperatura en el ciclo de vida, supervivencia y la proporción sexual en la descendencia de *O. lepidus*.
- ✓ Desarrollar y validar un modelo para predecir el comportamiento de *O. lepidus* sobre la polilla de la papa *P. operculella*.

CAPITULO II

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 Antecedentes

Los parasitoides de la polilla de la papa están representados principalmente por la familia Braconidae, Ichneumonidae, Encyrtidae, Eulophidae, Trichogrammatidae y Tachinidae, siendo las dos primeras las más importantes debido al mayor número de especies y la abundancia de las mismas (Trelles, 1999; Debach, 1991).

Muesebeck (1967), describió a *O. lepidus* como un parasitoide de la polilla de la papa. Oatman (1969), realizó la biología en condiciones de insectario a $26.7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 2\%$ de humedad relativa, detallando la forma de los estadíos y estados de dicho parasitoide además del porcentaje de parasitación, el efecto de la comida y la longevidad, la edad apropiada del hospedero, la oviposición y la fecundidad de las hembras en el tiempo, la progenie obtenida tanto de hembras apareadas como no apareadas y el efecto de la presencia o ausencia del macho en la fecundidad y longevidad de la hembra.

Germany (1972), observó que la hembra de *O. lepidus* evita larvas del hospedero ya parasitadas. En sus ensayos trabajó con larvas parasitadas y no parasitadas de 4 días de desarrollo las cuales fueron expuestas a parejas de *O. lepidus* en la cual se observó una marcada diferencia por parte del parasitoide hacia el hospedero no parasitado “saludable”. El porcentaje de parasitación de larvas saludables fue de 44.7% a diferencia de las larvas pre-parasitadas que

fue de un 3.2 %. Este estudio demostró la capacidad de discriminación del hospedero por parte de *O. lepidus* pero no demostró el verdadero mecanismo por el cual se hace la discriminación.

Germany (1971), estudió la discriminación del hospedero (*P. operculella*). Observando que *O. lepidus* discrimina a su hospedero a través de dos feromonas una que deja en el lugar de la parasitación y otra en el interior del hospedero. Estas feromonas fueron extraídas del abdomen de las hembras de *O. lepidus*. El estudio consistió en dos partes, el efecto de las condiciones del lugar y el efecto de las condiciones del hospedero.

Lloyd (1973), monitoreó la presencia de parasitoides de *P. operculella* y la importancia de ellos en América como en otros continentes, observando que dichos parasitoides controlan en gran medida esta plaga entre los cuales tenemos a *O. lepidus*, *Copidosoma koehleri* (Blanchard), *Agathis unicolor* (Schrank), *Apanteles subandinus* (Blanchard), *Microplitis minutalis* (Muesebeck), *Campoplex haywardi* (Blanchard), *Temelucha* y *Hexamermis*.

Hendry (1973), evaluó la búsqueda del hospedero de *O. lepidus* demostrando que gracias a la presencia de dos kairomonas en los excrementos del insecto hospedero (*P. operculella*), una de las cuales es una sustancia volátil identificada como ácido heptanoico el cual desencadena o provoca un comportamiento de búsqueda por parte del parasitoide. Se observa que el parasitoide *O. lepidus* incentivado por esta kairomona busca

intensivamente el área moviéndose rápidamente y rastreando el área con sus antenas.

Callan (1974), evaluó el parasitismo de *P. operculella* en Australia y reportó que fueron introducidas seis especies de Ichneumonidae y dos especies de Braconidae para el control biológico de esta plaga. Estos parasitoides tienen hospederos específicos y se adaptaron rápidamente, pero no fue posible asociar la alta tasa de parasitación con la reducción de daños en el cultivo. Menciona además, que los principales parasitoides de la polilla de la papa en Australia, en orden de importancia, son *A. subandinus*, *O. lepidus* y *C. koehleri*, (Briese, 1986).

Simchuk (1988), evaluó los parasitoides de *P. operculella* en Crimea. Este observó la disminución de los daños del cultivo de la papa en un 90% gracias a la introducción de parasitoides foráneos entre los cuales los más importantes fueron *C. desantisi*, *O. lepidus* y *A. subandinus*. Estos parasitoides ayudaron a reducir considerablemente los daños causados por la polilla de la papa.

Tabla 1: Control Biológico clásico con *Orgilus lepidus* en diferentes países.

Introducciones	Año	Resultado
Australia	1964	Establecido
Bermuda	1966	No establecido
Cyprus	1965	No establecido
India	1964	Establecido
Israel	1973	Establecido
Nueva Zelanda	1965	No establecido
Sudáfrica	1965	No establecido
St. Helena	1971	No establecido
Tanzania	1969	No establecido
USA	1965	Establecido
Zambia	1969	No establecido

Fuente: Sankaran T., Girling D. 1980.

O. lepidus fue introducido en el Perú en el 2007 (El Peruano, 2007)

2.1.1.1 Tablas de Vida

La construcción de tablas de vida es uno de los componentes principales en la comprensión de la dinámica poblacional de una especie (Southwood, 1978). Se puede determinar la capacidad de crecimiento para diversos ambientes o condiciones (López, 2006) y combinadas con las tasas de fecundidad son el mejor índice para calcular el comportamiento de los organismos en el medio ambiente.

Para establecer una tabla de vida, se selecciona un grupo de insectos de la misma edad (cohorte) se evalúa diariamente su desarrollo, mortalidad y

oviposición de las hembras. Estos datos se emplean para hallar los parámetros de crecimiento de la población (López, 2006):

- a) Tasa de reproducción neta (R_0): es el número de prole hembra producida por una hembra durante su período de oviposición.
- b) Tasa intrínseca (r_m): es la velocidad instantánea de cambio (por individuo por intervalo de tiempo) es igual al $\log(\lambda)$.
- c) Tasa de crecimiento finita (λ): es el número de individuos que se agrega a la población por individuo y por unidad de tiempo.
- d) Tiempo de generación (T): es el tiempo en días entre el nacimiento de una generación y el 50% de la generación siguiente.
- e) Tiempo doble (Dt): es el tiempo estimado en días que requiere la población para duplicar su número.

Estos parámetros ayudan a determinar si es que un parasitoide puede llegar a establecerse en un determinado lugar (Pratissoli, 2004).

Los modelos estadísticos, basados en la temperatura son importantes herramientas analíticas utilizadas para predecir, evaluar y entender la dinámica de poblaciones en ecosistemas que se encuentran bajo una variedad de condiciones ambientales y prácticas de manejo, así como, en las interacciones enemigos plagas para ayudar a determinar las condiciones óptimas para la liberación de los controladores (Berti y Marcano, 1997)

Existen diversos modelos para describir la dependencia entre la temperatura y la velocidad de desarrollo, entre los cuales se encuentra el

modelo de Sharpe & De Michele modificado por Schoolfield, de alto significado biológico, el cual postula que el desarrollo de un organismo poiquilotérmico es conducido por una o un complejo de enzimas, la cual posee tres estados básicos reversibles de energía; inactivada a bajas temperaturas, activa y desactivada a altas temperaturas (Sporleder, 2004).

En el Perú, se han realizado estudios sobre los parámetros de la tabla de vida de la polilla de la papa *P. operculella* (Sporleder, 2004) y uno de sus principales parasitoides *Copidosoma koehleri* (López, 2006). Según los resultados arrojados por estas investigaciones, la tasa de reproducción neta (R_0) para el parasitoide es mayor en comparación con la de la polilla debido a que la avispa es poliembriónica. Sin embargo, el rango de temperaturas en el cual *P. operculella* alcanza su desarrollo óptimo es más amplio y esto se debe a su gran adaptabilidad frente a su parasitoide, cuya temperatura óptima de desarrollo es próxima a 25°C. Estos resultados permiten determinar en qué zonas es posible emplear a *C. koehleri* como un efectivo controlador de esta polilla (López, 2006).

2.1.2 Generalidades

2.1.2.1 Aspectos generales de la polilla de la papa *Phthorimaea*

operculella (Zeller) hospedero de *Orgilus lepidus* (Muesebeck).

La polilla de la papa *P. operculella*, es una plaga cosmopolita de papa, tabaco, tomate y otras solanáceas. Es un insecto altamente adaptable como lo indican sus sucesivas colonizaciones en un amplio rango de condiciones climáticas, predominando en ambientes tropicales y sub tropicales. Ha sido registrada en Europa, Asia, África, Australia, América y numerosas islas en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Broodryck, 1971; Lloyd, 1973; Kroschel y Kosch, 1999; Pokharkar y Jogi, 2000; Khurana, 2003).

Los cambios en la población de *P. operculella* son influenciados por diferentes factores, de los cuales los más importantes son la temperatura y la precipitación. Siendo la temperatura mínima para su desarrollo 11°C, la alta temperatura acorta el ciclo de vida e incrementa la población, mientras que la precipitación puede ser considerada un factor limitante, es así que en climas secos de Perú, Chile y parte de Argentina se requiere de un tratamiento periódico con insecticidas, mientras que en las áreas húmedas de Argentina, Brasil y Uruguay se hace un escaso uso contra infestaciones de *P. operculella* (Larrain, 2003; Lloyd, 1973).

En los Andes peruanos, el desarrollo de la polilla es lento, se producen de 3 a 4 generaciones por año debido a las bajas temperaturas (12°C media anual a 3250 m s.n.m.) mientras que la región costera, caracterizada por la poca precipitación, el desarrollo cambia de acuerdo a la temperatura. En Majes

(Arequipa), se producen 7 generaciones por año y en la región de Lima 8 generaciones (Keller, 2003).

En el Perú, Gálvez y Villa (1987) realizaron colectas de geléichidos en campos de papa, tabaco y tomate en los departamentos de Cajamarca y Amazonas, encontrando mayor número de individuos de las especies; *P. operculella* y *S. tangolias*. En almacenes de semilla de papa en el Valle del Mantaro, se registró la presencia de *P. operculella* de forma constante (aprox. 20%) en todas las zonas. Sin embargo *S. tangolias* estuvo presente en el 80% de los almacenes en zonas por debajo de 3500 m s.n.m. (Ewell, 1994).

2.1.2.1.1 Clasificación taxonómica

Según Povolny (1994) la ubicación taxonómica de *P. operculella* es:

PHYLUM: Artrópoda

CLASE: Insecta

ORDEN: Lepidoptera

SUB ORDEN: Frenatae

DIVISIÓN: Heteroneura

SUPERFAMILIA: Gelechioidea

FAMILIA: Gelechidae

TRIBU: Gnorimoschemini

GÉNERO: *Phthorimaea*

ESPECIE: *P. operculella* (Zeller)

(Fuente: Caycho, 2003).

2.1.2.1.2 Ciclo biológico

Como todos los lepidópteros, las polillas pasan por cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto.

2.1.2.1.3 Huevo

Presentan una forma más o menos ovalada o elíptica, mide aproximadamente 0.45 mm de largo por 0.33 mm de ancho, son de superficie lisa y color blanquecino nacarado al inicio, tornando a amarillo y luego negro antes de la eclosión. Son colocados en grupos, en número de 2 a 20, sobre las hojas, peciolo, tallos, axilas de las hojas o tubérculos, grietas del suelo o directamente sobre la tierra en el campo. En el almacén pueden ser depositados en restos de cosecha y tubérculos. La temperatura óptima para la embriogénesis del huevo es de 25°C teniéndose como rango tolerante 20-30°C.

2.1.2.1.4 Larva

Las larvas son de tipo eruciforme con trece segmentos en el cuerpo, tres pares de patas y cinco pares de pseudopatas; cuentan con 4 estadios larvales y en su último estadio presentan un color amarillo pálido con manchas rosadas en el cuerpo y la cabeza de color marrón oscuro.

2.1.2.1.5 Pupa

Son de tipo obtecta o momificada de color marrón rojizo, miden aproximadamente 6 mm. Se localizan principalmente en el suelo, en hojas secas y en papas almacenadas, empupan sobre la superficie de las mismas o

sobre cualquier sustrato del almacén. Para lo cual forman una cubierta de seda mezclada con partículas de suelo.

2.1.2.1.6 Adulto

Los adultos de las polillas son de color café grisáceo con flecos en el borde posterior de las alas delanteras y en ambos bordes posterior e interno de las alas posteriores. Miden aproximadamente 10 mm y presentan una envergadura alar de 12 a 15 mm. La parte distal del abdomen de la hembra es de forma cónica mientras que el macho posee dos claspers al final del abdomen. Viven de 15 a 30 días siendo un poco mayor el tiempo de vida de las hembras que el de los machos. La cópula se inicia al segundo día de emergencia y tanto hembras como machos pueden copular más de una vez. Una hembra oviposita entre 100 y 150 huevos aproximadamente durante toda su vida, es de hábitos crepusculares y nocturno (Gálvez y Villa, 1987; Kroschel, 1995, Zanabria, 1997; PROINPA, 1999; Mariy, 1999; Andrew, 1999; Larrain, 2003).

2.1.2.1.7 Daños e importancia económica

P. operculella, es considerada como una de las plagas más dañinas en el cultivo de papa y generalmente era reportada en la costa y valles interandinos cálidos, sin embargo, también se encuentra hasta los 4000 m s.n.m. El daño es causado por la larva, atacando diferentes estructuras de la planta: minando hojas y barrenando tallos y tubérculos.

Los rastrojos de cultivo, restos de cosecha, tubérculos que quedan en el campo, parcelas de papa sin cosechar, los almacenes rústicos y las plantas

espontáneas en los campos de rotación de papa constituyen las fuentes de infestación de ésta plaga (Palacios, 1997).

En el campo, las larvas penetran en la hoja y se alimentan del parénquima produciendo minas en forma de lagunas, también barrenan tallos y causan la muerte de las yemas apicales, el principal daño se produce en el almacén. Los huevos ovipositados en los tubérculos, se desarrollan produciendo galerías y consumiendo la pulpa de los tubérculos. Se reconoce el daño de la polilla, por el excremento en la entrada de las galerías (Winters y Fano, 1997; Palacios, 1998; Andrew, 1999). Durante el ciclo vegetativo de la papa, se pueden presentar tres generaciones de la plaga; la primera generación ataca las primeras hojas y los puntos de crecimiento, la segunda generación aparece cerca de la floración. Si el ataque se restringe a las hojas, el daño no es significativo; pero si la población es demasiado alta atacan barrenando tallos. La tercera generación aparece próxima a la cosecha, en los tubérculos expuestos, los cuales serán los portadores al lugar de almacenamiento (López-Ávila, 1988). En suelos arenosos secos, las larvas de la polilla del primer estadio pueden descender hasta 12.5 cm de profundidad para alcanzar los tubérculos (Mahajan y Mogal, 1978).

Las pérdidas ocasionadas por la polilla de la papa son variables, pudiendo llegar a un 100% de daño en almacén si no se ejerce ninguna medida de control. En el Perú, causan pérdidas de hasta el 90% tanto en campo como en almacén; en Chile y Bolivia ocasionan daños del 50%, en la India, las pérdidas en almacén varían de 30 a 70% y pueden llegar a ser tan altas hasta

un 86% en Tunisia, Argelia y Turquía (Raman y Palacios, 1982; Lal, 1987; Raman, 1987; PROINPA, 1999; Larrain, 2003).

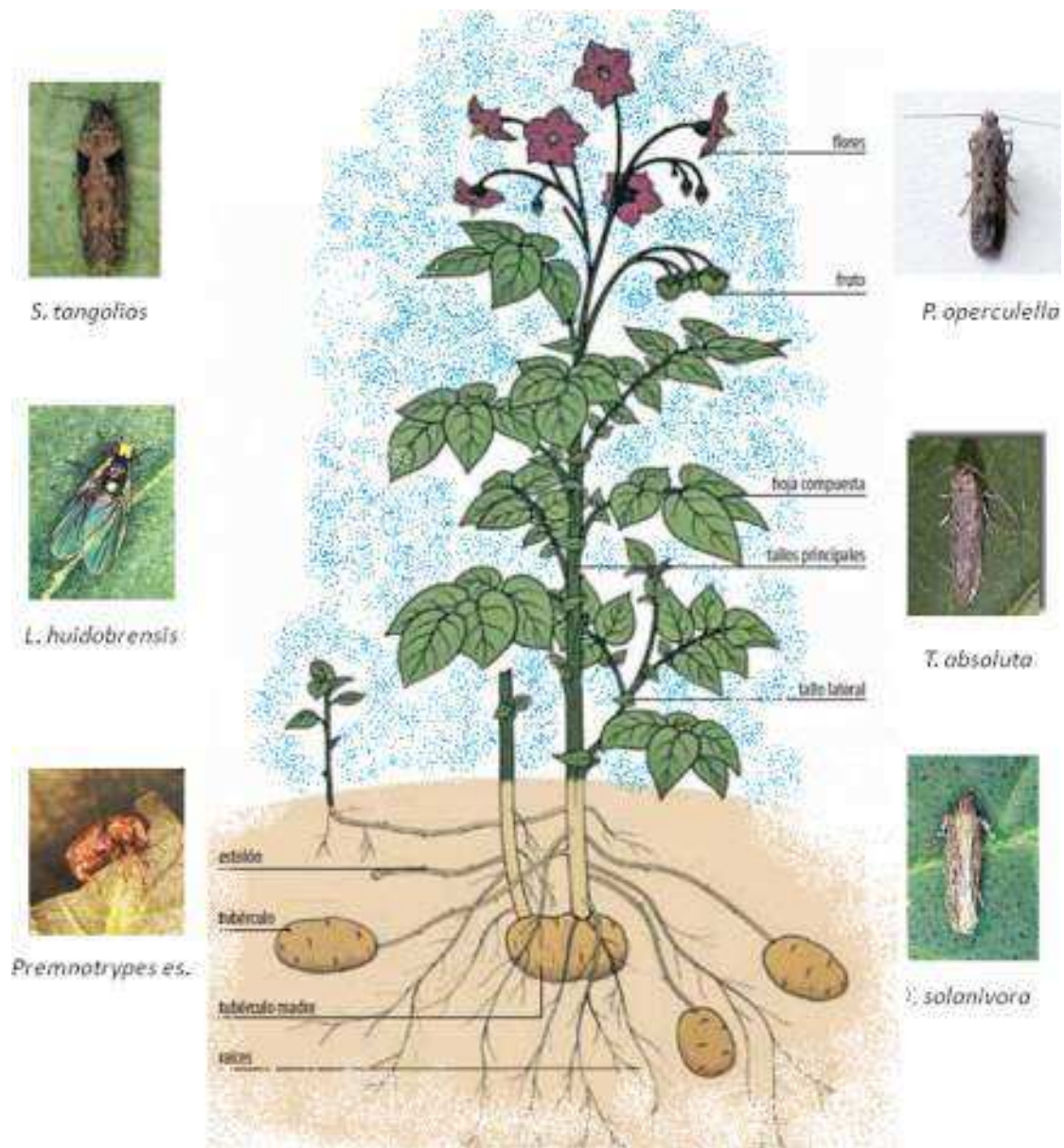


Figura 1: Plagas entomológicas del cultivo de la papa

Métodos de control

El método de control más utilizado es el uso de insecticidas químicos, como fosforados, carbamatos y piretroides, siendo muchos de ellos altamente tóxicos; con las ya conocidas desventajas de su uso como: toxicidad para los humanos, destrucción de los ecosistemas, eliminación de insectos benéficos, desarrollo de resistencia y resurgencia de plagas. Debido al comportamiento de las larvas de *P. operculella*, que se alojan entre la epidermis de las hojas para poder alimentarse del mesófilo pueden recibir, como resultado de su ubicación, dosis subletales de insecticidas que pueden detoxificar y luego transmitir resistencia a su progenie (Cañedo y Cisneros, 1994; Cisneros, 1994; Mitchel, 1968; Moawad, 1998; Keeratikasikorn, 1981).

Otro método de control es el control biológico, que se define como la represión de las plagas mediante sus enemigos naturales (parasitoides, predadores y patógenos) con características propias, que lo distinguen de otras formas de control. Entre las ventajas de su uso tenemos:

- Es permanente y continuo con las fluctuaciones propias de la interacción parasitoide-hospedero y los efectos de las variaciones físicas del ambiente.
- Se ejerce sobre grandes áreas, de acuerdo a las condiciones climáticas y biológicas predominantes.
- No deja residuos tóxicos.
- La acción de enemigos naturales tiende a intensificarse cuando las gradaciones de las plagas son más altas.

- No produce desequilibrio en el medio ambiente.
- La plaga no desarrolla resistencia.

Entre las desventajas se encuentran:

- Los efectos represores son relativamente lentos.
- Los enemigos naturales son influenciados por las condiciones climáticas y biológicas del lugar.
- No todas las plagas poseen enemigos biológicos eficientes desde el punto de vista económico.

(Dicke, 1972; Cisneros y Gregori, 1994; Aguilar, 1980; Andow, 1997; Bentley y O'Neil, 1997; Palacios, 1998).

Uno de los métodos de control biológico es el control biológico clásico, que implica que se deba identificar, en el lugar de origen de la plaga, el grupo de enemigos naturales específicos que la controlan eficazmente. Posteriormente, estos se transportan al país donde fue introducida la plaga, se reproducen en laboratorio, se determina cuál de ellos se adapta mejor a las condiciones locales y finalmente se liberan uno o varios de estos parasitoides o predadores para introducir en la región un nuevo factor de mortalidad.

El éxito en la introducción y el establecimiento de especies benéficas depende de diferentes condiciones:

- Identificación de enemigos naturales y sus hospederos o presas.
- Compatibilidad climática.
- Sincronización biológica.

- Número de especies a introducir.
- Características deseables que deben poseer las especies benéficas como gran capacidad de multiplicación, ser relativamente específicas, tener gran movilidad y capacidad de búsqueda y estar libre de hiperparásitos (Dhaliwal, 1998).

El método de control biológico clásico ha sido utilizado en alrededor de 1200 proyectos a nivel mundial en los pasados 100 años, contribuyendo al control de más de 200 plagas de insectos.

2.1.2.2 Aspectos generales del parasitoide *Orgilus lepidus*.

O. lepidus es un endoparasitoide solitario de la polilla de la papa *P. operculella*, originario de Sudamérica (Argentina) e identificada por Muesebeck en 1967.

Este parasitoide, como todos los Hymenoptera, presenta 4 estados de desarrollo: huevo, tres estadíos larvales pupa y adulto.

El huevo es de color blanco- translucido, ovalado de aproximadamente 0.226 x 0.057 mm. Es depositado en la cavidad del cuerpo del hospedero donde se desarrolla la larva, usualmente solo un huevo por hospedero, con un tiempo de desarrollo de 1-2 días (Oatman, 1969; Llanderal, 2000).

Presenta tres estadíos larvales, siendo el primero mandibulado, con trece segmentos corporales, un sistema traqueal, caudado inicialmente y vesiculado al finalizar su desarrollo, presenta un desarrollo de 5 días (a 27°C y

59% de HR). El segundo estadio es de tipo hymenopteriforme, con trece segmentos corporales y el extremo posterior vesiculado este se encuentra en el interior de la larva hospedera. En la cabeza se observan las papilas labiales y maxilares, siendo las estructuras cefálicas débilmente esclerotizadas y el tiempo de desarrollo es de solo un día. El tercer y último estadio, es de tipo hymenopteriforme y el extremo posterior es vesiculado. En la cabeza se encuentran las papilas de seda bien desarrolladas, las papilas labiales y maxilares, la región antenal bien definida, las mandíbulas son dentadas y presentan 9 pares de espiráculos, En este estadio, la larva sale del hospedero para empupar dentro de un cocón.

La pupa, de tipo exarate, tiene un tiempo de desarrollo de 9 días. El ciclo de desarrollo, desde huevo hasta adulto, es de aproximadamente 19 días a 27°C y 59% de HR.

Los adultos, con una coloración entre amarillo a marrón, son similares en apariencia, con la diferencia de que la hembra presenta un largo ovipositor, el cual es aproximadamente del largo de la cabeza hasta al final del abdomen, siendo la longitud promedio de 4.51 mm (Oatman, 1969).

O. lepidus también tiene sus propios parásitos, que afectan su ciclo biológico, como son *Perilampus latreille*, *P. granulos* (Galloway, 1983).

2.1.2.3 Clasificación taxonómica.

PHYLUM: Arthropoda

ORDEN: Hymenoptera

SUB ORDEN: Apocrita

SUPERFAMILIA: Ichneumonoidea

FAMILIA: Braconidae

SUBFAMILIA: Orgilinae

TRIBU: Orgilini

GÉNERO: *Orgilus*

ESPECIE: *O. lepidus* Muesebeck

2.1.2.3.1 Biología y comportamiento.

La emergencia de los adultos es estimulada por la luz y la cópula se realiza apenas emergen los adultos. Las hembras presentan un tipo de partenogénesis facultativa llamada arrenotokia, donde los huevos haploides producen machos y los diploides producen hembras. El tiempo de vida en promedio de los adultos es de 3-5 días sin miel ni agua y 21.4 días las hembras y 23.9 días los machos con miel y agua. El apareamiento se realiza tan pronto como emergen los adultos y la cópula dura de 11 a 23 segundos.

Oviposición: poco después de la cópula las hembras buscan al hospedero para ovipositar. Al suministrarle el material infestado con el hospedero, la hembra busca con sus antenas por la superficie de la papa una

fragancia que emite la larva, luego con su ovipositor contacta la larva y deposita sus huevos (usualmente 2-3 seg) y luego prosigue en la búsqueda.

Las hembras tienen un periodo de oviposición en promedio de 15.7 días (máximo 22) y producen un promedio de 63.2 adultos de ambos sexos (máximo 79.1). El ratio sexual es de (1.4:1) machos: hembras. Teniendo un porcentaje de parasitación de 88.5% y las hembras pueden parasitar 150 larvas en toda su vida (Oatman, 1969).

El ciclo de desarrollo es de aproximadamente de 19 días a 27°C y 59% de humedad relativa (HR); el parasitoide prefiere hospederos de entre 3-4 días de desarrollo (Oatman, 1969).

CAPITULO III

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el año 2008-2009, en los laboratorios de Entomología del Centro Internacional de la Papa (CIP) con sede en el distrito de La Molina, Lima-Perú. (L.S 12°05', L.O 76°57'; 2 40 m.s.n.m); bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

El material biológico, *P. operculella* y *O. lepidus* fueron obtenidos de la unidad de crianza del área de Entomología, la cual se llevó a cabo a 25°C ± 2°C y 77% ± 4% HR.

3.1.1 Materiales

3.1.1.1 Material biológico:

- *Phthorimaea operculella*
- Parasitoide *Orgilus lepidus*
- Tubérculos de papa blanca
- Tubérculos de papa peruanita

3.1.1.2 Equipos:

- Microscopio estereoscopio
- Microscopio plano
- Incubadoras
- Cámaras de refrigeración
- Autoclave
- Aspirador
- Lámparas
- HOBO (Registrador de datos meteorológicos)
- Cámara fotográfica

3.1.1.3 Material de vidrio

- Frascos carameleros grandes (2 galones) y chicos (1 galón) para parasitación.
- Tubos de vidrio (10x 50mm)
- Placas petri (100 x 15 mm)
- Portaobjetos y cubreobjetos

3.1.1.4 Material de plástico

- Vasos de plásticos (0.5 y 0.25 l)
- Reposteros plásticos (33 x 23 x 10 cm)
- Bandejas (42 x 25 cm)
- Tubos con tapa (1.5 x 5 cm)
- Cajas pequeñas (4,5 x 4,5 x 2,5 cm)
- Placas petri

3.1.1.5 Material de madera

- Jaulas de parasitación
- Caja (20 x 20 x 20 cm) con un foco en su interior.

3.1.1.6 Otros

Pinzas, pinceles, estiletes, mecheros, contómetros, Parafilm®, Papel Whatman (Nº1), miel de abeja, telas de tul y organza, arena, hipoclorito de sodio (3%), alcohol (96%), algodón, papel toalla, bandas elásticas, bisturí, foco 100 W.

3.1.2 Métodos

3.1.2.1 Establecimiento de la Crianza de *Phthorimaea operculella* (Zeller).

La metodología usada para la crianza del hospedero es la misma que se sigue en la unidad de crianza del CIP (Figura 2).

3.1.2.1.1 Obtención de huevos.

Se colocó en vasos de plástico de ½ litro, un número aproximado de 150 pupas de la polilla y se cubrieron con tela organza (muselina) y sujetos con bandas elásticas, los vasos se mantuvieron en estas condiciones hasta que emerjan aproximadamente el 50% de los adultos. Posteriormente se colocó un disco de papel filtro (Nº1) en cada vaso, procedimiento que fue realizado cada 24 horas por 5 ó 6 días consecutivos. Sobre el papel filtro se colocó el peso de dos placas petri para obtener un contacto uniforme entre el papel y la tela, para de esta manera obtener la mayor cantidad de huevos. Los adultos fueron alimentados con una solución de agua y miel (2:1), la cual se colocó en los bordes de los vasos por medio de un gotero.

3.1.2.1.2 Crianza de larvas.

En el fondo de los reposteros de plástico se colocó una capa de arena esterilizada de aproximadamente un centímetro de espesor, y sobre ella se ubicaron los tubérculos de papa peruanita (aprox. 1Kg), sobre ellos se colocaron los discos de papel filtro, con los huevos próximos a eclosionar.

3.1.2.1.3 Obtención de pupas.

Transcurridos 15 ó 20 días, se procedió a retirar los tubérculos desprendiendo cuidadosamente los cocones adheridos a estos. Se tamizó la arena para coleccionar los cocones los cuales fueron lavados con una solución al 3% de hipoclorito de sodio por espacio de un minuto, con el fin de disolver la seda de los cocones y liberar las pupas. Inmediatamente después se procedió a lavar con abundante agua

corriente por espacio de dos minutos. Finalmente las pupas se esparcieron sobre papel toalla hasta que quedaran completamente secas.

3.1.2.2 Biología de *Orgilus lepidus*:

3.1.2.2.1 Crianza de *Orgilus lepidus*.

La metodología empleada para la crianza *O. lepidus* es la misma que se sigue en la unidad de crianza del CIP (Figura 3).

Se colocaron adultos del parasitoide recién emergidos en frascos de parasitación para que copulen durante dos días. Se separaron en grupos de 30 parejas y se llevan a un nuevo frasco de parasitación donde se colocaron de 12 a 15 rodajas de papa blanca previamente infestadas con larvas recién emergidas del hospedero (aproximadamente 30 por rodaja). Luego de dos días se retiraron las rodajas y fueron repartidas en vasos de plástico (0,5 l), previamente acondicionadas con papel toalla en su base. Cada vaso de plástico fue rotulado con la fecha de parasitación y tapados con tul y sujetos con bandas elásticas, para luego recuperar los adultos, después de un tiempo aproximado de 21 días.

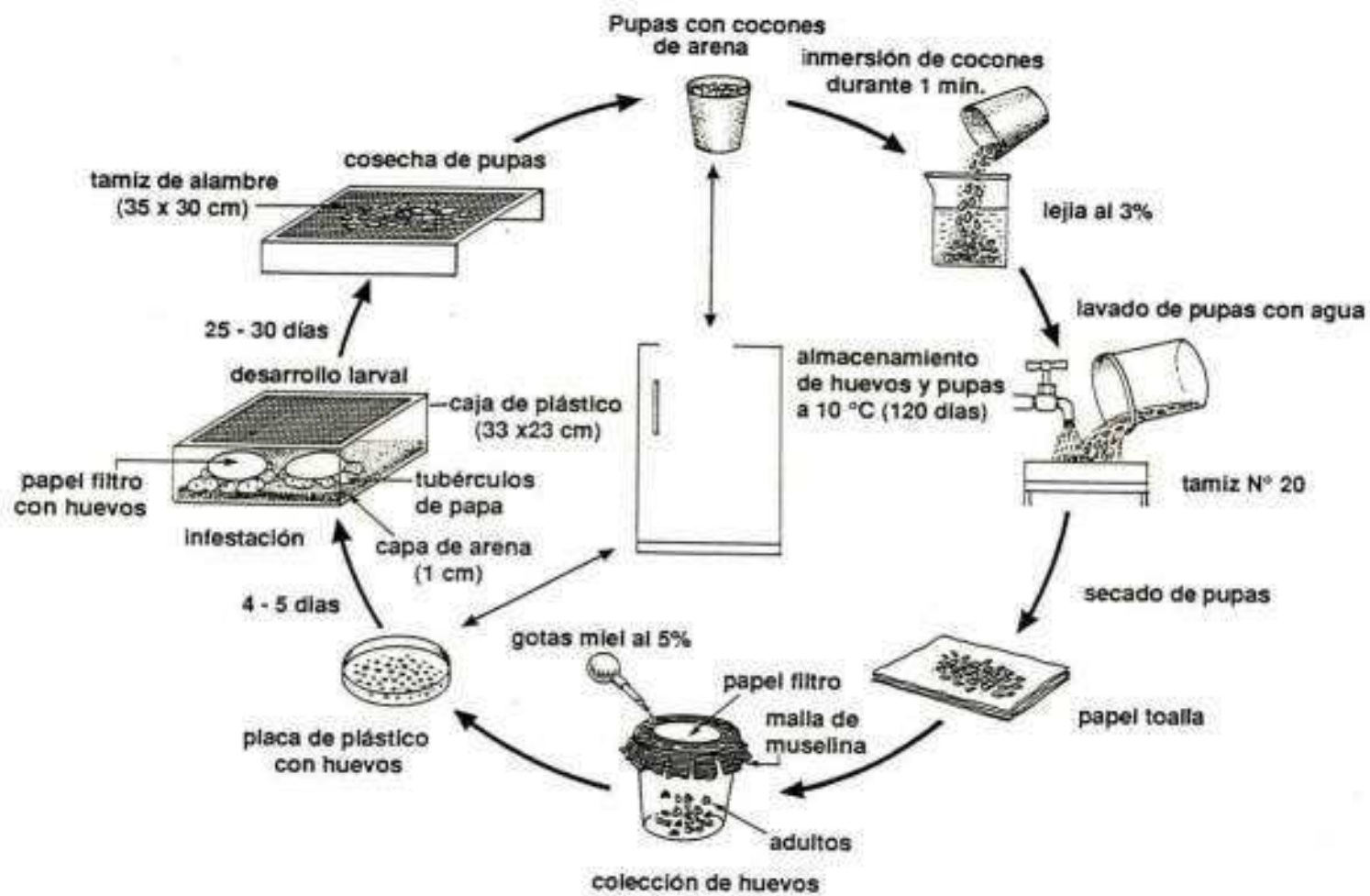


Figura 2: Crianza masal de *Phthorimaea operculella*

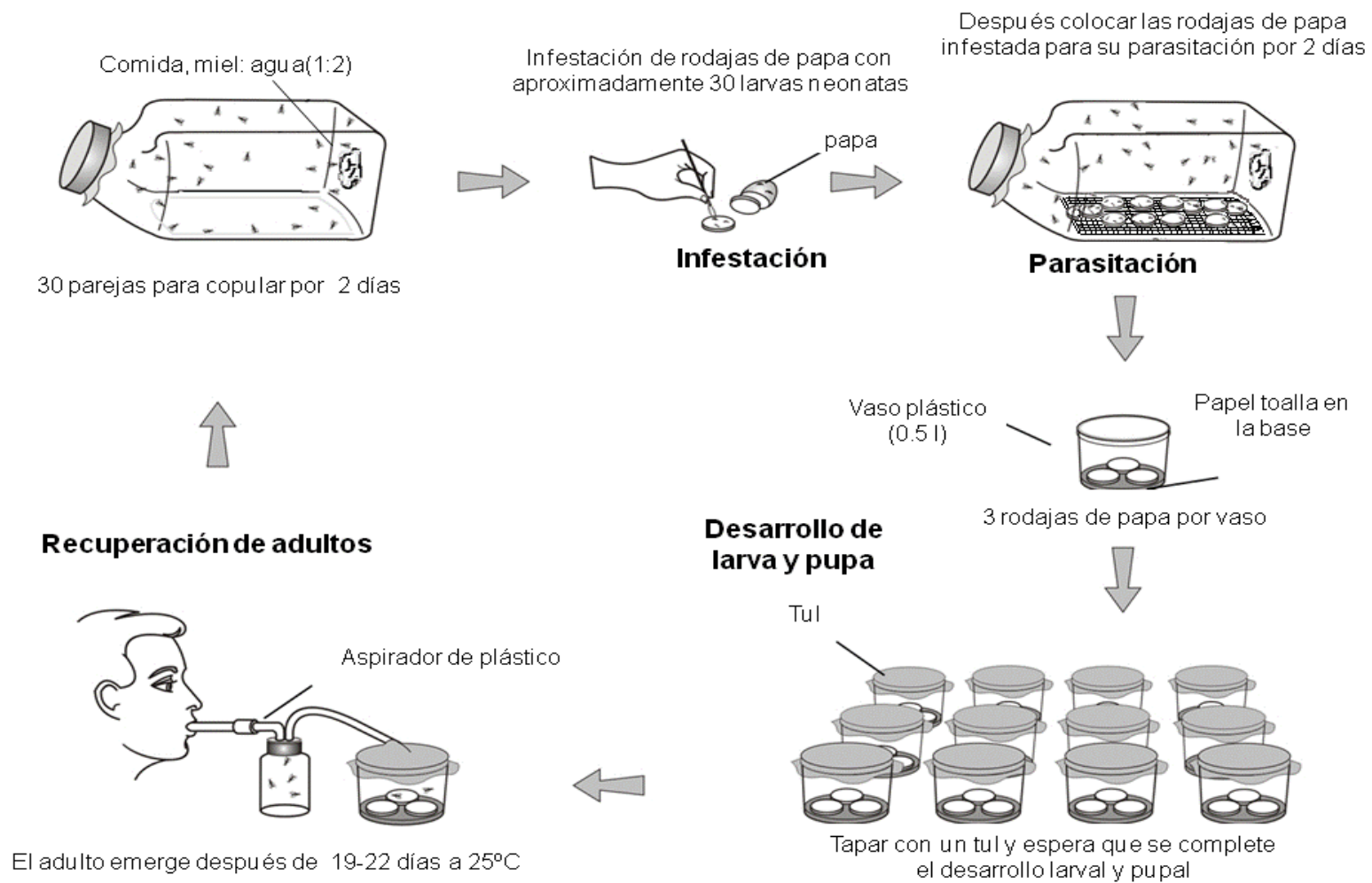


Figura 3: Crianza masal de *Orgilus lepidus*.

3.1.2.2.2 Determinación del tipo de sustrato.

En esta prueba, se identificó el sustrato más adecuado para obtener los mejores resultados en cuanto a la crianza de *O. lepidus*. Para lo cual se evaluaron tres sustratos: rodajas de papa blanca (RPB), rodajas de papa peruanita (RPP) y tubérculo entero de papa peruanita (TEP). Las rodajas tuvieron un espesor aproximado de 1.5 cm. las cuales se colocaron en una bandeja plástica con papel toalla en el fondo y dejadas a temperatura ambiente durante un tiempo aproximado de 3 horas para que logren secarse y para el caso de TEP se utilizaron 12 tubérculos pequeños con un peso total aproximado de 500gr.

Para esta prueba se colectaron parasitoides recién emergidos de los frascos de crianza, los cuales fueron sexados por diferencias morfológicas entre machos y hembras (ovipositor). Se tomaron 10 parejas y se colocaron en un frasco de vidrio de un galón de capacidad, con papel toalla en la base y en el fondo un algodón humedecido con una solución de agua y miel en la proporción 2:1, y se taparon con un tul sujetado con bandas elásticas.

Después de dos días, tiempo estimado para la cópula entre las parejas, se colocaron 12 unidades (dependiendo de los tratamientos, rodajas o tubérculos enteros) de los diferentes tipos de sustratos (RPB, RPP ó TEP) que fueron previamente infestados con 10 larvas del primer estadio de *P. operculella* (en total 120 larvas), Se cambiaron las unidades de sustrato cada 48 horas hasta la muerte de los parasitoides.

Luego se procedió a colocar los tubérculos expuestos a la acción de los parasitoides en vasos plásticos de ½ litro; cubriendo la entrada con tul y colocando papel toalla en el fondo, los cuales permanecían hasta la emergencia de los parasitoides adultos, aproximadamente 21 días.

A la emergencia de los adultos, se procedió a recuperarlos diariamente con un aspirador, por espacio de 15 días aproximadamente, registrando el número de polillas así como el número y sexo de los parasitoides.

3.1.2.2.3 Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad de machos y hembras.

En esta prueba se evaluó la longevidad de los adultos (machos y hembras), con y sin alimento, con y sin cópula. Los adultos recién emergidos de *O. lepidus* (machos y hembras vírgenes) fueron individualizados en tubos de ensayo con 10 repeticiones y tres réplicas.

Para la evaluación de los adultos con alimento, se individualizaron hembras y machos a los cuales se les suministró como alimento agua y miel 2:1 hasta la muerte del parasitoide. Se evaluaron en total 30 individuos de cada sexo.

Para el caso de longevidad con cópula se aislaron 10 parejas en 10 repeticiones y 3 réplicas, con y sin alimento. En todos los casos, se evaluó el tiempo de vida.

3.1.2.2.4 Determinación de la progenie producida por hembras vírgenes (partenogénesis).

Para esta prueba se expusieron rodajas de papa blanca, inoculadas con larvas recién emergidas del hospedero, a hembra vírgenes del parasitoide, en vasos de 125 ml cubiertos por un tul, a través del cual se suministró el alimento, siendo este sujetado por bandas elásticas. Se consideró una densidad de 10 larvas por rodaja. Las hembras fueron seleccionadas cuidadosamente de los vasos de crianza en las cuales no se observó la presencia de machos, de esta manera se tenía la seguridad de estar trabajando con hembras vírgenes. Cada 48 horas, se retiraron y cambiaron las rodajas de papa por un nuevo material idénticamente infestado, este procedimiento se repitió hasta la muerte del parasitoide. Las rodajas retiradas se colocaron en vasos de 125 ml y tapados con tul esperando la emergencia de los adultos, registrando el número de polillas como el número y sexo de los parasitoides.

3.1.2.2.5 Determinación de la densidad óptima del hospedero.

Este experimento fue conducido con la finalidad de determinar el número óptimo de larvas de *P. operculella* a ser expuestas a una pareja de parasitoides con el propósito de obtener el máximo de progenie del parasitoide.

A una temperatura de 25°C, se infestaron tubérculos de papa blanca con larvas recién emergidas de *P. operculella* en densidades de 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 larvas (10 repeticiones por cada densidad y

3 réplicas), las cuales fueron expuestas a una pareja de parasitoides en vasos de 500 ml, con papel toalla en la base y una rejilla, cuya entrada fue cubierta con tul y sujeto con bandas elásticas, a través del cual se procedió a alimentar diariamente a los parasitoides con una solución de agua y miel (2:1) Luego el material fue retirado y cambiado por nuevo material idénticamente infestado. El procedimiento se repitió cada 48 horas hasta la muerte de la hembra para cada una de las repeticiones. El material expuesto fue colocado en vasos de crianza y tapados con tul, hasta la emergencia de los adultos cuando se evaluó el número y sexo de los descendientes.

3.1.2.2.6 Morfología de los estados inmaduros de *Orgilus lepidus*.

Los parasitoides recién emergidos de los vasos de crianza, fueron colocados dentro de frascos de parasitación a 25°C. Después de un día de cópula se les suministró material infestado con larvas de *P. operculella* de 4 días de desarrollo obtenidos de la crianza masiva; para que fueran parasitados por un periodo de 6 horas, luego se procedió a retirar los parasitoides y recuperar el material infestado en vasos de medio litro que fueron tapados con tul y sujetos con bandas elásticas y rotulados. Luego de 24 horas se procedió a disectar larvas de *P. operculella* parasitadas para observar huevos y los diferentes estadios larvales del parasitoide que fueron medidos en un microscopio plano. Se evaluaron 30 huevos y 30 larvas de diferentes estadios cada 24 horas.

3.1.2.2.7 Capacidad de discriminación de hospederos previamente parasitados por *Orgilus lepidus*.

Para esta prueba se infestaron rodajas de papa blanca con larvas recién emergidas del hospedero, para ser sometidas a la acción de dos parejas de parasitoides por un periodo de 6 horas, en vasos de 500 ml. y cubiertos por un tul, a través del cual se suministró el alimento, siendo este sujetado por bandas elásticas. Se consideró una densidad de 10 larvas por rodaja y 6 repeticiones de la misma. Pasadas las 6 horas se retiraron los parasitoides, después de 4 días de desarrollo, periodo en el cual no se espera encontrar huevos del parasitoide, el material infestado fue sometido nuevamente a la acción de dos parejas de parasitoides por un periodo de 12 horas. Se recuperaron las larvas para disectarlas y observar la presencia de huevos y/ o larvas del parasitoide.

3.1.2.3 Tablas de vida de *Orgilus lepidus*.

3.1.2.3.1 Efecto de la temperatura en el desarrollo de *Orgilus lepidus*.

Este ensayo fue llevado a cabo bajo condiciones controladas de laboratorio, haciendo uso de incubadoras y de cuartos con condiciones controladas. Las temperaturas a evaluar para estas tablas de vida fueron: 11; 15; 20; 25 y 30°C \pm 0.5°C. Se realizaron 3 réplicas de 200 individuos, para cada temperatura, evaluándose diariamente a fin de registrar la duración de cada estado de desarrollo.

3.1.2.3.2 Periodo de incubación de *Orgilus lepidus*.

Los parasitoides recién emergidos de los vasos de crianza, fueron colocados dentro de frascos de parasitación a las diferentes temperaturas a evaluar. Después de un día (periodo de cópula) se les suministró rodajas de papa blanca infestada con larvas de *P. operculella* de 4 días de desarrollo, obtenidos de la crianza masiva; para que fueran parasitados por un periodo de 6 horas, luego se procedió a retirar los parasitoides y recuperar el material infestado en vasos de medio litro en el cual se encontraba papel toalla en la base, estos fueron tapados con tul y sujetos con bandas elásticas, rotulados. Luego de 24 horas se procedió a disectar tantas larvas parasitadas hasta encontrar 30 huevos/día. Este procedimiento se repitió cada 24 horas hasta la observación de un 100% de larvas del parasitoide.

3.1.2.3.3 Tiempo de desarrollo larval de *Orgilus lepidus*.

En envases pequeños de plástico que contenían papel toalla, se colocó un cuadrado de papa blanca que contenía una larva parasitada del hospedero. En estas condiciones se registró la duración del estado larval del parasitoide, desde el momento en que fue parasitado hasta la formación de la pupa. Cuando se murieron las larvas del hospedero, se disectaban para observar si estaban parasitadas. Cada envase fue rotulado con el número de repetición y la fecha de parasitación.

3.1.2.3.4 Tiempo de desarrollo de pupas de *Orgilus lepidus*.

Se registró el tiempo de duración desde la formación de la pupa hasta la emergencia del adulto. Para ello las pupas obtenidas fueron

colocadas de forma individual en tubos de vidrio, tapado con tul y sujetado con bandas elásticas hasta la emergencia de los adultos.

3.1.2.3.5 Longevidad de adultos de *Orgilus lepidus*.

Una vez emergidos los adultos de *O. lepidus* en los tubos se les proporcionó alimentación diaria, registrando los días de vida hasta la muerte.

3.1.2.3.6 Capacidad de reproducción de *Orgilus lepidus* a diferentes temperaturas.

Se infestaron tubérculos de papa blanca, con larvas recién emergidas de *P. operculella*, con una densidad de 75 larvas (10 repeticiones y 3 réplicas), las cuales fueron expuestas a una pareja de parasitoides, en vasos de 500 ml con papel toalla en la base y una rejilla cuya entrada fue cubierta con tul y sujeto con bandas elásticas, a través del cual se procedió a alimentar diariamente a los parasitoides con una solución de agua y miel (2:1), luego el material fue retirado y cambiado por nuevo material idénticamente infestado. El tiempo de parasitación dependió de las temperaturas evaluadas (Tabla 2) luego el material expuesto fue colocado en vasos de crianza y tapados con tul hasta la emergencia de los adultos evaluando el número y sexo de los descendientes.

Tabla 2: Tiempo de parasitación por temperatura.

Temperatura en °C	Días
11	11
15	6
20	3
25	2
30	1

3.1.2.4 Tablas de vida de *Phthorimaea operculella*.

3.1.2.4.1 Tiempo de desarrollo larval de *Phthorimaea operculella*.

En las unidades de desarrollo larval (envases pequeños de plástico), cuando la larva del hospedero no se encontraba parasitada, se registró el tiempo del desarrollo larval de la polilla, hasta la formación de la pupa.

3.1.2.4.2 Tiempo de desarrollo de las pupas de *Phthorimaea operculella*.

Se registró el tiempo de duración desde la formación de la pupa hasta la emergencia del adulto. Para ello las pupas obtenidas fueron colocadas de forma individual en tubos de vidrio, tapado con tul y sujetado con bandas elásticas hasta la emergencia de los adultos.

3.1.2.4.3 Longevidad de adultos de *Phthorimaea operculella*.

Una vez emergidos los adultos de *P. operculella* en los tubos de vidrio se le proporcionó alimentación diaria, registrándose los días de vida hasta la muerte del insecto, considerándose un adulto muerto a aquel que no se movía al ser tocado repetidas veces con el pincel.

3.1.2.4.4 Modelo de desarrollo de *Orgilus lepidus*.

Los datos obtenidos fueron ajustados a diferentes submodelos estadísticos con la finalidad de describir la influencia de la temperatura en el tiempo de desarrollo, mortalidad y reproducción del parasitoide.

3.1.2.4.5 Desarrollo y variación de estados de *O. lepidus*.

Las frecuencias acumuladas de desarrollo por día fueron graficadas contra el tiempo de desarrollo (en ln-días). Las curvas de distribución fueron estimadas por el modelo no lineal Sharpe y DeMichele (1977), el cual considera que el desarrollo de un organismo poiquilotermo se basa en un complejo de enzimas cuyos estados de activación e inactivación dependen de la temperatura.

$$r(T) = \frac{p \cdot \frac{T}{T_c} \cdot \exp\left[\frac{\Delta H_A}{R} \left(\frac{1}{T_c} - \frac{1}{T}\right)\right]}{1 + \exp\left[\frac{\Delta H_L}{R} \left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T}\right)\right] + \exp\left[\frac{\Delta H_H}{R} \left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T}\right)\right]}$$

Este modelo fue complementado por las funciones “complementaria logaritmo-logaritmo” (cloglog), “logística” (logit) y “distribución normal estándar acumulativa” (probit), escogiéndose el más adecuado en función al criterio de información de Akaike (AIC) (Akaike 1974), el cual es una medida del ajuste de un modelo estadístico estimado. Esta misma metodología fue empleada para describir la dependencia entre la tasa de desarrollo de cada estado y la temperatura.

3.1.2.4.6 Parámetros de la tabla de vida de *Orgilus lepidus*.

Los submodelos establecidos, fueron utilizados para construir el modelo fenológico de *O. lepidus*, el cual permite calcular los parámetros de las tablas de vida basándose en temperaturas mínimas y máximas.

Los parámetros de la tabla de vida; tasa de reproducción neta (R_0), tasa intrínseca (r_m), tasa de crecimiento finita (λ), tiempo de generación (T) y tiempo doble (Dt) fueron calculados en un rango de temperaturas constantes (11-30°C).

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

$$\sum l_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

$$\lambda = e^{r_m}$$

$$T = \ln R_0 / r_m$$

$$Dt = \ln 2 / r_m$$

3.1.2.5 Análisis estadísticos.

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias (LSD), el test de normalidad de Shapiro-wilk el test de igualdad de varianzas de Bartlett, utilizando el programa Statistical Analyzer (CIPSTAT). Para los datos que no cumplieron con las pruebas de normalidad e igualdad de varianzas se les aplicó la prueba de Kruskal-Wallis utilizando el programa R (R, 2008). La influencia de la temperatura sobre el ciclo de desarrollo, longevidad y fecundidad se determinó mediante análisis de regresión.

Las tablas de vida ayudaron a determinar los parámetros biológicos aplicando el programa ILCYM desarrollado en el CIP (Sporleder, 2008). Los parámetros obtenidos por este programa serán utilizados para predecir la actividad potencial del parasitoide en hábitats específicos según los datos de temperatura.

CAPITULO IV

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Biología de *Orgilus lepidus*

4.1.1.1 Determinación del tipo de sustrato.

Con relación al total de parasitoides recuperados con los diferentes tipos de sustratos no se encontró diferencias significativas entre los tres tratamientos, a pesar de ello, el porcentaje de parasitismo resultó ser ligeramente mayor en el tratamiento rodajas de papa blanca (RPB).

El mayor número de parasitoides hembras recuperados se obtuvo con el tratamiento rodajas de papa blanca (RPB) con 79.33 parasitoides, siendo significativamente diferente con los demás tratamientos.

La menor cantidad de parasitoides recuperados se registró en el tratamiento rodajas de papa peruanita (RPP) con 123.33 parasitoides.

En cuanto a la proporción sexual de la descendencia (número de machos y hembras) fue predominante el número de machos, siendo el tratamiento RPB el mejor con 1:0.9 (Tabla 3), por todos estos motivos antes mencionados se seleccionó trabajar con RPB.

4.1.1.2 Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad de machos y hembras.

Existe un efecto significativo de la alimentación en la longevidad de hembras y macho. La cópula no tiene efecto en la longevidad, sin embargo la oviposición reduce significativamente la longevidad de las hembras de 15 días sin oviposición a 7 días con oviposición, siendo la hembra más longeva que los machos (Tabla 4).

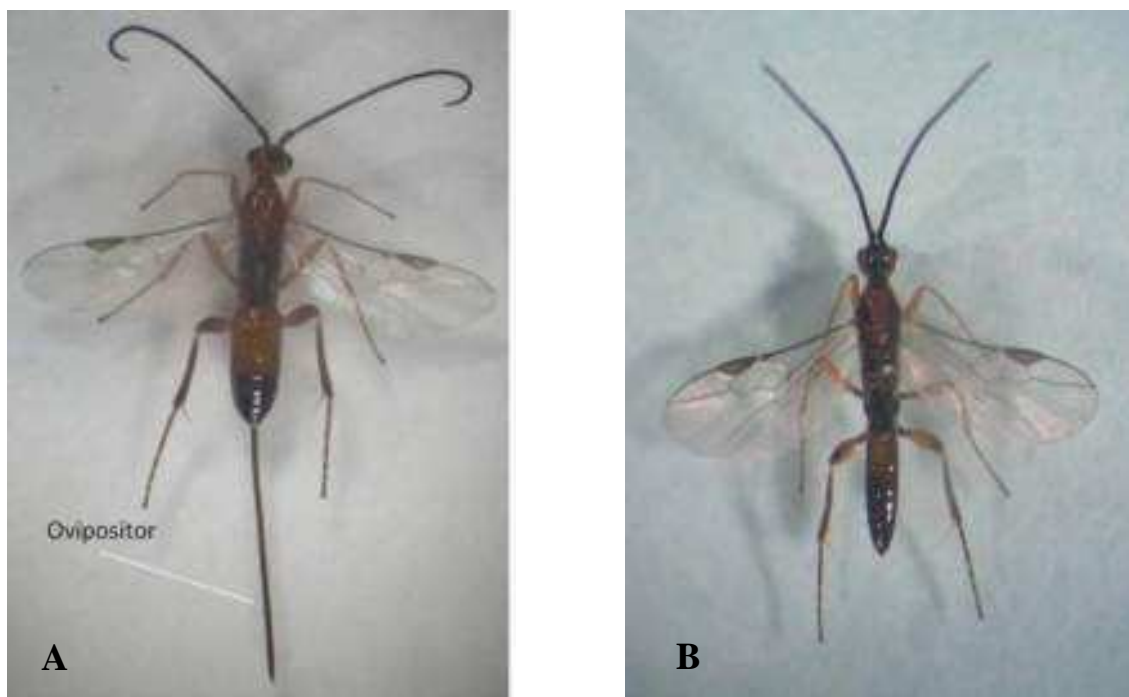


Figura 4: Adultos de *Orgilus lepidus*
A. hembra; B. macho

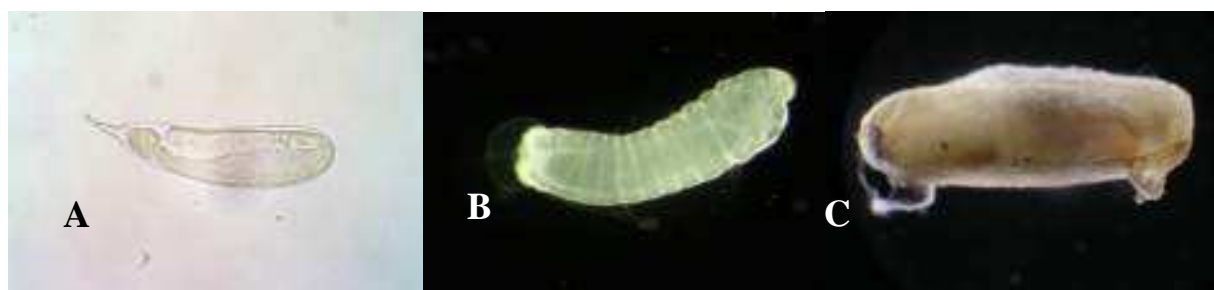


Figura 5: Estados inmaduros de *Orgilus lepidus*
A. huevo; B. larva II; C. pupa

Tabla 3: Evaluación del tipo de sustrato.

Sustrato	n	Parasitoides $\bar{x} \pm EE$			Total de Polillas $\bar{x} \pm EE$	Población Total $\bar{x} \pm EE$	Porcentaje de parasitismo $\bar{x} \pm EE$	Relación de sexos M/H
		Machos	Hembras	Total				
RPB	1920	90 ± 12.06 a	79.33 ± 9.39 a	189.67 ± 15.03 a	58 ± 19.67 a	67.33 ± 18.84 a	83.66 ± 6.55 a	01:00.9
RPP	2280	59.33 ± 25.64 a	36.33 ± 14.19 b	123.33 ± 50.83 a	63 ± 13.58 a	92.33 ± 14.08 a	67.05 ± 3.98 b	01:00.6
TEP	2400	72 ± 18.52 a	31.33 ± 4.91 b	134 ± 26.76 a	48 ± 7.64 a	59.67 ± 9.61 a	80.49 ± 0.60 ab	01:00.4
C.V.		45.88	36.14	39.85	44.54	34.75	9.98	-
L.S.D.		67.62743	35.38	118.63	50.13	50.75	15.36	-

RPB: rodajas de papa blanca; RPP: rodajas de papa peruanita, TEP: tubérculo entero de papa peruanita.

n: Total de larvas distribuidas en la 3 repeticiones por cada tratamiento hasta la muerte de la última hembra.

\bar{x} : Promedio.

EE: Error estándar.

C.V.: coeficiente de variación.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

Tabla 4: Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad de machos y hembras.

Tratamiento	Alimento	Cópula	Oviposición	Longevidad $\bar{x} \pm EE$	
				Hembras	Machos
1	No	No	No	4.77 ± 0.32 c	3.4 ± 0.25 b
2	Si	No	No	15.47 ± 1.59 a	11.63 ± 1.58 a
3	No	Si	No	3.9 ± 0.19 c	2.9 ± 0.19 b
4	Si	Si	No	15.4 ± 1.58 a	10.47 ± 1.31 a
5	Si	Si	Si	6.67 ± 0.55 b	-
C.V.				62	80
pKruskalWallis				0	6.68e-12

Longevidad (n=30)

Prueba con 10 repeticiones y tres réplicas por cada tratamiento.

Alimento miel y agua en la proporción de 1:1.

\bar{x} : Promedio.

EE: Error estándar.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

4.1.1.3 Determinación de la progenie producida por hembras vírgenes (partenogénesis).

El total de la progenie producida por hembras no fertilizadas fue de individuos machos, este tipo de reproducción se denomina partenogénesis de tipo arrenotokia en la que los huevos fertilizados son diploides y dan origen a hembras; mientras que los huevos sin fertilizar son haploides y dan origen a individuos machos, de esta manera se puede dar una regulación en el sexo de la descendencia. Obteniéndose una descendencia en promedio de 11.75 parasitoides con un rango de [1-28].

4.1.1.4 Determinación de la densidad óptima del hospedero.

El mayor número de parasitoides recuperados se obtuvo en los tratamientos con densidades de 75 y 100 larvas, con 93.8 y 114.3 parasitoides respectivamente, no habiendo diferencias significativas entre ambos. Además, el porcentaje de parasitismo tampoco presentó diferencias significativas, sin embargo el porcentaje de parasitismo a la densidad de 75 fue de 39.52% que resultó ser ligeramente mayor que a una densidad de 100 larvas. A pesar de que los tratamientos con densidades de 10, 20, 30, y 40 presentaron menor cantidad de parasitoides recuperados (14.7, 18.7, 33.5 y 37.6 respectivamente) sus porcentajes de parasitismos fueron mayores (54.52, 51.14, 58.37, 46.25, respectivamente) que los tratamientos de de 75 y 100, no presentando diferencias significativas. La proporción de machos y hembras de la

descendencia fue de aproximadamente 1:1 (Tabla 5). Por estos motivos se decidió trabajar con la densidad de 75 larvas.

Se observó un mayor porcentaje de parasitación durante la primera mitad de vida de la hembra, además se presenta una mayor recuperación de la descendencia obtenida de los tres primeros cambios de hospederos y hasta el día 26 después de la parasitación (Figura 6)

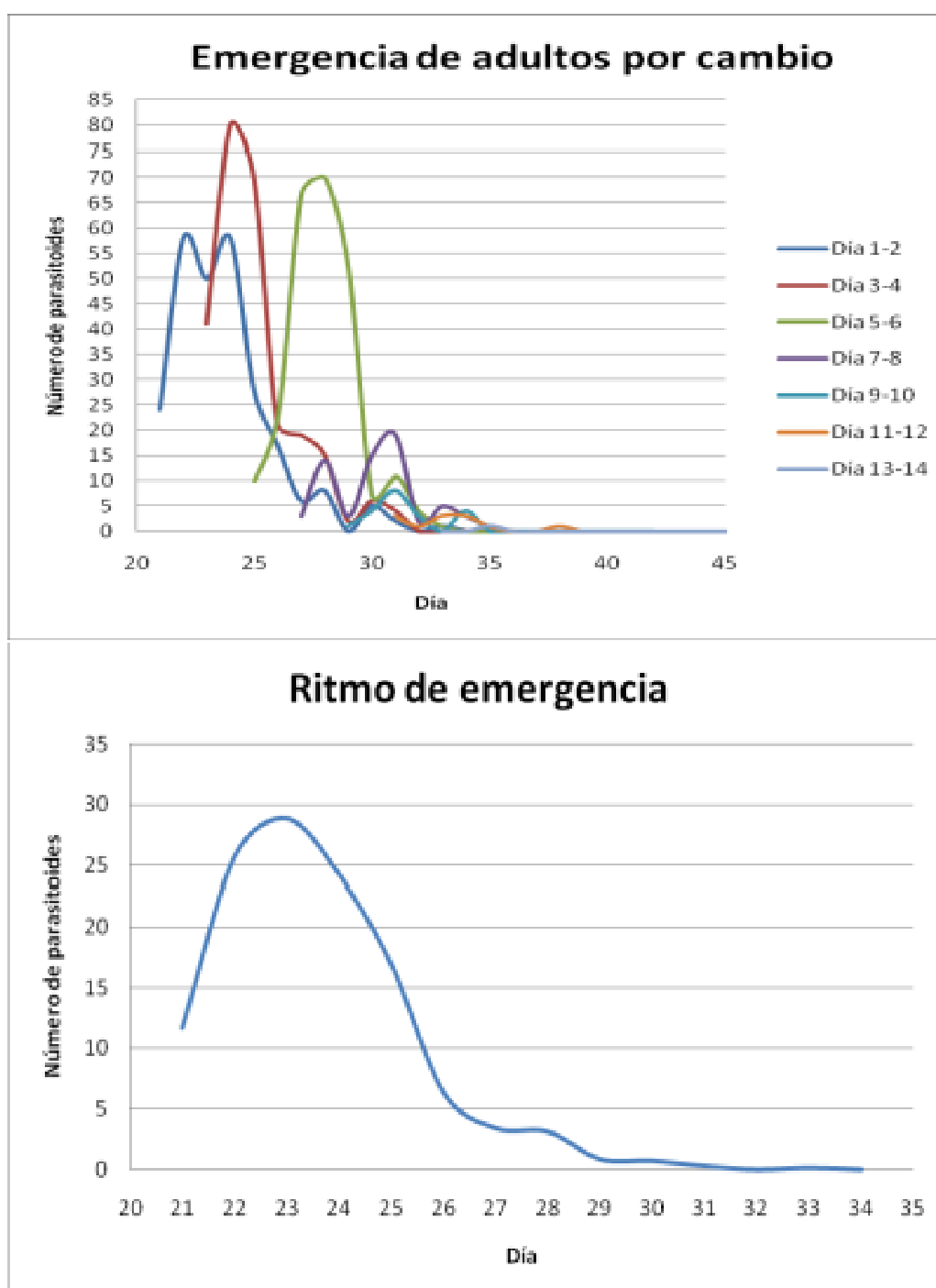


Figura 6: Emergencia de adultos de *Orgilus lepidus*.

Se puede observar el ritmo de emergencia de *Orgilus lepidus* a 25°C, notándose que a partir del día 21 después de la parasitación se puede empezar a recuperar los parasitoides hasta el día 29, y que la mayor cantidad de parasitoides recuperados se obtienen entre los días 21- 26 de los tres primeros cambios.

Tabla 5: Efecto de la densidad del hospedero en el parasitismo de *Orgilus lepidus*.

Densidad del hospedero	n	Parasitoide $\bar{x} \pm EE$			Total de Polillas** $\bar{x} \pm EE$	Población Total $\bar{x} \pm EE$	Longevidad $\bar{x} \pm EE$	Porcentaje de parasitismo $\bar{x} \pm EE$	Relación de sexos M/H
		Machos	Hembras	Total*					
10	58	5.7 ± 1.67 d	7.9 ± 1.39 b	14.7 ± 2.88 d	12.2 ± 2.26 e	26.9 ± 4.41 f	11.6 ± 2.00 ab	54.52 ± 6.23 a	0.7:1
20	92	9.1 ± 2.78 cd	7.4 ± 2.43 b	18.7 ± 5.63 cd	15.5 ± 3.80 de	34.2 ± 8.99 ef	9.2 ± 2.33 b	51.14 ± 6.15 ab	01:0.8
30	228	11.7 ± 3.10 cd	14.1 ± 3.09 b	33.5 ± 7.23 cd	27.3 ± 6.44 cd	60.8 ± 12.87 cd	15.2 ± 2.07 a	58.37 ± 4.03 a	0.8:1
40	308	18.2 ± 4.94 c	10.9 ± 2.73 b	37.6 ± 8.11 c	40.8 ± 7.52 bc	78.4 ± 13.60 d	15.4 ± 2.27 a	46.25 ± 5.15 abc	01:06
50	190	33.4 ± 7.55 b	30.5 ± 4.81 a	69.3 ± 8.74 b	45.9 ± 6.65 b	115.2 ± 11.07 c	7.6 ± 0.93 b	33.97 ± 3.57 c	01:0.9
75	285	44.8 ± 7.54 ab	41.3 ± 9.53 a	93.8 ± 13.94 ab	80.1 ± 14.75 a	173.9 ± 14.01 b	7.6 ± 0.72 b	39.52 ± 6.37 bc	01:0.9
100	410	49.3 ± 4.16 a	55.2 ± 8.07 a	114.3 ± 11.14 a	102.3 ± 10.24 a	216.6 ± 9.80 a	8.2 ± 0.47 b	38.39 ± 3.27 bc	0.9:1
C.V.		64.40	71.41	51.52	56.81	34.87	50.61	35.18	-
pKruskalWallis^		2.89e-10	6.85e-08	2.39e-11	1.36e-12	-	7.78e-3	-	-
L.S.D.^		-	-	-	-	31.43	-	14.47	-

10 repeticiones por densidad de hospederos y se realizan cambios de sustrato cada 2 días hasta la muerte de la hembra.

(*) Se incluyen las pupas de *O. lepidus* que no terminaron su desarrollo.

(**) Se incluyen las pupas de *P. operculella* que no terminaron su desarrollo.

^Aquellos parámetros que cumplieron las pruebas de homogeneidad de varianza y normalidad, se les realizó la prueba de significación de LSD y los que no cumplieron se les realizó la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis.

\bar{x} : Promedio.

EE: Error estándar. Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

4.1.1.5 Morfología de los estados inmaduros de *Orgilus lepidus*.

Al disectar las larvas de *P. operculella*, se pudieron encontrar los huevos de *O. lepidus*, los cuales estaban libres en el celoma de las larvas o fijos a estructuras internas del hospedero. Por lo general se encontraron más de un huevo por larva hospedera, indicando la existencia de superparasitismo. Los huevos son monoembriónicos, de forma ovalada y alargada (acuminado) de color blanco translúcido. La zona anterior es en un principio aguzada, pero cambia a una forma redondeada a medida que se aproxima la eclosión. La zona caudal se presenta elongada, a manera de pedicelo (Figura 7)

Orgilus lepidus presenta tres estadios larvales, siendo el primero mandibulado, con trece segmentos corporales, caudado inicialmente y vesiculado al finalizar su desarrollo. El segundo estadio es de tipo himenopteriforme, con trece segmentos corporales, y el extremo posterior vesiculado, estos estadios larvales se caracteriza por tener una amplia cabeza bien diferenciada. El tercer y último estadio, es de tipo himenopteriforme y el extremo posterior es vesiculado, de color blanco-cremoso y en algunos casos es posible observar tonalidades rosas. En la cabeza se encuentran, la región antenal bien definida, En este estadio, la larva sale del hospedero para empujar dentro del cocón de su hospedero.

El análisis de comparación de medias se realizó entre huevos (x, y) y entre larvas (a-f). En el desarrollo del huevo se observó un aumento de tamaño, tanto para el ancho como para el largo, de 0.304 a 0.419 para el largo

y de 0.067 a 0.140 para el ancho. *O. lepidus* presenta tres estadios larvales, el estadio (LI) tiene una duración de 6 días, el segundo (LII) de dos días y el tercer estadio (LIII) de un día. Al inicio, LI mide de 0.54mm x 0.15mm, la cual se mantiene por un periodo de tres días, después del cual sufre un crecimiento rápido hasta llegar a un promedio de 2.66 mm x 0.54 mm. El tercer estadio larval presenta unas dimensiones en promedio de (5.04 mm x 1.54 mm) este estadio es libre y se alimenta de casi todo el cuerpo del hospedero dejando solo la cápsula cefálica (Figura 7, Figura8)

La pupa, de tipo exarate, inicialmente es de color rojo amarillento, pero conforme se desarrolla adquiere una tonalidad oscura, Desde un inicio, la pupa se encuentra rodeada por un cocón seda, de color blanco-perlado, éste es producido por el último estadio larval, poco tiempo después de emerger del hospedero (Figura 9). Mide en promedio 5.2 mm de largo y 1.7 mm de ancho. La etapa de pupa, se caracteriza por la ausencia de crecimiento, pero una rápida diferenciación de tejidos, después de 9 días emerge el adulto (Figura 4).

Tabla 6: Dimensiones del huevo y larva de *Orgilus lepidus*.

Estado y tiempo de desarrollo	Día	Largo (mm) $\bar{x} \pm EE$	Ancho (mm) $\bar{x} \pm EE$
Huevo (1 día)	1	0.304±0.00 x	0.067 ± 0.00 x
Huevo (2 días)	2	0.419±0.01 y	0.140 ± 0.01 y
Larva I (1 día)	3	0.54 ± 0.02 f	0.15 ± 0.00 h
Larva I (2 día)	4	0.54 ± 0.01 ef	0.16 ± 0.00 g
Larva I (3 día)	5	0.56 ± 0.02 ef	0.17 ± 0.01 g
Larva I (4 día)	6	0.61 ± 0.04 e	0.22 ± 0.01 f
Larva I (5 día)	7	1.28 ± 0.10 d	0.35 ± 0.03 e
Larva I (6 día)	8	2.66 ± 0.22 c	0.54 ± 0.05 d
Larva II (1 día)	9	3 ± 0.15 c	0.94 ± 0.07 c
Larva II (2 día)	10	4.20 ± 0.13 b	1.16 ± 0.05 b
Larva III	11	5.04 ± 0.10 a	1.54 ± 0.05 a
C.V.* (Huevo/Larva)		11.38 /24.10	26.35 /30.41
p Kruskal Wallis* (Huevo/Larva)		1.18e-09 /0	4.55e-08 /0

Se realizaron 20 repeticiones por día de evaluación y esto fue realizado a una temperatura promedio de 25°C.

Las medidas de los huevos de los diferentes días fueron analizados y comparado entre ellas mismas (x,y), al igual que las medidas de larva (a-f).

*En el caso en el que el coeficiente de variación o el p Kruskal Wallis presenten dos valores, el primer valor pertenece al análisis de huevo y el segundo a la larva.

\bar{x} : promedio, EE: Error estándar.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

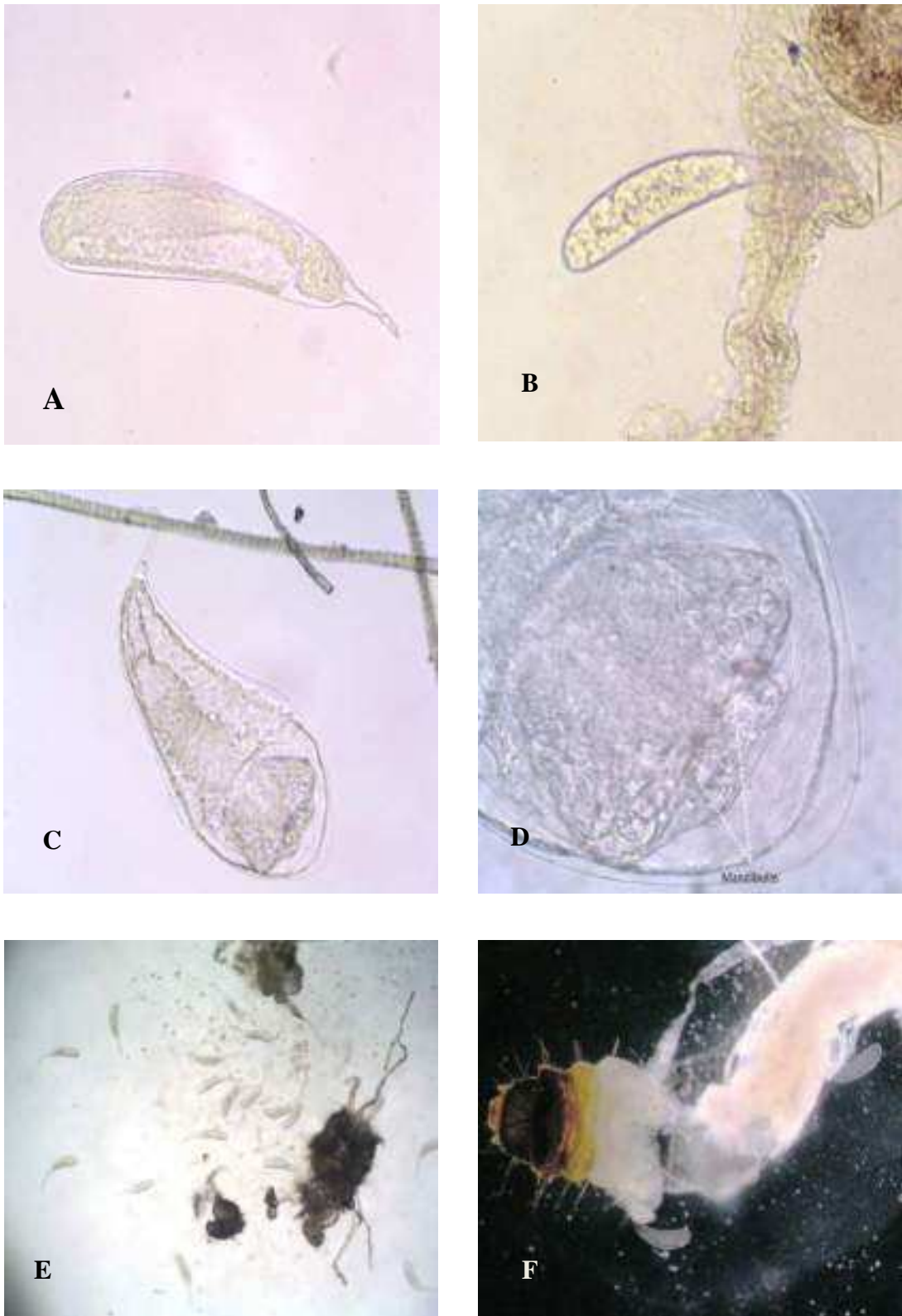


Figura 7: Huevo de *Orgilus lepidus*.

A. huevo libre 24 h; B. huevo fijo 24 h; C. huevo fijo 48 h, ya se observa la larva en su interior; D. Huevo de 48 h, donde se observa la mandíbula de las larvas; E. larva multiparasitada; F. huevos fijo en hospedero.

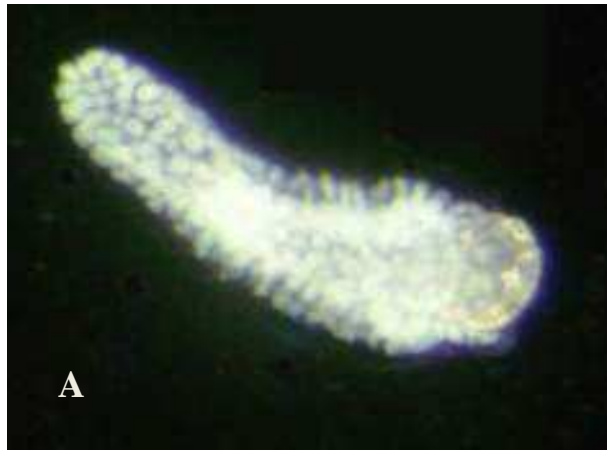


Figura 8: Estadíos larvales de *Orgilus lepidus*.

A. Larva recién emergida (LI); B. Larva de 2 días del primer estadio larval (LI); C. Larva de 5 días del primer estadio larval (LI) que muestra el extremo final caudado; D. Larva del segundo estadio larval mudando donde se observan las mandíbulas (LII); E. Larva del segundo estadio larval mudando donde muestra el extremo final vesiculado (LII); F. Larva del tercer estadio larval libre (LIII).

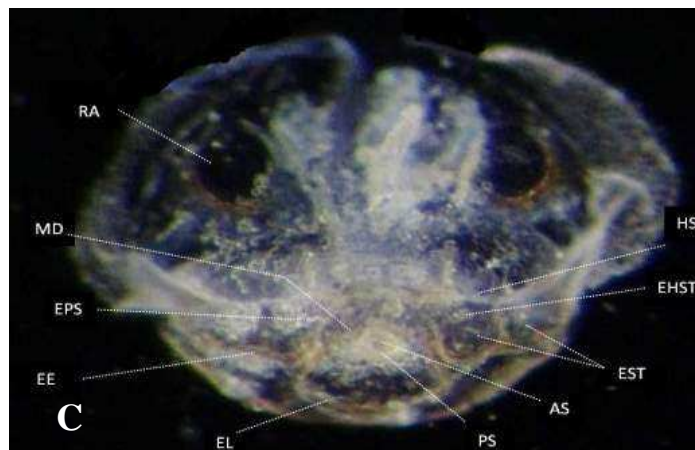
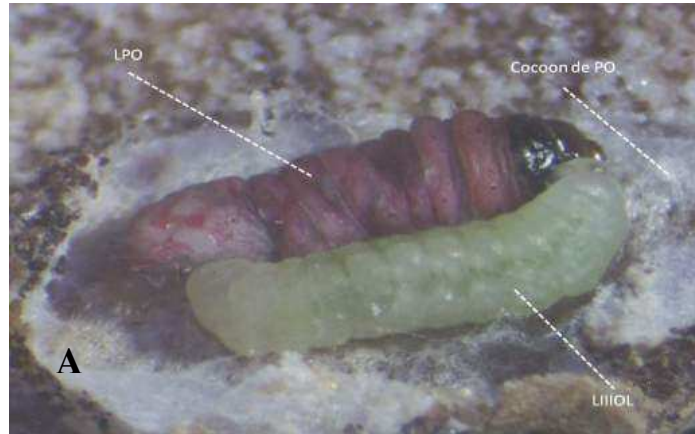


Figura 9: Estadío LIII de *Orgilus lepidus*.

A. LIII después de emerger del hospedero dentro de su cocoon y alimentándose del mismo (PO: *P. operculella*); B. LIII (CCH: Capsula cefálica del hospedero, ANT: Antena); C. capsula cefálica de LIII (RA: Región antenal, MD: Mandíbulas, EPS: Epistoma, EE: Esclerito estipital, EL: esclerito labial, PS: Papila de seda, PS: Apertura salival, EST: Estípites, EHST: espolon del hipostoma, HST: Hipostoma).

4.1.1.6 Capacidad de discriminación de hospederos previamente parasitados por *Orgilus lepidus*.

Se obtuvo un porcentaje de discriminación de 67.2%, siendo el 32.8% el porcentaje de larvas doblemente parasitadas, que no pudieron diferenciar las larvas previamente parasitadas.

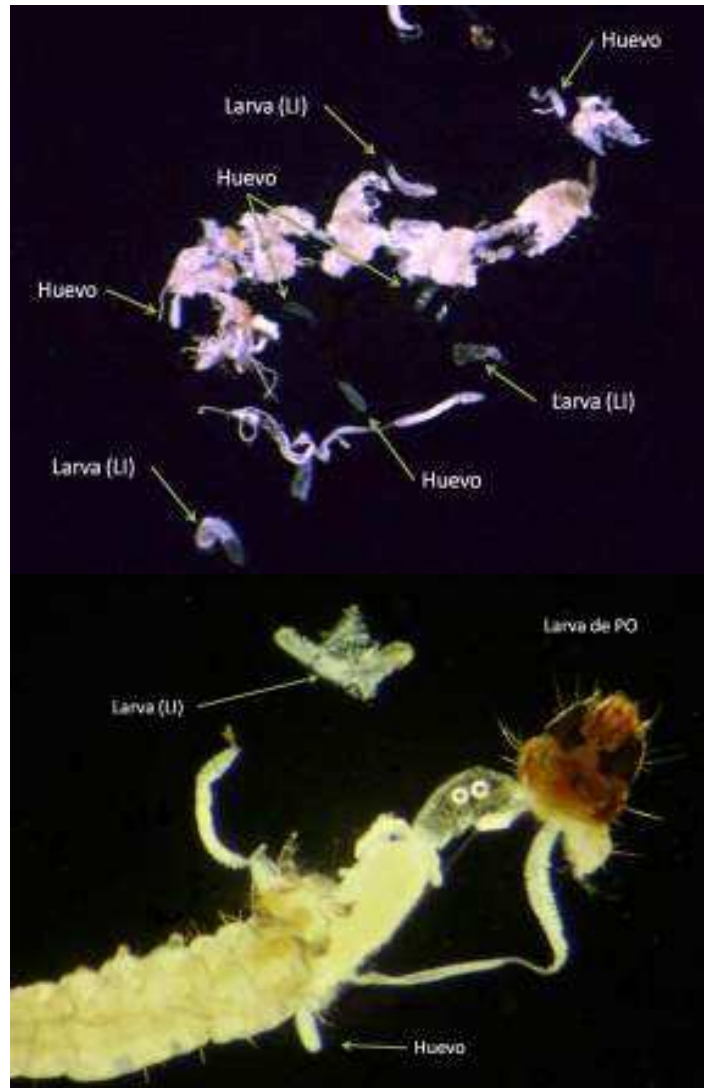


Figura 10: Larva de *P. operculella* conteniendo huevos y larvas de *Orgilus lepidus* lo que demuestra la no discriminación de hospederos parasitados.

4.1.2 Tabla de vida de *Orgilus lepidus*.

4.1.2.1 Periodo de incubación de *Orgilus lepidus*.

Existe un efecto significativo de la temperatura en el desarrollo del huevo siendo el periodo de incubación a 11°C el más prolongado (21.5 días) y el más corto a 30°C 1 día. A medida que la temperatura se fue incrementando se observó una disminución en el tiempo de incubación (Tabla 7).

Es importante mencionar que en todas las temperaturas se observó que la larva hospedera podía contener más de un huevo, encontrándose hasta treinta huevos en una sola larva. Esta situación se presentaba con mayor frecuencia a temperaturas más altas (25 y 30°C).

La distribución acumulada de desarrollo y la tasa de desarrollo del estado de huevo no fueron descritas apropiadamente mediante las funciones de Sharpe y DeMichele y cloglog debido a la poca variabilidad de las temperaturas de 25 y 30°C.

Tabla 7: Periodo de incubación de *Orgilus lepidus*.

Temperatura en °C	n	Huevo $\bar{x} \pm EE$
11°	30	21.5 ± 0.09 a
15°	30	7.9 ± 0.06 b
20°	30	4.8 ± 0.07 c
25°	30	2 ± 0 d
30°	30	1 ± 0 e
C.V.		4.32
p KruskalWallis		0

\bar{x} : Tiempo de desarrollo promedio en días
EE: Error estándar.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

4.1.2.2 Tiempo de desarrollo larval de *Orgilus lepidus*.

La duración del desarrollo larval fue afectada por la temperatura. A la temperatura de 11°C, a pesar de que los huevos eclosionan, no se obtuvo en ninguna de las repeticiones individuos que completaran su desarrollo larval.

La duración total del estado larval decreció con el aumento de la temperatura, de 46 días (15°C) a 8.6 días (30 °C) siendo significativamente diferente en todas las temperaturas evaluadas (Tabla 8). Este estado resultó ser el más prolongado de los estados inmaduros, indistintamente de la temperatura estudiada.

La distribución acumulada y la tasa de desarrollo larval fueron descritas mediante las funciones de Shaper y DeMichele y logit (Figura 11 y Figura 12). Se observó que existe diferencia en el tiempo de desarrollo entre todas las temperaturas evaluadas. Esto se refleja en que las líneas paralelas pertenecientes a 15, 20, 25 y 30 se encuentran separadas. También se muestra en el gráfico que independientemente de la temperatura, el desarrollo de los individuos de la misma cohorte se completa en diferentes días.

Se estimó que el 50% de la población por cada temperatura (15, 20, 25 y 30°C) se desarrolló a los 43.9, 18.5, 9.9, y 8.0 días, respectivamente. Mediante el modelo no lineal de Shaper y DeMichele

se pudo estimar el umbral de temperatura teórica, la temperatura mínima de desarrollo, la temperatura óptima de desarrollo, así como la temperatura media de desarrollo (Tabla 9). La máxima tasa de desarrollo se encuentra en el punto entre 25 y 30°C, a partir del cual el desarrollo se hace más lento (Figura 12).

Como a 11°C no fue completado el desarrollo del estado larval de *O. lepidus*, la mortalidad se consideró como 100%. Para éste estado inmaduro se obtuvo a 15°C la mayor mortalidad (38%), encontrándose diferencias significativas entre la temperatura más baja (15°C) con respecto al resto de los tratamientos (Tabla 8, Figura 13).

Tabla 8: Tiempo de desarrollo y mortalidad del estado larval de *Orgilus lepidus*.

Temperatura en °C	n	Larva $\bar{x} \pm EE$	Mortalidad (%) $\bar{x} \pm EE$
11°	-	-	100 ± 0
15°	51	45.92 ± 1.29 a	37 ± 8.57 a
20°	113	19.19 ± 0.22 b	13.8 ± 2.63 b
25°	159	10.57 ± 0.14 c	16.8 ± 0.43 b
30°	331	8.62 ± 0.07 d	11.7 ± 2.78 b
C.V.		21.93	20.30
pKruskalWallis		0	9.3e-5

\bar{x} : Tiempo de desarrollo promedio en días

EE: Error estándar.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

Tabla 9: Temperaturas calculadas para el estado larval.

Parámetros biológicos	Temperatura (°C)
Umbral de temperatura teórica.	11.80
Temperatura mínima de desarrollo	5.32
Temperatura óptima de desarrollo	28.93
Temperatura media de desarrollo	18.62

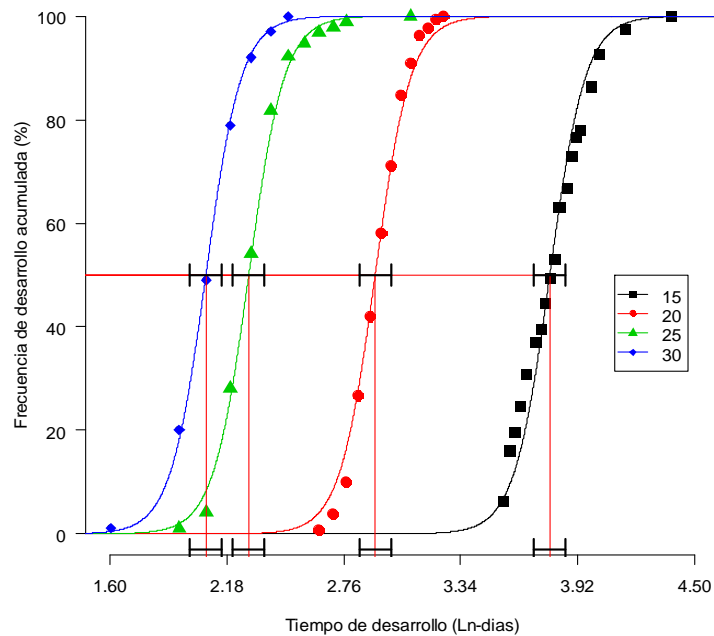


Figura 11: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de larva de *Orgilus lepidus*.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y logístico.

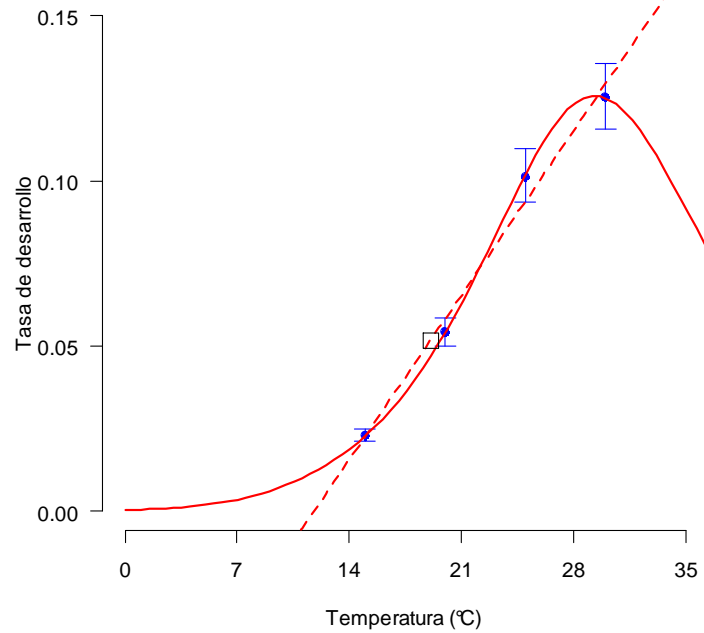


Figura 12: Tasa de desarrollo (dias-1) dependiente de la temperatura para el estado de larva de *Orgilus*. Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

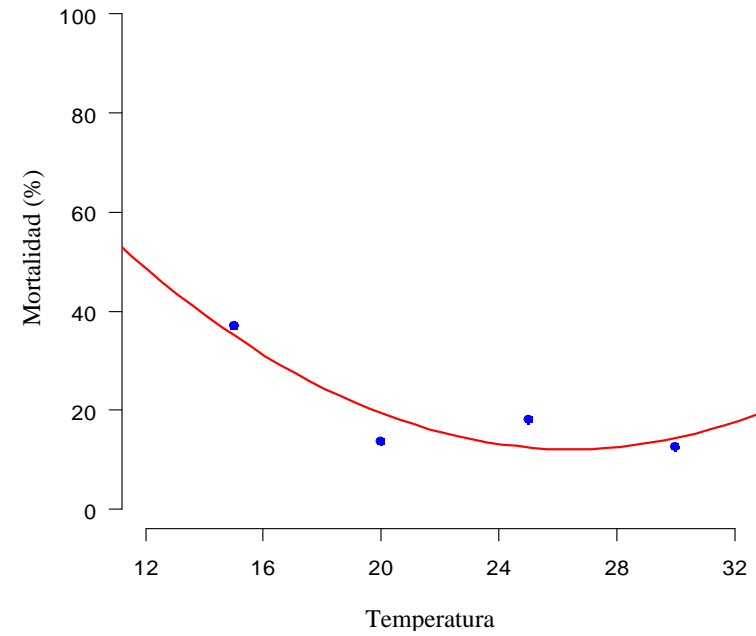


Figura 13: Mortalidad en el estado de larva de *Orgilus lepidus* a diferentes temperaturas. Puntos azules = datos observados; Línea roja = línea predictiva

4.1.2.3 Tiempo de desarrollo de pupas de *Orgilus lepidus*.

La velocidad de desarrollo para las pupas fue incrementándose con el aumento de la temperatura; como las larvas no desarrollaron a 11°C, no hay información del estado de pupa a esa temperatura.

El tiempo requerido para el estado de pupa decreció con el aumento de la temperatura; de 30.76 días (15°C) a 6.11 días (30°C). Así, éste estado resultó ser el segundo más prolongado de los estados inmaduros indistintamente de las temperaturas estudiadas, Existiendo diferencias significativas entre todas las temperaturas evaluadas (Tabla 10).

La distribución acumulada y la tasa de desarrollo, fueron descritas mediante las funciones de Shaper y DeMichele y logit (Figura 14 y Figura 16). Se observa que la diferencia es menor en el tiempo de desarrollo entre las temperaturas de 25 y 30. Esto se refleja en que las líneas paralelas pertenecientes a 15, 20 y 25 se encuentran separadas, mientras que la distancia entre esta última y la de 30°C se acorta. También se muestra en el gráfico que independientemente de la temperatura, el desarrollo de los individuos de la misma cohorte se completa en diferentes días.

Se estimó que el 50% de la población por cada temperatura (15, 20, 25 y 30°C) se desarrolló a los 29.9, 12.1, 7.1, y 5.5 días, respectivamente. Mediante el modelo no lineal de Shaper y DeMichele se pudo estimar el umbral de temperatura teórica, la temperatura mínima

de desarrollo, la temperatura óptima de desarrollo, así como la temperatura media de desarrollo (Tabla 11). La máxima tasa de desarrollo se encuentra en un punto superior a 30°C , a partir del cual el desarrollo se hace más lento (Figura 16). Para éste estado inmaduro se obtuvieron a 30 y 15°C las mayores mortalidades con 56% y 44% respectivamente, encontrándose diferencias significativas entre todas las temperatura con excepción de las temperaturas de 20 y 25°C (Tabla 10, Figura 15).

Tabla 10: Tiempo de desarrollo y mortalidad del estado de pupa de *Orgilus lepidus*.

Temperatura en °C	n	Pupa $\bar{x} \pm EE$	Mortalidad (%) $\bar{x} \pm EE$
15°	29	30.76 ± 0.94 a	43.8 ± 2.9 b
20°	99	12.80 ± 0.26 b	12.4 ± 0.7 c
25°	136	7.80 ± 0.11 c	14.5 ± 2.3 c
30°	189	6.11 ± 0.09 d	56.0 ± 3.6 a
C.V.		21.02	14.11
pKruskalWallis		0	-
LSD		-	8.41

\bar{x} : Tiempo de desarrollo promedio en días

EE: Error estándar.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

Tabla 11: Temperaturas calculadas para el estado de pupa.

Parámetros biológicos	Temperatura (°C)
Umbral de temperatura teórica.	12.83
Temperatura mínima de desarrollo	13.46
Temperatura óptima de desarrollo	32.46
Temperatura media de desarrollo	21.52

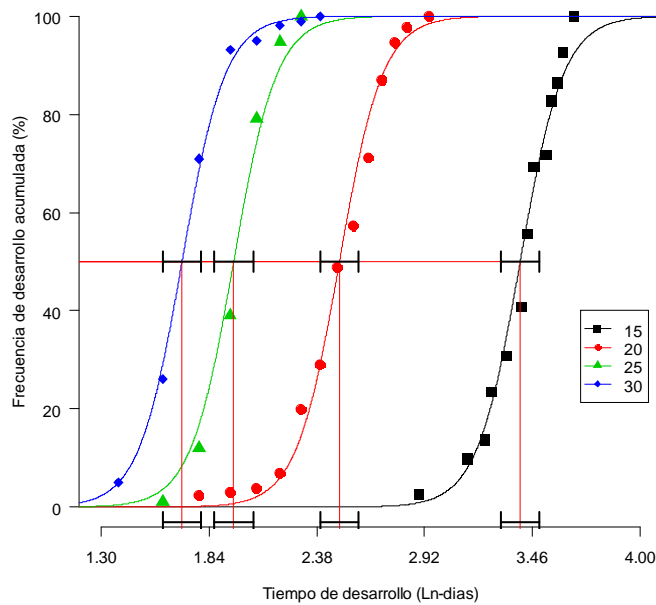


Figura 14: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de pupa de *Orgilus lepidus*.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y logístico.

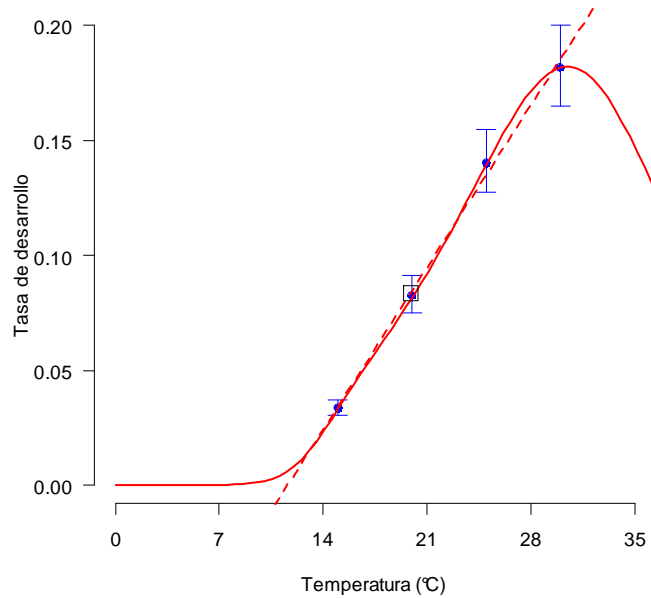


Figura 16: Tasa de desarrollo (dias-1) dependiente de la temperatura para el estado de pupa de *Orgilus lepidus*.

Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

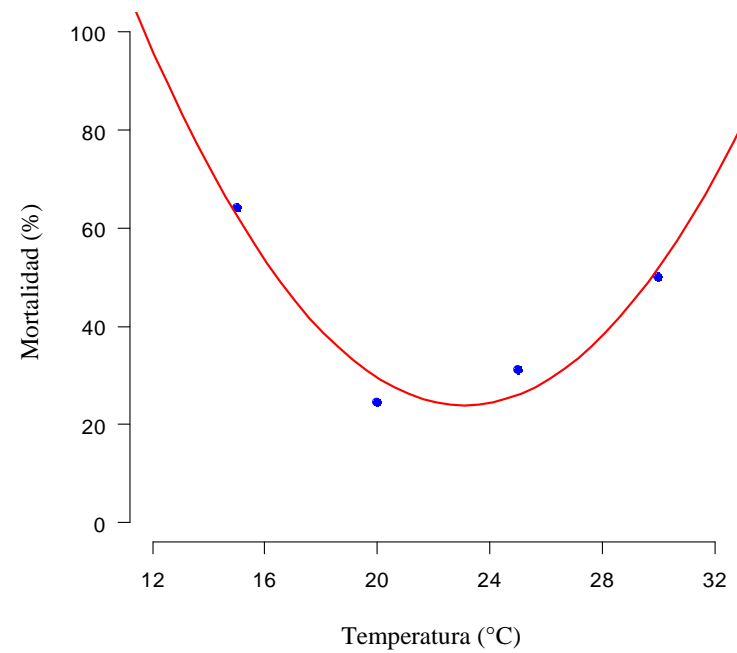


Figura 15: Mortalidad en el estado de pupa de *Orgilus lepidus* a diferentes temperaturas.

Puntos azules= datos observados; Línea roja = línea predictiva.

4.1.2.4 Longevidad de adultos de *Orgilus lepidus*.

El periodo de sobrevivencia fue decreciendo con el aumento de la temperatura.

La distribución acumulada y la tasa de senescencia, fueron descritas mediante las funciones de Shaper y DeMichele, logit para macho y cloglog para las hembras (Figura 18 y Figura 17 para los machos; Figura 20 y Figura 19 para las hembras). No existió mayor diferencia en el tiempo de desarrollo entre las temperaturas de 15, 20 y 25. Esto se refleja en que las líneas paralelas pertenecientes a 15, 20 y 25 no se encuentran muy separadas, mientras que la distancia entre esta última y la de 30°C se alarga tanto para machos como para hembras. También se muestra en el gráfico que independientemente de la temperatura, el desarrollo de los individuos de la misma cohorte se completa en diferentes días.

Se estimó que el 50% de la población por cada temperatura (15, 20, 25 y 30°C) se desarrolló a los 18.3, 16.9, 12.7, y 5.1 días para machos y 20.8, 20.4, 15.7 y 8.3 días para las hembras, respectivamente. Mediante el modelo no lineal de Shaper y DeMichele se pudo estimar el umbral de temperatura teórica y la temperatura media de desarrollo (Tabla 13).

La longevidad de las hembras de *O. lepidus* fue superior a la de los machos en todos los tratamientos (Tabla 12); siendo las

longevidades mayores de 23: 21 a 15°C y las menores de 9:7 a 30°C, Hembras: macho respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para las temperaturas de 15 y 20°C (Tabla 12 y Figura 18) donde las líneas se cruzan, pero sí entre este grupo y las temperaturas de 25 y 30°C, tanto para machos como para hembras.

Tabla 12: Longevidad de adultos y ciclo total de *Orgilus lepidus*.*

Temperatura en °C	n	Machos $\bar{x} \pm EE$	n	Hembra $\bar{x} \pm EE$	Ciclo total H-A
11°	-	-	-	-	-
15°	13	21.31 ± 2.62 a	16	22.88 ± 1.13 a	85
20°	56	19.55 ± 1.28 a	43	21.63 ± 1.31 a	37
25°	80	14.53 ± 0.66 b	52	16.90 ± 0.80 b	20
30°	96	6.56 ± 0.42 c	92	8.98 ± 0.46 c	16
C.V.		51.34		39.73	-
pKruskaWallis		0		0	-

(*) Datos obtenidos de las tablas de vida y periodo de incubación.

(-) Estados no observados en la tabla de 11°C.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

Tabla 13: Temperatura mínima de desarrollo de los diferentes estados de *Orgilus lepidus*.

Parámetros biológicos	Hembra sin reproducción	Macho
Umbral de temperatura teórica.	14.11	16.86
Temperatura media de desarrollo.	22.16	22.27

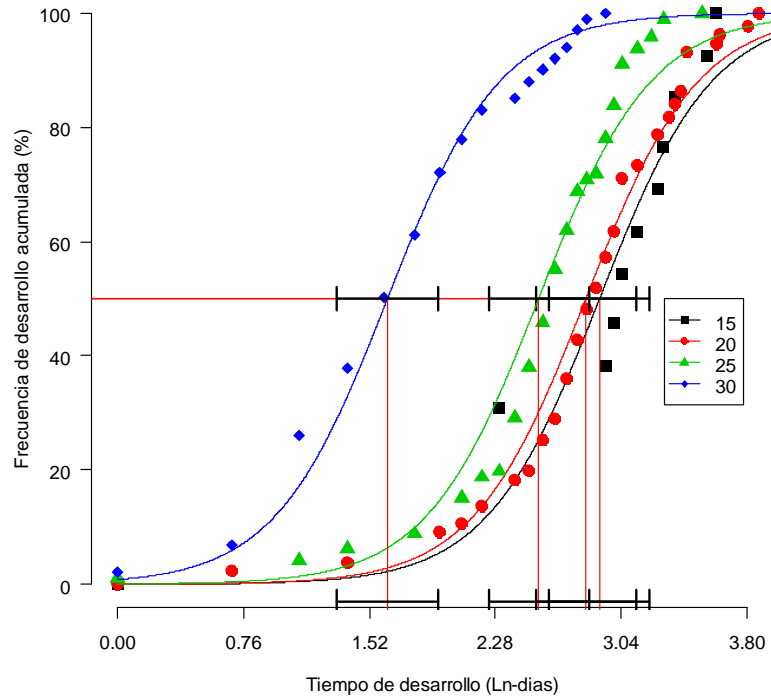


Figura 18: Distribución de frecuencia de senescencia acumulada para machos de *Orgilus lepidus*.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y logístico. Para 15 y 20°C la distribución fue bastante similar .

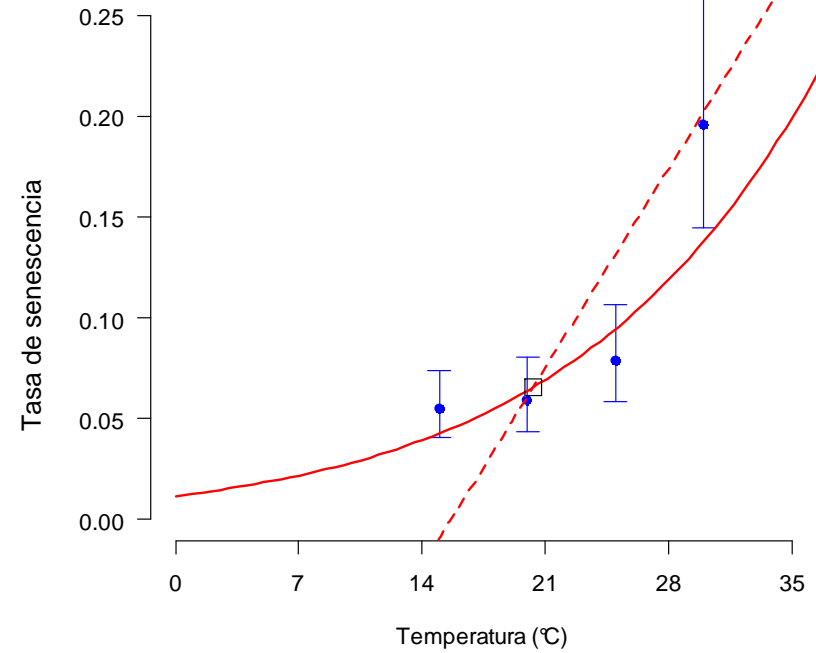


Figura 17: Tasa de senescencia (días ⁻¹) dependiente de la temperatura para machos de *Orgilus lepidus*

Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

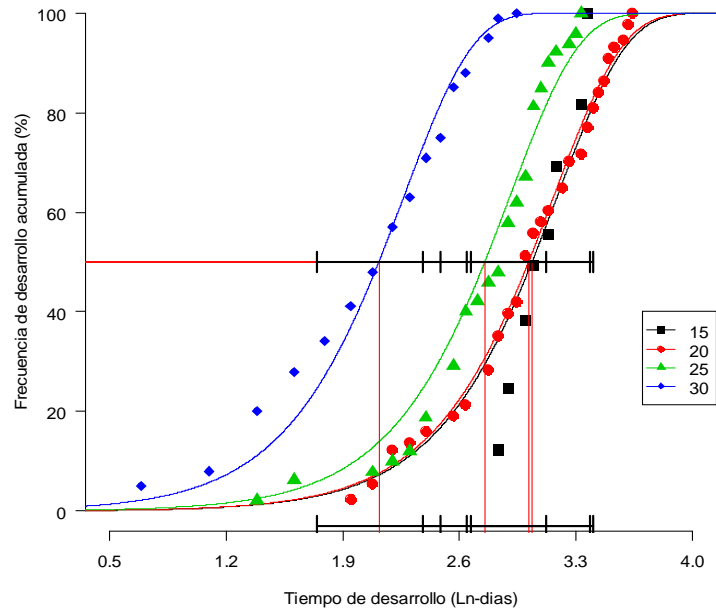


Figura 20: Distribución de frecuencia de senescencia acumulada para hembras de *Orgilus lepidus*.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y cloglog.

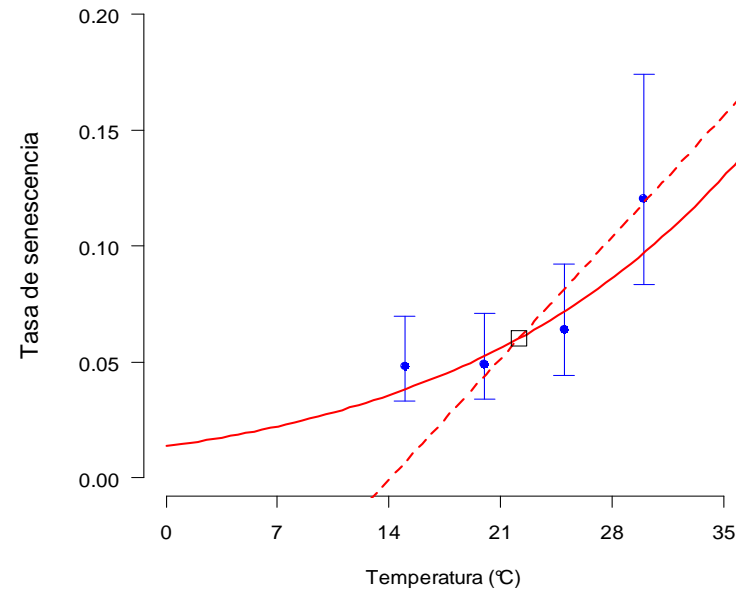


Figura 19: Tasa de senescencia (días⁻¹) dependiente de la temperatura para hembras de *Orgilus lepidus*.

Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

4.1.2.5 Capacidad de reproducción de *Orgilus lepidus* a diferentes temperaturas.

La distribución acumulada y la tasa de desarrollo fueron descritas mediante las funciones de Shaper y DeMichele y cloglog (Figura 21 y Figura 22). No existió diferencia en el tiempo de desarrollo entre las temperaturas de 20 y 25. Esto se refleja en que las líneas paralelas pertenecientes a 20 y 25 no se encuentran muy separadas, mientras que la distancia entre éstas y las de 15 y 30°C se incrementan. También se muestra en el gráfico que independientemente de la temperatura, el desarrollo de los individuos de la misma cohorte se completa en diferentes días.

Se estimó que el 50% de la población por cada temperatura (15, 20, 25 y 30°C) se desarrolló a los 18.7, 8.9, 6.0 y 1.9 días, respectivamente. Mediante el modelo no lineal de Shaper y DeMichele se pudo estimar el umbral de temperatura teórica (18.5°C) y la temperatura media de desarrollo (21.6°C).

La mayor capacidad de reproducción se obtuvo en la temperatura de 25°C con un promedio de 70.53 parasitoides, no encontrándose diferencias significativas entre las temperaturas de 25 y 30 como tampoco entre las temperaturas de 15 y 20, pero sí entre estos grupos y la temperatura de 11°C, en la cual no se recuperó ningún parasitoide. La menor cantidad de parasitoides recuperados se registraron a la temperatura de 15°C con 18.67 parasitoides (Tabla 14 y Figura 23).

Las hembras alcanzaron su mayor capacidad de reproducción en la primera mitad de su etapa adulta, observándose una disminución en esta capacidad a medida de que envejecían (Figura 24,Tabla 15).

La cantidad de parasitoides hembras obtenidas fue mucho mayor en la temperatura de 25°C encontrándose diferencias significativa entre este y las demás temperaturas.

El porcentaje de parasitismo de las temperaturas de 20 y 25°C no presentaron diferencias significativas, pero si se encontraron diferencias entre este grupo y las demás temperaturas evaluadas, presentándose el mayor porcentaje de parasitismo a la temperatura de 30°C con 45.79% y el menor a 15°C con 15.47%.

En todas las temperaturas evaluadas, la relación de machos: hembras, se mantuvo constante (0.4:1, machos: hebra) (0.4:1).

Tabla 14: Capacidad de reproducción de *Orgilus lepidus* a diferentes temperaturas.

Temperaturas (°C)	Parasitoides			Longevidad de hembras (Días) $\bar{x} \pm EE$	Porcentaje de Parasitismo (%) $\bar{x} \pm EE$	Relación de sexos M/H $\bar{x} \pm EE$
	Hembras $\bar{x} \pm EE$	Machos $\bar{x} \pm EE$	Total $\bar{x} \pm EE$ Capacidad de reproducción			
11	0 ± 0 d	0 ± 0 c	0 ± 0 c	26.4 ± 1.63 a	0 ± 0 d	-
15	7.8 ± 1.59 c	8.17 ± 1.7 b	18.67 ± 3.80 b	21.8 ± 1.90 a	15.47 ± 2.50 c	0.4:1
20	10.73 ± 1.86 c	11.5 ± 1.9 b	26.83 ± 4.17 b	11 ± 0.69 b	34.06 ± 3.39 b	0.4:1
25	32.7 ± 4.13 a	28.83 ± 3.4 a	70.53 ± 7.14 a	4.6 ± 0.77 c	32.55 ± 1.99 b	0.4:1
30	18.53 ± 2.54 b	22.1 ± 2.6 a	56.07 ± 5.61 a	2.53 ± 0.18 d	45.79 ± 2.48 a	0.4:1
C.V.	95.35	87.34	50.55	50.14	56.54	-
pKruskaWallis^	0	0	0	0	0	-

\bar{x} : Promedio de la longevidad de los adultos de *Orgilus lepidus* en días, EE: Error estándar.

C.V.: Coeficiente de variación.

(-): Datos no calculados.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

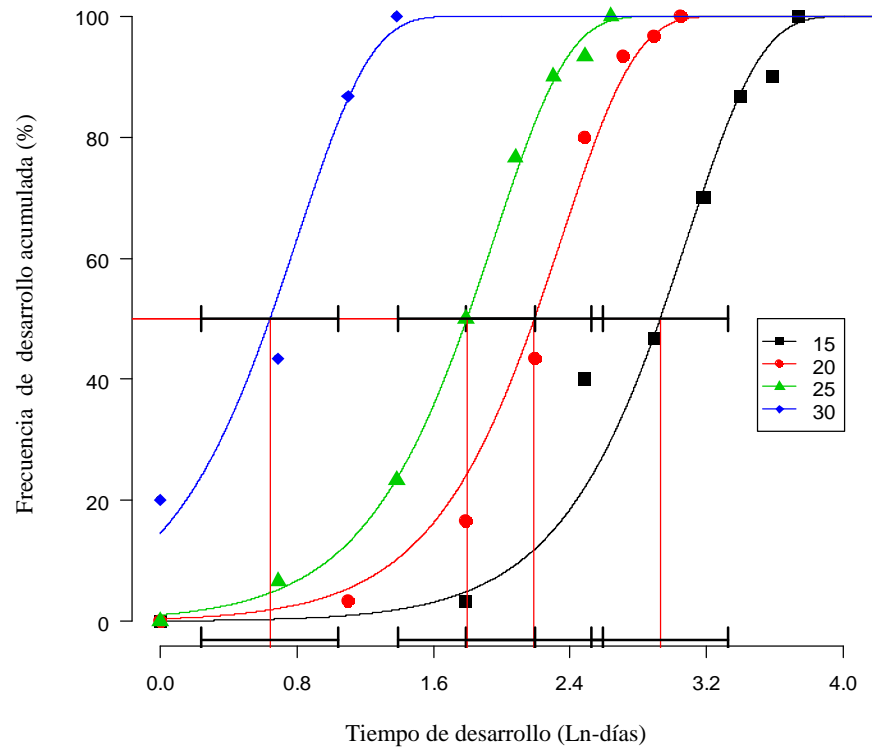


Figura 21: Distribución de frecuencia de senescencia acumulada para hembras de *Orgilus lepidus* con reproducción.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y cloglog

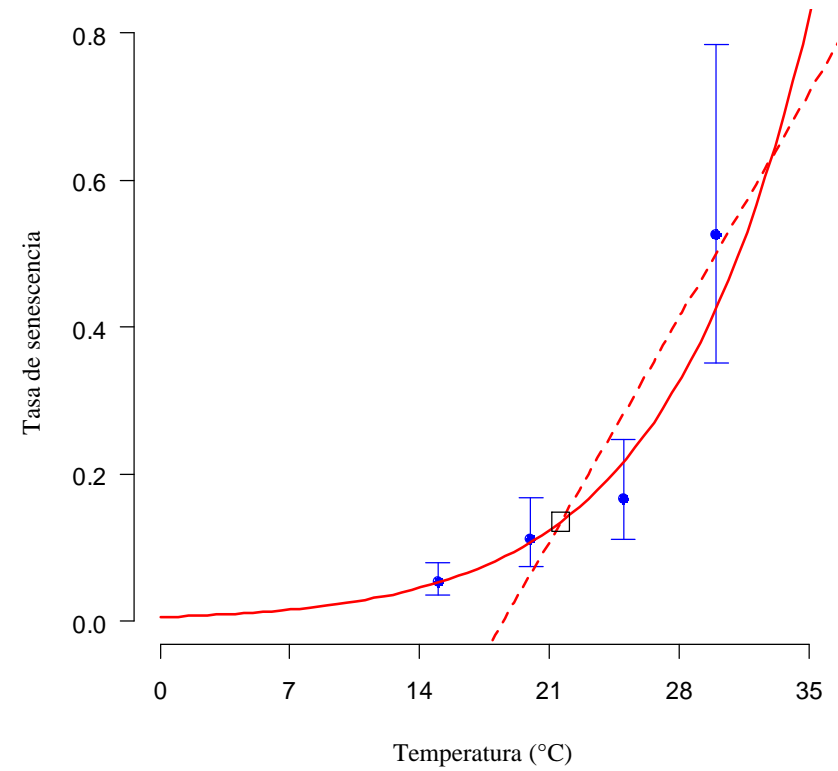


Figura 22: Tasa de senescencia (días⁻¹) dependiente de la temperatura para hembras de *Orgilus lepidus* con reproducción.

Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

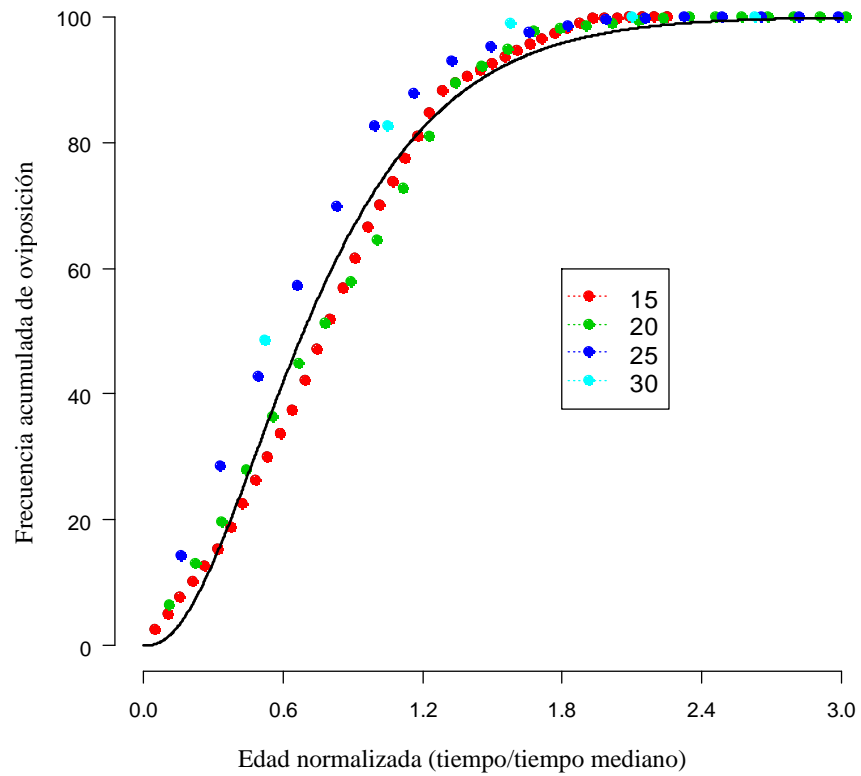


Figura 24: Frecuencia acumulada de oviposición por edad de la hembra de *Orgilus lepidus*.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele

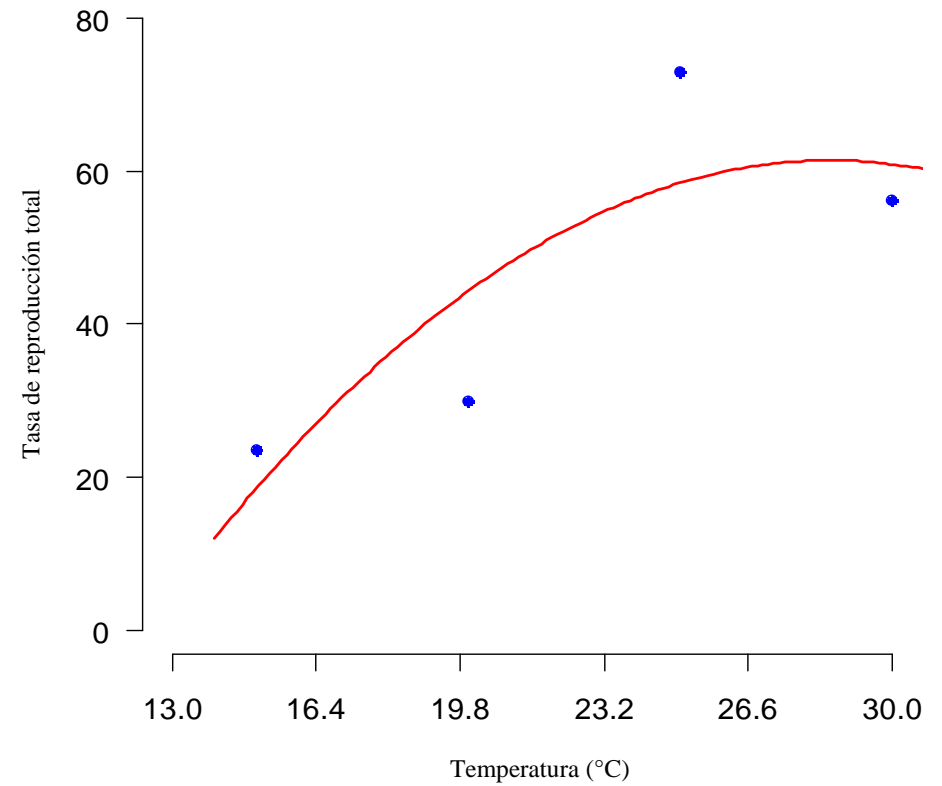


Figura 23: Tasa de reproducción por temperatura de *Orgilus lepidus*.

Puntos azules= datos observados; Línea roja = línea predictiva.

Tabla 15: Ritmo de reproducción de *Orgilus lepidus* por cambio.

Tª/días de cambio*	Cambio 1	Cambio 2	Cambio 3	Cambio 4	Cambio 5	Cambio 6	Cambio 7	Total	Máximo
30/1	27.2	19.2	9.1	0.6	-	-	-	56.1	118
25/2	20.1	20.2	17.9	7.2	3.3	1.5	0.3	70.5	139
20/3	5.3	6.7	5.3	6.7	2.2	0.4	0.3	26.8	89
15/6	2.9	4.1	5.4	4.1	1.2	0.9	0.1	18.7	65
11/11	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	0.0	0

(-): muerte del parasitoide.

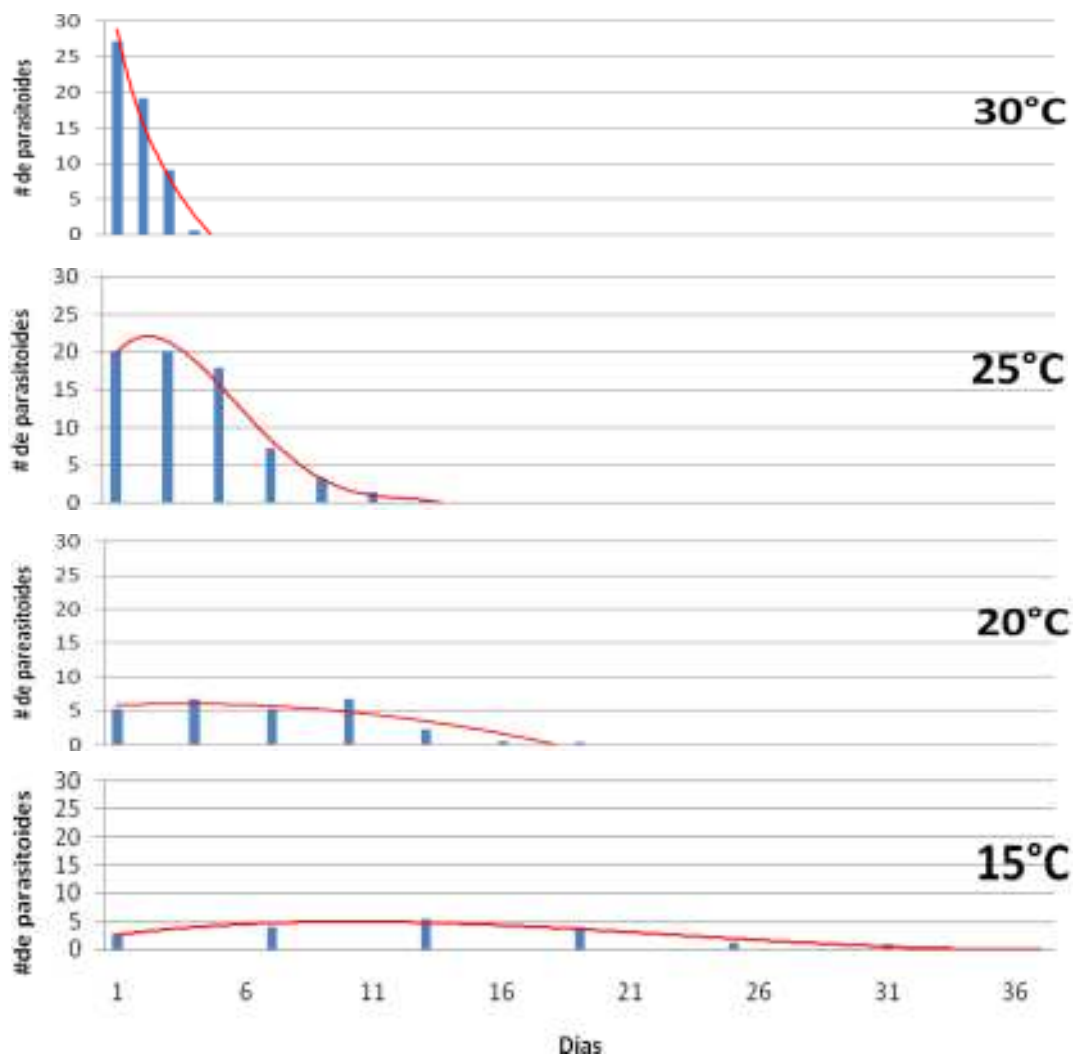


Figura 25: Ritmo de reproducción de *Orgilus lepidus* a diferentes temperaturas.

Se nota que la mayor cantidad de parasitoide recuperados se obtiene durante la primera mitad de vida de la hembra para todas las temperaturas estudiadas

4.1.2.6 Desarrollo del modelo fenológico de *Orgilus lepidus*.

Se pudo elaborar el modelo fenológico a partir de los submodelos desarrollados en cada etapa del ciclo biológico de *O. lepidus*. Este es un modelo de predicción, que permite calcular los parámetros de la tabla de vida con los que se puede determinar el crecimiento de la población a diferentes temperaturas (Tabla 16).

Se puede observar que tanto la tasa de reproducción neta (R_0), intrínseca (r_m), la tasa de crecimiento finita (λ) aumentan conforme la temperatura también aumenta (Figura 26, Figura 27 y Figura 28), salvo para la temperatura de 20°C que sufre una pequeña caída en su r_m . Además el tiempo de generación (T) y el tiempo doble (Dt) (tiempo necesario para duplicar la población) disminuyen con el aumento de temperatura (Figura 29 y Figura 30). A 25 y 30°C el tiempo de generación (T) y el tiempo doble (Dt) resultaron ser los más cortos de todas las temperaturas evaluadas, la tasa de reproducción neta (R_0) aumentó siendo el más adecuado para el desarrollo óptimo de las siguientes generaciones de parasitoides ya que se obtuvieron más hembras. Encontrándose el rango de temperatura óptimo para *O. lepidus* entre las temperaturas de 25 y 30°C.

Tabla 16: Parámetros de la tabla de vida de *Orgilus lepidus*, obtenidas por el modelo fenológico

Temperaturas	R_0	r_m	λ	T	Dt
11°C	-	-	-	-	-
15°C	242.71	0.1584	1.16	37.0	4.67
20°C	1502.48	0.1524	1.16	48.0	4.55
25°C	4654.98	0.2484	1.28	34.0	2.79
30°C	5382.72	0.4522	1.57	19.0	1.57

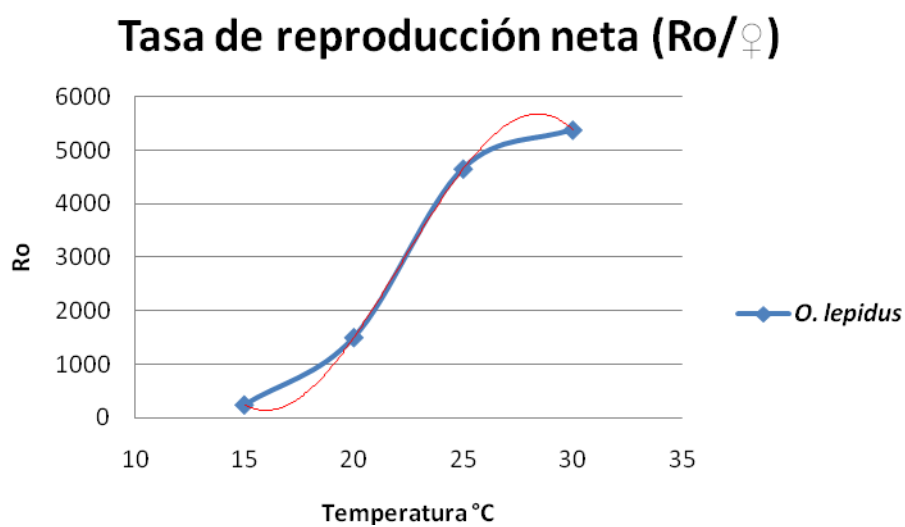


Figura 26: Tasa de reproducción neta de *Orgilus lepidus*

Tasa intrínseca de crecimiento (r_m)

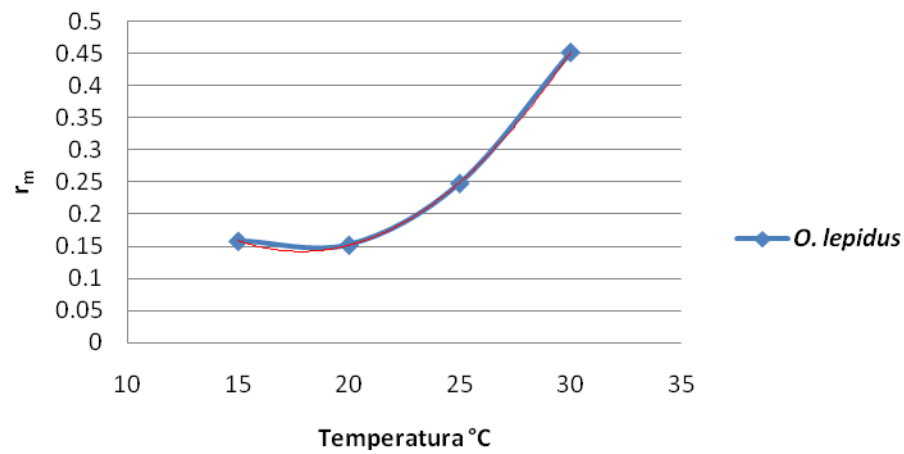


Figura 27: Tasa intrínseca de crecimiento de *Orgilus lepidus*

Tasa de crecimiento finita (λ)

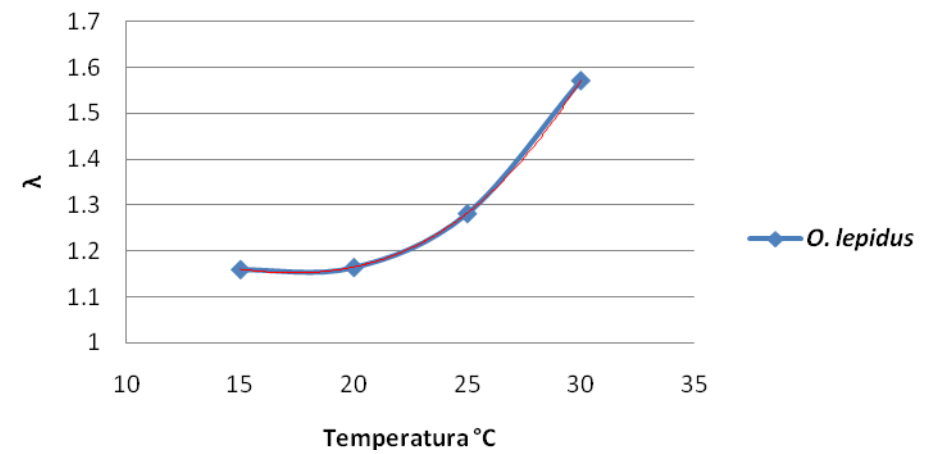


Figura 28: Tasa finita de crecimiento de *Orgilus lepidus*.

Tiempo de generación (T)

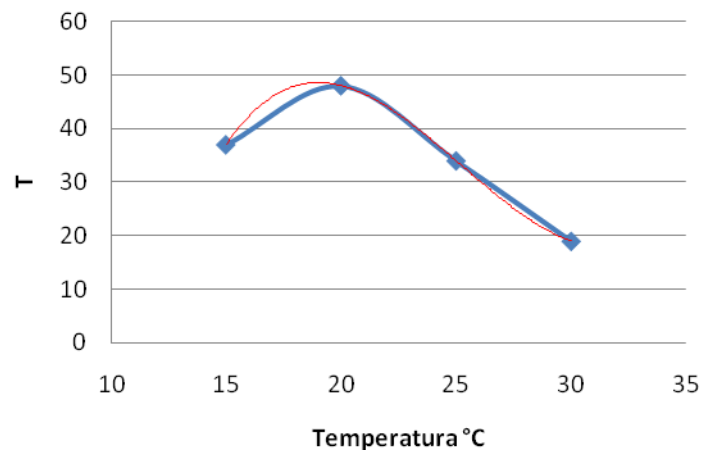


Figura 29: Tiempo de generación de crecimiento de *Orgilus lepidus*.

Tiempo doble (Dt)

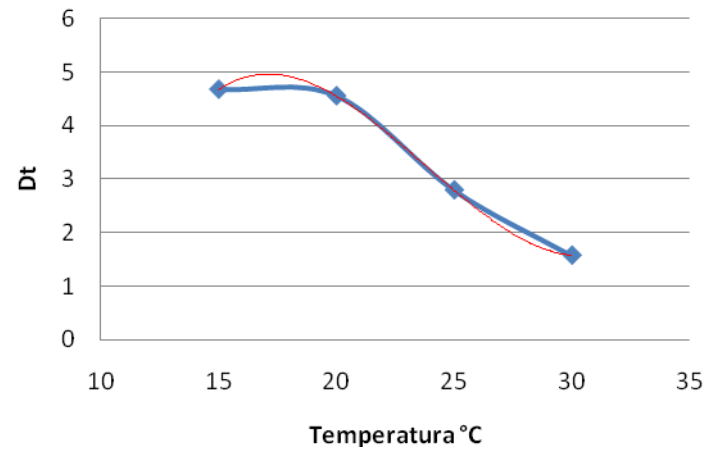


Figura 30: Tiempo de doble crecimiento de *Orgilus lepidus*

4.1.3 Tablas de vida de *Phthorimaea operculella*.

4.1.3.1 Tiempo de desarrollo larval de *Phthorimaea operculella*.

La duración del desarrollo larval de *Phthorimaea operculella* también fue afectada por la temperatura, pero a diferencia de *O. lepidus* éste si logra completar su desarrollo larval a la temperatura de 11°C.

El tiempo requerido para el desarrollo del estado larval también decrece con el aumento de la temperatura; de 73.43 días (11°C) a 9.91 días (30°C), siendo significativamente diferente en todas las temperaturas evaluadas. Éste estado resultó ser el más prolongado de los estados inmaduros indistintamente de la temperatura estudiada.

La distribución acumulada y la tasa de desarrollo larval fueron descritas mediante las funciones de Shaper y DeMichele y logit (Figura 31 y Figura 32). Se observó que existe diferencia en el tiempo de desarrollo entre todas las temperaturas evaluadas. También se muestra en el gráfico que independientemente de la temperatura, el desarrollo de los individuos de la misma cohorte se completa en diferentes días

Con relación a la mortalidad, el mayor porcentaje se obtuvo a 11°C (88.77%) significativamente diferente con las otras temperatura y el menor porcentaje de mortalidad fue a 20°C con 34.43 % (Tabla 17 y Figura 33).

Tabla 17: Tiempo de desarrollo larval y mortalidad de *Phthorimaea operculella*.

Temperatura en °C	n	Larva $\bar{x} \pm EE$	Mortalidad $\bar{x} \pm EE$
11°	61	73.43 ± 1.56 a	88.77 ± 1.79 a
15°	186	42.55 ± 0.34 b	56.67 ± 15.76 ab
20°	301	23.30 ± 0.19 c	34.43 ± 8.63 b
25°	182	12.19 ± 0.15 d	38.43 ± 5.37 b
30°	95	9.91 ± 0.11 e	56.73 ± 13.08 ab
C.V.		16.53	32.29
pKruskalWallis		0	-
LSD		-	32.31

n: Total de larvas de *Phthorimaea operculella* que no fueron parasitadas durante el desarrollo de las tablas de vida *O. lepidus*.

\bar{x} : Promedio del tiempo de desarrollo en días, EE: Error estándar.

C.V.: Coeficiente de variación.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

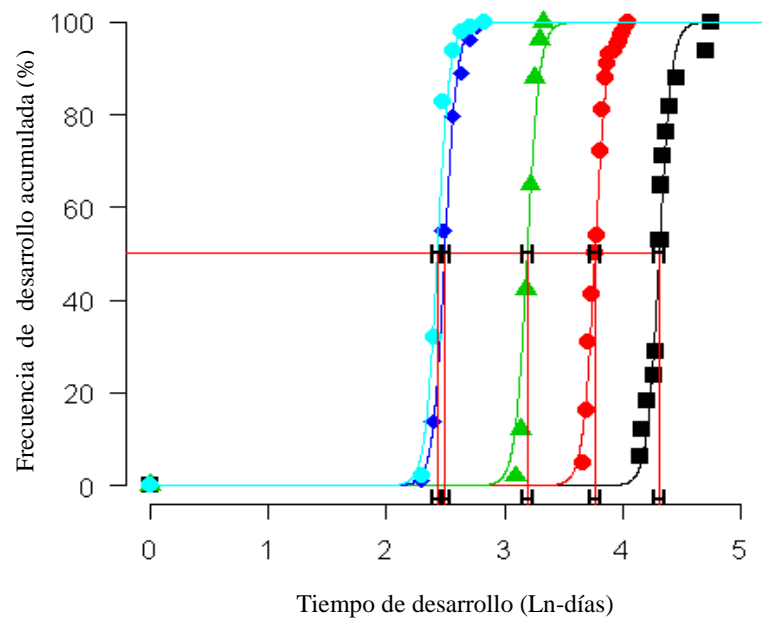


Figura 31: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de larva de *Phthorimaea operculella*.

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y logístico.

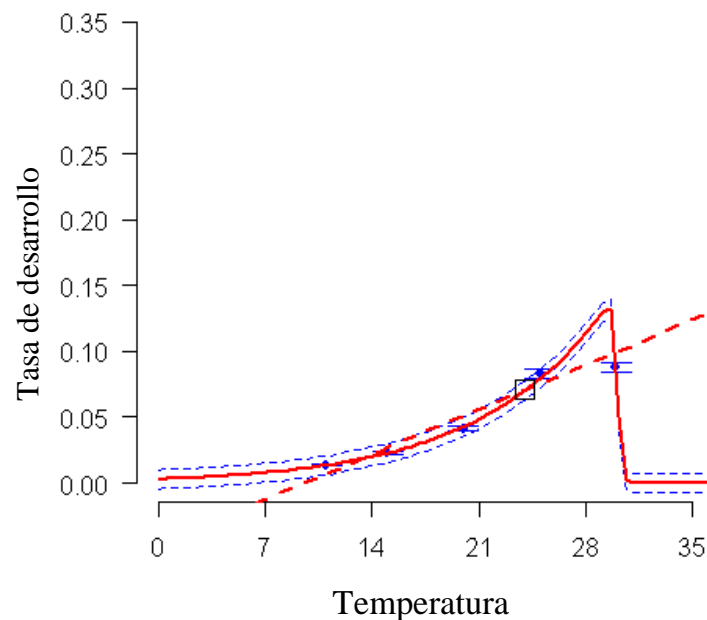


Figura 32: Tasa de desarrollo (dias-1) dependiente de la temperatura para el estado de huevo de *Phthorimaea operculella*

Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

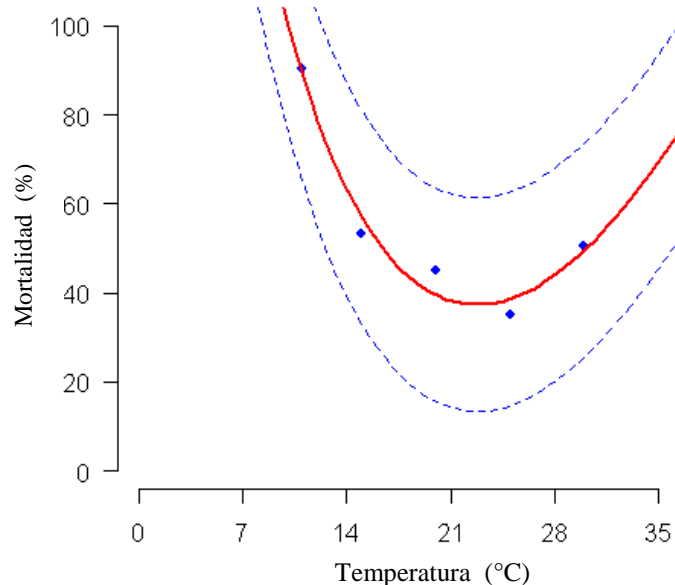


Figura 33: Mortalidad en el estado de larva de *Phthorimaea operculella* a diferentes temperaturas

Línea roja = línea predictiva

4.1.3.2 Tiempo de desarrollo de las pupas de *Phthorimaea operculella*.

La duración del estado de pupa decreció con el aumento de la temperatura; de 53.24 días (11°C) a 5 días (30 °C). Este estado resultó ser el segundo más prolongado de los estados inmaduros indistintamente de las temperaturas estudiadas, encontrándose diferencias significativas entre todas las temperaturas evaluadas (Tabla 18).

La distribución acumulada y la tasa de desarrollo, fueron descritas mediante las funciones de Shaper y DeMichele y logit (Figura y Figura 34)

Con relación a la mortalidad, se encuentra que el mayor porcentaje fue a 11°C (44.60%) no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 18 y Figura 35).

Tabla 18 Tiempo de desarrollo de las pupas y mortalidad de *Phthorimaea operculella*.

Temperatura en °C	n	Pupa $\bar{x} \pm EE$	Mortalidad $\bar{x} \pm EE$
11°	33	53.24 ± 1.97 a	44.60 ± 9.45 a
15°	148	27.74 ± 0.31 b	26.27 ± 7.62 ab
20°	251	12.84 ± 0.13 c	16.67 ± 1.87 b
25°	152	7.37 ± 0.09 d	16.40 ± 2.17 b
30°	65	5.00 ± 0.11 e	29.07 ± 11.31 ab
C.V.		20.78	49.03
pKruskalWallis		0	-
LSD		-	23.73

n: Total de pupas de *Phthorimaea operculella* de las tablas de vida.

\bar{x} : Promedio del tiempo de desarrollo en días, EE: Error estándar.

C.V.: coeficiente de variación.

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

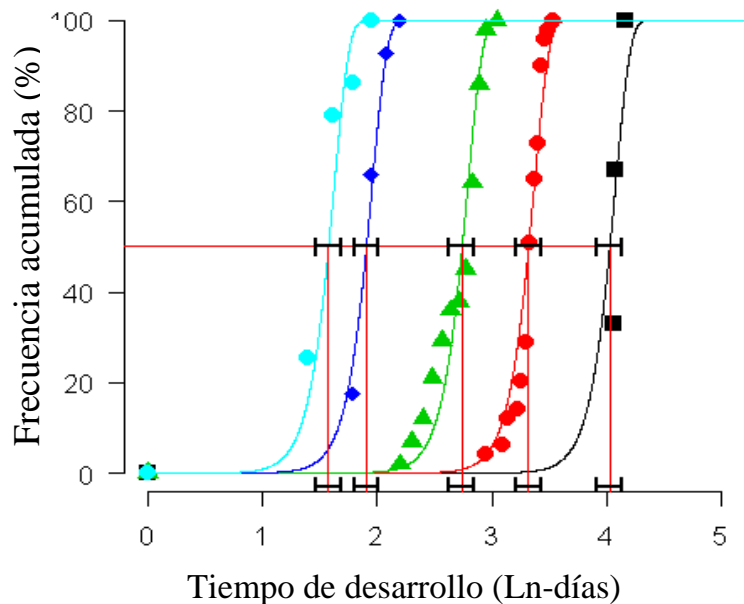


Figura 4: Distribución de frecuencia acumulada para el estado de pupa de *Phthorimaea operculella*

Símbolos = datos observados; líneas = frecuencia esperada usando los dos modelos Sharpe & DeMichele y logístico.

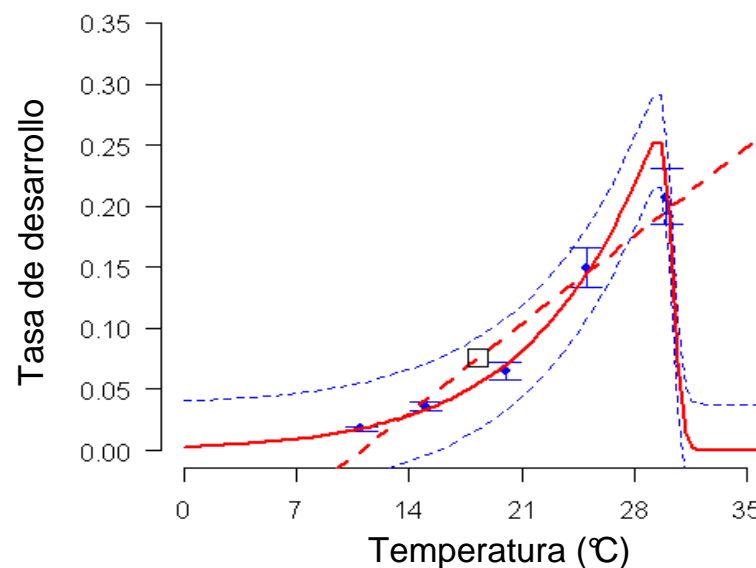


Figura 34: Tasa de desarrollo (dias-1) dependiente de la temperatura para el estado de pupa de *Phthorimaea operculella*

Barras azules = límites de confianza, línea roja = línea predictiva por el modelo de Sharpe & DeMichele.

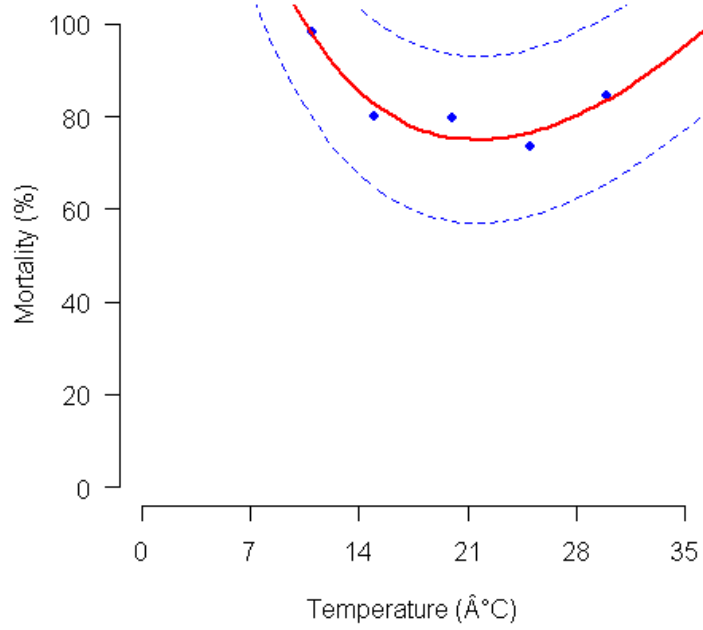


Figura 35: Mortalidad en el estado de pupa de *Phthorimaea operculella* a diferentes temperaturas.

Puntos azules= datos observados; Línea roja = línea predictiva.

4.1.3.3 Longevidad de los adultos de *Phthorimaea operculella*.

El periodo de sobrevivencia se incrementó con el aumento de la temperatura.

La longevidad de las hembras de *P. operculella* fue superior a la de los machos en todos los tratamientos (Tabla 19), siendo las longevidades mayores de 29.18: 22.09 a 11°C y las menores de 10: 8 a 30°C (♀:♂ respectivamente).

Para el caso de las hembras solo se encontró diferencias significativas para la temperatura de 30°C con el resto de temperaturas; en tanto a los machos no presentaron diferencias significativas entre las temperaturas de 11 y 15 como tampoco para 20 y 25 pero si entre estos grupos y la temperatura de 11°C.

Los datos obtenidos fueron comparados con los reportados por López 2006 y Sporleder, 2004 para *Phthorimaea operculella* (Tabla 20).

Tabla 19: Longevidad de adultos de *Phthorimaea operculella*.

Temperatura en °C	n	Machos $\bar{x} \pm EE$	n	Hembra $\bar{x} \pm EE$
11°	11	22.09 ± 3.95 a	11	29.18 ± 5.57 a
15°	71	18.51 ± 0.59 a	77	21.49 ± 0.74 ab
20°	115	14.97 ± 0.77 b	136	20.88 ± 0.74 ab
25°	80	15.75 ± 0.72 b	71	18.66 ± 0.75 b
30°	29	8.00 ± 0.73 c	34	9.65 ± 0.88 c
C.V.		45.16		39.21908
pKruskalWallis		1.44e-15		1.42e-13

n: Total de adultos de *Phthorimaea operculella* de las tablas de vida.

\bar{x} : Promedio la longevidad en días, EE: Error estándar.

C.V.: Coeficiente de variación C.V.: coeficiente de variación

Promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05)

Tabla 20: Comparación con estudios previos del tiempo de desarrollo de *Phthorimaea operculella*.

Temperatura	Huevo			Larva				Pupa			
	a	b	c	a	b	c	Mortalidad (a)	a	b	c	Mortalidad (a)
11 °C	NE	ND	*	73.43	ND	*	88.77	53.24	ND	*	44.6
15 °C	NE	15.6	15.3	42.55	23	52.3	56.67	27.74	26.6	26.5	26.27
20 °C	NE	6	7.6	23.3	17	25.9	34.43	12.84	13.7	14.2	16.67
25 °C	NE	4.1	4.7	12.19	13.7	14.8	38.43	7.37	8.3	9.23	16.4
28 °C	NE	3	3.8	NE	11	11.3	NE	NE	6.6	*	NE
30 °C	NE	2.6	3.3	9.91	10	9.6	56.73	5	5.9	7.82	29.07

a: Datos obtenidos en este estudio.

b: Datos obtenidos por López 2006.

c: Datos obtenidos por Sporleder, 2004.

NE: No se realizó en este trabajo.

ND: No se determinó en el trabajo de referencia.

(*): No se realizó evaluación a dicha temperatura.

CAPITULO V

5.1 DISCUSIÓN

5.1.1 Determinación del tipo de sustrato

El tipo de alimento fue un factor determinante en el comportamiento de *O. lepidus*, siendo rodajas de papa blanca la que presentó mejores resultados.

Salehi, 2002, evaluó tres tipos de plantas que son atacadas por la polilla de la papa y la influencia de estas en la búsqueda del hospedero por parte de los parasitoides *A. subandinus* y *O. lepidus*; observando que la búsqueda del parasitoide fue influenciada por una combinación de químicos provenientes tanto del hospedero (PTM), como de la planta.

5.1.2 Efecto de la alimentación, cópula y oviposición en la longevidad *O. lepidus*.

En el presente estudio se observó que el alimento fue fundamental para el buen desarrollo del parasitoide, una mayor oviposición y longevidad, como sucede en la mayoría de parasitoides como observó Trelles (1999) con *Dolichogenidea gelechiidivoris*.

La cópula no presentó un efecto significativo en la longevidad, dato que también fue observado por Oatman, 1969 para la misma especie.

En el caso de *O. lepidus*, la hembra presentó mayor longevidad que los machos, opuesto a lo que se encontró en *D. gelechiidivoris* donde es el macho que tiene mayor tiempo de vida.

5.1.3 Determinación de la progenie producida por hembras vírgenes.

La mayoría de parasitoides del orden Hymenoptera presentan partenogénesis de tipo arrenotokia (De Bach, 1985), siendo el total de la progenie producida por hembras no fertilizadas de individuos machos, *O. lepidus* presentó este tipo de partenogénesis, donde los huevos fertilizados son diploides y dan origen a hembras; mientras que los huevos sin fertilizar son haploides y dan origen a machos, de esta manera se puede dar una regulación en el sexo de la descendencia. Estos resultados son similares a los obtenidos por Oatman (1969) en la biología de la misma especie y Trelles (1999) y Redolfi (1938) para *Dolichogenidea gelechiidivoris*.

5.1.4 Efecto de la densidad del hospedero en la biología de *Orgilus lepidus*.

La densidad del hospedero es un factor que regula el total de descendencia de una hembra. Para *O. lepidus* se determinó como densidad óptima 75 larvas ya que con una densidad mayor de 100 larvas la proporción de hembras fue menor. El porcentaje de parasitación disminuye con el aumento de hospederos de 54.5% con 10 larvas a 38.4 con 100 larvas, esto también fue observado por Trelles (1999) con *D. gelechiidivoris* y Cardona y Oatman (1971) en estudios realizados sobre la biología de *Apanteles dignus* y por Horner y Horner

(1991) sobre *Copidosoma koehleri*, que explican que esta disminución en los porcentajes de parasitismo puede deberse a la competencia por alimento entre las larvas parasitadas y las no parasitadas ó a la eficiencia de búsqueda y oviposición de los adultos.

Un dato no cuantificado, en el presente trabajo, pero si observado en la crianza de los parasitoides, fue que la edad óptima del hospedero se encuentra entre los 3-4 días de desarrollo, dato que si fue observado por Oatman (1969) para la misma especie.

A mayor número de larvas hospederas para la parasitación, menor fue la longevidad de las hembras, lo que se debe a un mayor gasto de energía utilizado para ovipositar una mayor cantidad de huevos. Lo mismo sucede con *C. koehleri* (Sánchez, 1995) y *D. gelichiidivoris* (Trelles, 1999).

5.1.5 Morfología de los estados inmaduros de *Orgilus lepidus*.

O. lepidus es un parasitoide solitario y como todos los Hymenoptera, presenta 4 estados de desarrollo: huevo, tres estadíos larvales, pupa y adulto (Clausen 1962). Los huevos son monoembriónicos, de forma ovalada y alargada de color blanco cremoso, de tipo himenopteriforme. La zona caudal es a manera de pedicelo que funciona como un gancho para adherirse a los órganos internos del hospedero y no sea arrastrado por los fluidos circulatorios (Fernández y Terán, 1990). El tamaño del huevo del parasitoide se incrementó considerablemente desde la oviposición hasta la eclosión.

Las dimensiones fueron de 0.304mm a 0.419mm de largo y de 0.067mm a 0.140mm de ancho; dimensiones que resultaron ser ligeramente mayores a los reportados por Oatman (1969) para la misma especie. Este crecimiento ocurre por absorción de la hemolinfa del hospedero para su nutrición (Xu, 2007).

Oatman (1969) mencionó que generalmente se deposita un huevo en cada larva hospedera, sin embargo, se ha encontrado hasta 30 posturas por hospedero. Por lo general, el huevo fue encontrado en la parte anterior del abdomen de la larva hospedera y en el tórax de ésta. Al inicio el huevo flota en la hemolinfa, pero luego se adhiere a estructuras internas como tubos de Malpighi, tejido graso, glándulas y a la pared interna del intestino. El periodo de incubación fue de 1-2 días aproximadamente tal como lo reporta Oatman, 1969, para la misma especie a 27°C.

Se pudo observar que *O. lepidus* presento tres estadíos larvales, lo que concuerda con las descripciones de Oatman, (1969) De Bach (1985) asegura que el número más común de estadíos larvales entre los parásitos Hymenoptera es cinco, pero este número se ve reducido en el caso de los endoparasitoides como es el caso de *O. lepidus* (Clausen, 1962).

En el caso de endoparasitoides solitarios, solo una larva se desarrolla hasta el estado adulto (Muratori, 2004). Esto es debido a la competencia con otras larvas de la misma especie. Esto explicaría el

porque en la presente investigación sólo se encontraron larvas hospederas superparasitadas en los primeros cuatro o cinco días de desarrollo. Esta observación se encuentra sustentada, en las características morfológicas del primer estadio larval, como fueron la presencia de prominentes mandíbulas móviles fuertemente esclerotizadas y la capacidad de movimiento, debido a la presencia de la cola. Couchman y King (1977) sugieren que estas características morfológicas son para la competencia intraespecífica y no tienen función alimenticia.

Muratori, (2004) afirma que la hipermetamorfosis es la regla general de larvas endoparasíticas, a fin de aprovechar al máximo la explotación del hospedero y por lo tanto, es usual que existan modificaciones entre los estadios. Valencia (2008), menciona que generalmente las larvas pierden las características particulares del primer estadio, convirtiéndose morfológicamente más simples pero con mayores estructuras internas.

El primer estadio larval es el más característico en el ciclo de vida de una especie (De Bach, 1985; Arellano, 1987). Las características morfológicas del primer y último estadio larval, especialmente aquellas de la cápsula cefálica, juegan un papel muy importante en la identificación y clasificación de parasitoides Hymenoptera (Xu, 2007).

La pupa, fue de tipo exarate, inicialmente es de color rojo amarillento, pero conforme se desarrolló adquirió una tonalidad oscura, lo que también fue reportado por Oatman (1969). La etapa de pupa, se caracterizó por la ausencia de crecimiento, pero una rápida diferenciación de tejidos, después de 9 días emerge el adulto (Xu, 2007; Oatman, 1969; Llanderal, 2000)

5.1.6 Capacidad de discriminación de hospederos previamente parasitados.

La discriminación de *O. lepidus* fue más evidente cuando las larvas hospederas han sido parasitadas con cuatro días de anticipación en comparación con los recién parasitados. Parada (1990) observó que *Orgilus sp.* tiene la capacidad de discriminar a los hospederos parasitados, sin embargo Oatman (1969) no hace referencia sobre este punto, en sus observaciones y menciona que generalmente solo se encuentra un huevo por hospedero, rara vez dos, pero en el presente estudio se detectó en promedio 9 huevos por larva siendo el rango de posturas por hospedero de 1- 30.

5.1.7 Efecto de la temperatura en la biología de *Orgilus lepidus*.

El efecto que tiene la temperatura en el desarrollo y la actividad de los parasitoides y sus respectivos hospederos ha sido ampliamente estudiado. La temperatura es un factor abiótico crítico, pues ejerce una gran influencia en toda la dinámica de los insectos, pudiendo alterar procesos vitales importantes (Haghani, 2007). En la presente investigación se observó que tuvo un efecto inverso sobre la longevidad

de los adultos, siendo mayor a menores temperaturas, coincidiendo con lo observado por Cardona y Oatman (1975) para el caso de *Apanteles subandinus*, La longevidad es por lo general inversamente proporcional a la intensidad de vida o razón metabólica del insecto. Esto implica que a mayores temperaturas la actividad y metabolismo aparentemente ocurre en un mayor grado, de allí que la senescencia de los adultos se alcanza en un menor tiempo.

5.1.8 Efecto de la temperatura en el desarrollo del parasitoide.

O. lepidus no completó su desarrollo a temperaturas constantes de 11°C, al igual que *Copidosoma koehlerii* que no desarrolló a 10°C (Hore y Horne, 1991; y López, 2006). El estado de huevo sobrevivió a esta temperatura y logró desarrollarse hasta la eclosión, sin embargo, las larvas emergidas murieron con el tiempo y ninguna pudo llegar al estado de pupa. Esto se debe a que el desarrollo de los insectos ocurre dentro de un rango específico de temperatura (Wagner, 1984) y a temperaturas muy bajas o muy altas el desarrollo es nulo o insignificante (Haghani, 2007).

El umbral mínimo de temperatura ha sido estimado mediante ecuaciones lineales en numerosos estudios debido a que constituye el método más simple y fácil de aplicar (Haghani, 2007). Este umbral permite conocer la mínima temperatura a la cual puede desarrollarse un parasitoide. Se determinó que el umbral mínimo teórico del parasitoide se encuentra muy cerca a los 5°C para larva 13.46°C para pupa. Esto implica que *O. lepidus* no puede desarrollarse a temperaturas inferiores a 13°C, pero si pueda vivir a estas temperaturas. El hospedero *P.*

operculella presenta un umbral mínimo teórico de 11°C a temperatura constante haciéndolo más resistente a temperaturas inferiores en comparación a *O. lepidus*. Nuestras observaciones permitieron establecer que los estados inmaduros y los adultos pueden sobrevivir inactivos por largos períodos a temperaturas muy cercanas a su umbral inferior y tienen la capacidad de reanudar su actividad al alcanzar mayores temperaturas. Hance (2007) menciona que si los insectos expuestos a temperaturas inferiores a su umbral mínimo no sufren daño alguno, éstos pueden reanudar su actividad cuando vuelven a ser expuestos a temperaturas superiores.

5.1.9 Efecto de la temperatura en los estados inmaduros.

El tiempo de desarrollo de *O. lepidus* disminuyó a medida que la temperatura aumentó. Similares resultados fueron registrados para especies del género *Trichogramma* (Berti y Marcano (1997), Zúñiga y Gerding (2002) y Melo (2007), para *Copidosoma koehleri* (Lopez, 2006) y *P. operculella* (Sporleder, 2004).

Se pueden emplear varios modelos para describir la influencia de la temperatura sobre la tasa de desarrollo. El modelo de Sharpe & DeMichele es muy utilizado por tener un mayor significado biológico, es un modelo termodinámico que toma en cuenta que los organismos poiquiloterms presentan un desarrollo condicionado por reacciones enzimáticas, las cuales son sumamente sensibles a las variaciones de temperatura (Sporleder, 2004). Los umbrales mínimos que este modelo permitió establecer para cada uno de los estados inmaduros de *O. lepidus* (5.32°C para larva y 13,46°C para pupa) son semejantes a los

descritos por Sporleder (2004) sobre el hospedero *P. operculella* (Huevo = 11,02; Larva = 13,48 y Pupa = 11,81 °C). Al tener un umbral mínimo de desarrollo semejante al de su hospedero y un tiempo total de desarrollo menor (Sporleder, 2004; López, 2006), se podría afirmar que *O. lepidus* se desarrollaría de manera paralela e incluso más veloz que *P. operculella*. Debido a que posee estas dos características, las poblaciones del parasitoide pueden superponerse entre sí, lo cual puede beneficiar al control de su hospedero (Kafle, 2005).

5.1.10 Temperatura como factor de mortalidad.

O. lepidus, presentó elevada mortalidad en casi todas las temperaturas estudiadas. Para el caso de huevo, la mortalidad no pudo ser evaluada, debido a la dificultad de encontrar el huevo en el interior del hospedero en descomposición. Dado que a 11°C, los parasitoides no culminaron su desarrollo larval, a esta temperatura se le consideró 100% de mortalidad. Para el caso de larva, la mortalidad disminuyó con el aumento de temperatura, sin embargo para el caso de pupa, las diferencias se dan entre las temperaturas intermedias y extremas. Esto nos indicaría que sólo las altas temperaturas ejercen un efecto sobre el estado de pupa y por lo tanto, en la emergencia del parasitoide.

La temperatura es el factor abiótico más importante en la mortalidad de los estados inmaduros (Hoy, 1998).

5.1.11 Efecto de la temperatura en la longevidad de adultos.

La longevidad de adultos de ambos sexos de *O. lepidus* disminuyó con el aumento de la temperatura esto también fue observado

por Cardona y Oatman (1975) en *A. subandinus* y *A. scutellaris*, que mencionan que la longevidad es inversamente proporcional a la intensidad de vida o velocidad metabólica de un insecto.

5.1.12 Efecto de la temperatura en la capacidad de reproducción y proporción sexual

En el caso de *O. lepidus*, al ser éste un endoparásitoide, fue difícil determinación de la fecundidad ya que los huevos son depositados dentro del hospedero. Por esto, la fertilidad es un criterio más confiable de evaluación, ya que representa el número total de prole, luego del descarte de los individuos que no pudieron completar su desarrollo (Jervis y Copland, 1996).

O. lepidus a la temperatura de desarrollo de 25-30°C alcanzó el mayor número de prole. Numéricamente, la prole fue menor por debajo de estas temperaturas, alcanzando su mínimo valor a 15°C. Esta relación entre temperatura y fertilidad del parasitoide sigue un patrón común en el que la prole alcanza mínimos y máximos valores a medida que los parasitoides se desarrollen a temperaturas extremas y medias, respectivamente (Panagiotis y Stathas, 2005).

La proporción sexual de la descendencia es uno de los factores de éxito o fracaso de la introducción de parasitoides en un determinado ecosistema (Waage y Hassell, 1982), el cual es influenciado por la temperatura. El periodo de oviposición fue mayor en el primer tercio de vida del parasitoide, dato que concuerda con lo observado por Trelles

(1999) con *D. gelechiidivoris*. Sin embargo Oatman (1969), Cardona y Oatman (1971), no observaron diferencias significativas entre la longevidad de las hembras y los días de actividad parasítica, en *O. lepidus* y *Apanteles dignus*. El fenómeno de post-oviposición, también es común en las especies de parasitoides como se ha podido observar en varios estudios (Moreno, 1982; Redolfi, 1985; Bordat, 1995) incluyendo éste, en los cuales las hembras dejan de poner huevos varios días antes de su muerte.

5.1.13 Tablas de vida

El hecho de que los valores de la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) sean mayores a cero en el rango de temperaturas entre 25 y 30°C nos indica que *O. lepidus* puede subsistir e incrementar su población a dichas temperaturas. Por otro lado, el valor de r_m tan cercano a cero registrado a 15°C no sólo nos indica que esta temperatura no es favorable para el parasitoide estudiado, sino que a temperaturas ligeramente inferiores probablemente r_m tomaría valores cercanos a cero o negativos. Cuando r_m es igual a cero la población no se incrementa en número, y cuando es negativo, la población disminuye rápidamente hasta su extinción (Cardona y Oatman, 1975). El mínimo valor de r_m obtenido a 15°C se debió al largo periodo de desarrollo de los estados inmaduros y al bajo valor que toma la tasa de reproducción neta (R_0) a esta temperatura. Por otro lado, el máximo valor de r_m (0.452) fue obtenido a 30°C, temperatura en la cual no se obtuvo el mayor número de progenie, pero que presenta un periodo de desarrollo mucho menor (16 días frente a 85 días en 15°C). Esto nos muestra que

una alta capacidad de reproducción no se traduce necesariamente en un alto potencial de crecimiento poblacional ya que el tiempo de desarrollo (tiempo de generación – T) puede compensar o desequilibrar el efecto de la capacidad reproductiva.

Con los resultados obtenidos, y utilizando la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) como índice bioclimático, se puede decir que *O. lepidus* puede establecerse y reproducirse en un rango de temperaturas de 15 a 30°C presentando una temperatura óptima entre 25 y 30°C.

Esta evaluación pudo ser llevada a cabo de manera más precisa mediante la construcción de tablas de vida y el posterior cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento natural (Cardona y Oatman, 1975).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1. El sustrato más adecuado fue el tratamiento rodajas de papa blanca. La alimentación y oviposición son determinantes en la longevidad de las hembras. La densidad óptima para el parasitismo fue de 75 larvas.
2. Los huevos de *O. lepidus* son depositado en el celoma del hospedero y se encuentran por lo general mas de uno.
3. *O. lepidus* no tiene la capacidad de completar su desarrollo a temperaturas constates menores a su umbral mínimo (13 °C).
4. El incremento de la temperatura reduce los periodos de incubación, tiempo de desarrollo larval, tiempo de desarrollo pupal y la longevidad de los adultos de *O. lepidus*.
5. La longevidad de las hembras de *O. lepidus* es mayor que la de los machos en todos los tratamiento y temperaturas.
6. La mayor cantidad de descendencia y de hembras se obtuvo en el rango de temperatura de 25 a 30°C. La relación sexual se mantuvo una constante a todas las temperaturas evaluadas.
7. *O. lepidus* tiene la capacidad de establecerse y reproducirse en un rango de temperaturas de 15 a 30°C, siendo la temperatura optima en el rango de 25 a 30°C.
8. Este es un parasitoide con potencial para ser utilizado en programas de control biológico de la polilla de la papa.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda hacer pruebas a temperaturas constantes mayores de 30°C y a menores rangos para establecer con mayor precisión los umbrales máximos y mínimos de temperatura en los cuales se pueda establecer *O. lepidus*.
- Realizar la evaluación del desarrollo de huevos a intervalos de observación de 24 a 12 horas e incluso menos, de modo que se pueda determinar con mayor precisión la duración de dicho estado.
- Estudiar el parasitismo de esta especie en otros miembros del complejo de la polilla de la papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- AGUILAR P.1980. Apuntes sobre el control biológico y control integrado de plagas agrícolas en el Perú. *Revista Peruana de Entomología*. 23(1): 83-110.
- AKAIKE H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions en AC* 19 (6): 716–723.
- ALVAREZ A., JARAMILLO J. 1987. Estudios económicos del nivel de daño de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (LEP: GELECHIIDAE). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. 48pp
- ANDOW D., RAGSDALE D., NYVALL R. 1997. Ecological interactions and biological control. Westview. Press. Colorado (USA). 334 pp.
- ANDREW R., CALDERON L., CRESPO J., HERBAS, LINO V. 1999. Biología y comportamiento de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. Cochabamba (Bolivia). Fundacion PROINPA. Ficha Tecnica, Proyecto MIP-Polilla - PROINPA (Bolivia). no. 1/99. 4pp
- AELLANO G. 1998. La "mosca sudamericana de la fruta" *Anastrepha fraterculus* Wiedeman y su control natural en Chanchamayo y Satipo. *Revista de la Asociación Peruana de Ecología* 1 (1): 51-54.
- BENTLEY J., O'NEIL R. 1997. On the ethics of biological control of insect pest. *Agriculture and human values*. 14: 283-289
- BERTI J., MARCANO R. 1997. Influencia de la temperatura sobre el desarrollo reproducción y longevidad de una raza uniparental de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Bol Entomol. Venez.* 12(1): 7-15.
- BORDAT D., COLY E., LETOURMY P. 1995. Influence of Temperature on *Opius dissitus* (Hym.: Braconidae), a parasitoid of *Liriomyza trifolü* (Dipt.: Agromizidae). *Entomophaga* 40 (1): 119-124

- BRIESE, D. 1986. Geographic variability in demographic performance of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), in Australia. Bulletin Entomological Research 76: 719-726.
- BOIVIN G., KOLLIKER-OTT, BALE J., BIGLER F. 2006. Assessing the establishment potential of inundative biological control agents. In Environmental Impact of Invertebrates for Biological Control of Arthropods: Methods and Risk Assessment, ed. F Bigler, D Babendreier, U Kuhlmann, pp. 98–113. Wallingford, UK.
- BROODRYK S. 1971. Biological investigations of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Phytophylactica. 3: 73-84.
- BROODRYK S. 1971. Biological investigations of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Phytophylactica. 3: 73-84
- BURSELL E. 1964. Environmental aspects: humidity, pp. 323-361. In M. Rockstein [ed.], The physiology of insecta, Vol 1. Academic. Nueva York.
- CALLAN E. 1974. Changing status of the parasites of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Australia. McC. Entomophaga 19:97-101
- CAÑEDO V., CISNEROS F. 1994. Evaluación de las polillas de la papa y sus parasitoides en la costa del Perú. Libro de resúmenes. Convención Nacional de Entomología XXXVI Iquitos- Perú. 24 pp.
- CARDONA C., OATMAN E. 1975. Biology and physical ecology of *Apanteles subandinus* Blanchard (hym: Braconidae), with notes of temperature responses of *Apanteles scutellaris* Muesebeck and its host, the potato tuber moth. Hilgardia. 43(1):1-51.
- CAYCHO R. 2003. Efecto de la toxina Cry1Ab5 de *Bacillus thuringiensis* Berliner de papa transgenica sobre *Copidosoma koehleri* Blanchard y *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh), enemigos naturales de *Phthorimaea operculella* (Zeller). Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. UNFV Lima-Perú. 105 pp.

- CHOW F., MACKAUER M. 1984. Inter- and intraspecific larval competition in *Aphidius smithi* and *Praon pequodorum* (Hymenoptera: Aphidiidae). *The Canadian Entomologist* 116: 1097–107
- CIP. 1984. Manejo Integrado de plagas. Informe anual del Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima-Perú: 75-84.
- CISNEROS F., GREGORY P. 1994. Potato pest management. *Aspect of Applied Biology* 39: 113-124
- CLAUSEN C. 1962. *Entomophagous insects*. Ed. McGraw-Hill. Nueva York. Cochabamba (Bolivia). Fundacion PROINPA. No. 1/99. 4pp.
- COUCHMAN J., KING P. 1977. Morphology of the larval stages of *Diaeretiella rapae* (M'intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology* 6: 127–36
- CRESPO D., LA ROSSA F., LECUONA R. 2003. Parámetros poblacionales de *Muscidifurax raptor* Girault y Sanders (Hymenoptera: Pteromalida) sobre pupas de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas*. 29: 243-248.
- DE BACH P. 1964. *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*. Compañía editorial Continental. México. 949 pp.
- DE BACH P. 1985. *Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas*. Editorial Continental. México D. F. Pag. 949.
- DEBACH P., ROSEN D. 1991 *Biological control by natural enemies*. Cambridge (UK). Cambridge University Press. 2. ed. 440 pp.
- DEVINE G., EZA D., OGUSUKU E., FURLONG M. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias Ecológicas, *Rev. Perú Medicina Experimental Salud Publica*. 25:74-100
- DHALIWAL G., HEINRICHS E. 1998. *Critical issues in insect pest management*. Commonwealth publisher. 287pp.
- DICKE F. 1972. Philosophy on the biological control of insect pest. *J. Environ. Quality*. 1(3): 249-253.

- EL PERUANO. 2007. Normas legales. Lima, sábado 10 de marzo del 2007. p 341330-341331
- EWELL P., FANO H., RAMAN K., ALCAZAR J., PALACIOS M., CARHUAMACA J. 1994. Manejo de plagas de la papa por los agricultores en el Perú. Serie de Investigación. no. 6. Centro Internacional de la Papa (CIP). 72 p.
- FERNANDEZ R., J. TERÁN. 1990. Biología de *Meteorus laphygmae* Viereck (Hymenoptera: Braconidae). Parte I: Fases de huevo, larva y pupa.
- FISHER R. 1961. A study in insect multiparasitism. II. The mechanism and control of competition for possession of the host. *Journal of Experimental Biology* 38: 605–28
- FORCE D., MESSENGER P. 1964. Fecundity, reproductive rates, and innate capacity for increase of three parasites of *Therioaphis maculata* (Buckton). *Ecology*. 45: 706-715.
- FRANZMANN B. 1980. Parasitism of *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) larvae in Queensland. *Entomophaga*. 25:369-372.
- GALLOWAY L., FRAMZMAN B. 1983. A new specie of *Perilampus latreilles* (Hymenoptera: pteromalidae) from Australia whit notes on its Biology. *Jurnal Australia entomology*. 22: 109-112
- GALVEZ H., VILLA S. 1987. Gelechiidaes (Lepidoptera) frecuentes en solanáceas de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología* 29: 37-40.
- Gelechiidae) de la papa. ICA/CIP. Bogotá: 1-9 p.
- GIACONI V., ECAFF M. 1988. Cultivo de hortalizas. 6ª ed., Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 308 p.
- GREANY P., OATMAN E. 1972 Demonstration of Host Discrimination in the Parasite *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae) *Annals of the Entomological Society of America* 65:375-376

- GREANY P., OATMAN E. 1971. Analysis of Host Discrimination in the Parasite *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society of America* 65:377-38
- GREENFIELD M., KARANDINOS M. 1976. Fecundity and longevity of *Synathedon pictipes* under constant and fluctuating temperatures. *Environ. Entomol.* 5: 883-887.
- HAGHANI M., FATHIPOUR Y., TALEBI A., BANIAMERI V. 2007. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. *Journal of Pest Science* 80: 71-77.
- HANCE T., VAN BAAREN J., VERNON P., BOIVIN G. 2007. Impact of extremes temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 107-26.
- HENDRY L., GREANY, P., GILL, R. 1973. Kairomone mediated host-finding behavior in the parasitic wasp *Orgilus lepidus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 16:471-477
- HORNE P. 1990. The influence of introduced parasitoids on the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Victoria, Australia. *Bulletin of Entomological research.* 80: 159-163.
- HORNE P., HORNE J. 1991. The effects of temperature and host density on the development and survival of *Copidosoma koehleri* *Entomologia Experimentalis et Applicata.*59: 289-292.
- HOY C. 1998. Insect Control in the Field Using Temperature Extremes. En: Hallman, G. J. y D. L. Delinger (eds). *Temperature sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management.* West View Press. Boulder. Pag. 269- 286.
- JERVIS M., COPLAND M. 1996. The life cycle, pp. 63-161. In M. A. Jervis y N.A.C. Kidd (eds.), *Insect natural enemies – practical approaches to their study and evaluation.* Chapman & Hall. Londres, Inglaterra.

- KAFLE L., LAI P., CHANG Y. 2005. Life history of *Ganaspidium utilis* (Beardsley) (Hymenoptera: Eucoilidae) in Taiwan. *Formosan Entomology* 25: 87-94.
- KEERATIKASIKORN M., HOOPER G. 1981. The comparative toxicity of some insecticides to the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and two of its parasites *Orgilus lepidus* Muesebeck and *Copidosoma desantisi* Annecke and Mynhardt. *Journal of the Australian Entomological Society* 20:309-311
- KELLER S. 2003. Advances in crop research. Integrated pest management of the potato tuber moth in cropping systems of different agro-ecological zones *Tropical Agriculture: Advances in Crop Research*. Weikersheim. Margraf Verlag. Germany. 153 pp.
- KHURANA S., MINHAS J., PANDEY S. 2003. *The Potato: Production and utilization in sub-tropics*. New Delhi .India. Mehta Publishers. 446 pp.
- KROSCHEL J., KOCH W. 1994. Studies on the population dynamics of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) in the republic of Yemen. *J. appl.ent.* 118: 327-341
- KROSCHEL J., SPORLEDER M., QUISPE A Temperature-Based Simulation Model for the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae) *Localización: Environmental entomology*, ISSN 0046-225X, Vol. 33, Nº 3, 2004 , pags. 477-486
- LAL L. 1987. Studies on the natural repellents against potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in country stores. *Potato Research* 30: 329-334.
- LARRAIN S., KALAZICH B., CARRILLO LL., CISTERNAS A. 2003. *Plagas de la papa y su manejo*. La Serena (Chile). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 110 p.
- LARRAIN S., KALAZICH B., CARRILLO LL., CISTERNAS A. 2003. *Plagas de la papa y su manejo*. La Serena (Chile). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 110 p.

- LLANDERAL C., NIETO R., RAMIREZ F. 2000. Reproductive potential of *Orgilus* sp. (Hymenoptera: Braconidae) a parasitoid of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *N Agrocencia* 34:75-82
- LLOYD D. 1973. Some South American parasites of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) and remarks on those in other continents Technical Bulletin - Commonwealth Institute of Biological Control, South American Sub-station. 15:35-47.
- LOPEZ E. 2006. Influencia de la temperatura en el ciclo biológico de *Copidosoma koehleri* Blanchard parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller). [Tesis para Licenciado] Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- LOPEZ-AVILA, A. 1988. Biología y Ecología de la palomilla de la papa
- MANN J, AXTELL R., STINNER R. 1990. Temperature dependent development and parasitism rates of four species of Pteromalidae (Hymenoptera) parasitoids of house fly (*Musca domestica*) pupae. *Med. Vet. Entomol.* 4: 245-253.
- MARIY F., DAOUD M., EL-SAADANY G., IBRAHIM M. 1999. Biological studies on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) *Annals. Agric. Sci.* 44(1): 363-377.
- MITCHEL B. 1968. An experiment in biological control. *The Rhodesia sciences news.* 2(6): 91-95.
- MOAWAD G., DAWDANM A., BEKHEIT H., MABROUK A., EL BEDEWY R., LAGNAOUI A. 1988. Effect of different IPM components in the Management of the Potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in potato cultivations. *Annals of Agricultural Science -Fac. Agric. Ain-Shams Univ. (Egypt). Special Issue no. 3:1055-1068.*
- MUESEBECK C. 1967. A New Braconid Parasite of The Potato Tuberworm (hymenoptera); *Proc. Ent. Soc. Wash* 69:177-178
- MORENO E. 1982. Biología Comparada de *Muscidifurax* sp. y *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) Ectoparásitos Pupales de la Mosca

- Doméstica (*Musca domestica*). Revista Peruana de Entomología 25 (1): 79-85.
- MURATORI F., LANNIC J., NÉNON J., TH. HANCE. 2004. Larval morphology and development of *Aphidius rhobalosiphi* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) Can. Entomol. 136: 169-180.
- OATMAN E., PLATNER G., GREANY P. 1969. The biology of *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae), a primary Parasite of the Potato Tuberworm. Annals of the Entomological Society of America 62:1407-1414
- PALACIOS M. 1998. Taller: "Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia".
- PALACIOS M. 1997. "Principales Plagas de la papa: La Polilla de la Papa y La Mosca Minadora". Producción de Tubérculos-semillas de papa. Manual de capacitación. CIP 3-7
- PANDEY SH. Año internacional de la papa 2009 nueva luz sobre un tesoro enterrado. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) 2009 1:1-137
- POKHARKAR D., JOGI R. 2000. Biological suppression of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) with exotic parasitoids and microbial agents under field and storage conditions. Journal biological control 14 (2): 23-28
- PRATISSOLI D. 2000. Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* and *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae) at different temperatures. J. Appl. Entomol. 124: 339-342.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>

- RAMAN K., BOOTH R., PALACIOS M. 1987. Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in rustic potato stores. Tropical sciences. 27, 175-194
- RAMAN K., PALACIOS M., MUJICA N. 1993. Control biológico de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* por el parasitoide *Copidosoma koehleri*. Boletín de Capacitación CIP (Peru). no. 3. 28 pp.
- RAMAN K, PALACIOS M. 1982. Screening potato for resistance to potato tuberworm. Journal of Economic Entomology. 75: 47-49
- REDOLFI L., VARGAS G. 1983. *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (Hym.: Braconidae) Parasitoide de "Las Polillas de la Papa" (Lep.: Gelechiidae) en el Perú. Rev.per.Ento. 26(1): 5-7
- REDOLFI L. Palacios M. Alcázar J. 1985. Hymenoptera parasitoides de *Liriomyza huidobrensis* en papa cultivada en Rimac, Cañete e Ica. Revista Peruana de Entomología 28: 18-21.
- RODRIGUEZ A. 1999. Ciclo biológico de la "polilla de la papa" *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) en cuatro variedades comerciales de papa en Perú. Revista Peruana de Entomología. 41: 75-78.
- SALEHI L. KELLER M. 2002. Investigation on host finding behavior of the two parasitoids of potato tuber moth in a flight tunnel. Journal of Agricultural Science and Technology 4:95-102
- SANCHEZ R., PALACIOS M. 1995. Eficacia del parasitismo de *Copidosoma koehleri* en el complejo polilla de la papa. Revista Peruana de Entomología. 38:59-62.
- SANKARAN T., GIRLING D. 1980. The current status of biological control of the potato tuber moth. Biocontrol News and Information 1:207-211
- SIMCHUK P. 1988. Parasites of the potato moth *Phthorimaea operculella* Zellers (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Crimea. UDC 632.927.12(477.9).
- SOUTHWOOD T. 1978. Ecological Methods. Segunda Edición. Ed. Chapman and Hall. Londres y Nuevo York. Pag. 356-387

- SPORLEDER M., KROSCHER J., GUTIERREZ M., LAGNAOUI A. 2004. A temperatura based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller. (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33(3): 477-486.
- TRELLES A. 1999. Crianza masiva de *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh) parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. 204 pp.
- VALENCIA C. 2008. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo, longevidad y fecundidad de *Phaenotoma scabriventris* (Nixon) (Hym.: Braconidae) parasitoide de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Dip.: Agromyzidae). Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. UNALM. 109 pp
- VINSON S, HEGAZI E. 1998. A possible mechanism for the physiological suppression of conspecific eggs and larvae following superparasitism by solitary endoparasitoids. *Journal of Insect Physiology* 44: 703–12
- WAGNER T., WU P., SHARPE., COULSON R. 1984. Modeling Distribution of insect development time: A literature review and application of the Weibull Function. *Annals of The Entomological Society of America*. 77: 475-487.
- WAAGE J., HASSELL M. 1982. Parasitoids as biological control agents, a fundamental approach. *Parasitology* 84: 241–268.
- WINTERS P., FANO H. 1997 Factores económicos del control biológico relacionado a la producción de papa en el Perú. Documento de trabajo CIP. 33pp.
- XU P., WAN Z., CHEN X., LIU S., FENG M. 2007. Immature morphology and development of *Opius carcivora* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera; Agromyzidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 100(3): 425-432.
- ZANABRIA E., BANEGAS M. 1997. Entomología económica sostenible: Plagas de los cultivos andinos, papa y quinua y el manejo agroecológico en los

ecosistemas frágiles de la región andina. Universidad Nacional del Altiplano Puno- Perú. 187pp.

ZÚÑIGA, K., M. GERDING. 2002. Efecto de la temperatura en la longevidad, reproducción y desarrollo de *Trichogramma nerudai* y *Trichogramma dendrolini* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Agric. Tec. 62 (3): 463-468.