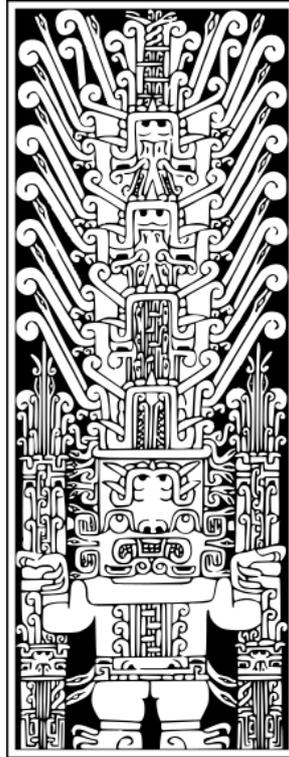


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Efecto del parasitismo de *Orgilus lepidus* Mues., *Apanteles subandinus* Blanch. y *Dolichogenidea gelechiidivoris* Marsh. (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Symmetrischema tangolias* (Gyen), en tubérculos de papa**

**Tesis para optar el título de:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**José Antonio Castillo Ticse**

**LIMA – PERÚ**

**2016**



## Agradecimientos

Al Centro Internacional de la Papa, por haberme dado todas las facilidades para realizar la presente tesis.

Al Dr. Jurgen Kroshel, por todas las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación.

A la Mg.Sc. Verónica Cañedo por su paciencia, dedicación, asesoramiento y apoyo constante en el cumplimiento de mi trabajo.

Al Blgo. Alfonso Lizarraga por sus buenas enseñanzas, que me sirvieron antes de alumno y me sirven hoy en el camino de mi madurez profesional.

A mi madre por dominar la ciencia de la vida e instruirme tan bien para ello. También a mi padre por su preocupación.

Al Ing. Jesús Alcázar y el Blgo. Octavio Zegarra. A los técnicos Francisco, Jesús, Carlos, Marcelo y Antonio por brindarme sus conocimientos, apoyo y amistad.

A mi gran amigo Waldo Dávila por su amistad, compañerismo y su estupenda virtud para generar paz.

A mi novia Claudia por no dejarme caer nunca en esta etapa de mi vida.

Y sobre todo a Margarita, que sin su ayuda ni siquiera hubiera podido iniciar todo este largo camino. Muchas gracias abuelita.

# ÍNDICE

	PAG.
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
1. CAPITULO 1.....	11
1.1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. CAPITULO 2.....	14
2.1. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.1. Antecedentes.....	14
2.1.2. Generalidades.....	16
2.1.2.1. Aspectos generales de las polillas de la papa <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) y <i>Symmetrischema tangolias</i> (Gyen).....	16
2.1.2.2. Clasificación taxonómica de <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i> .....	16
2.1.2.3. Ciclo biológico.....	17
2.1.2.4. Daños e Importancia económica.....	19
2.1.2.5. Aspectos generales de los parasitoides <i>Orgilus lepidus</i> , <i>Apanteles subandinus</i> y <i>Dolichogenidea gelechiidivoris</i> .....	20
2.1.2.6. Clasificación taxonómica de <i>Orgilus lepidus</i> , <i>Apanteles</i> <i>subandinus</i> y <i>Dolichogenidea gelechiidivoris</i> .....	21
2.1.2.7. Ciclo biológico.....	22
2.1.3. Control biológico de <i>P. operculella</i> .....	24
3. CAPITULO 3.....	26
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	26

3.1.1. Materiales.....	26
3.1.1.1. Material Biológico.....	26
3.1.1.2. Equipos.....	26
3.1.1.3. Material de vidrio.....	27
3.1.1.4. Material de plástico.....	27
3.1.1.5. Material de madera.....	27
3.1.1.6. Otros.....	27
3.1.2. Métodos.....	27
3.1.2.1. Crianza de polillas y parasitoides.....	27
3.1.2.1.1. Crianza de polillas.....	28
3.1.2.1.1.1. Crianza de <i>Phthorimaea operculella</i> .....	28
3.1.2.1.1.2. Crianza de <i>Symmetrischema tangolias</i> .....	29
3.1.2.1.2. Crianza de parasitoides.....	29
3.1.3. Pruebas.....	30
3.1.3.1. Efectividad parasitaria.....	30
3.1.3.2. Discriminación de hospederos.....	31
3.1.3.3. Competencia de parasitoides.....	31
3.1.4. Población y muestra de estudio.....	32
3.1.4.1. Población de hospederos.....	32
3.1.4.1.1. <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) y <i>Symmetrischema tangolias</i> (Gyen).....	32
3.1.4.2. Población de parasitoides.....	32
3.1.4.2.1. <i>Orgilus lepidus</i> , <i>Apanteles subandinus</i> y <i>Dolichogenidea gelechiidivoris</i> .....	32

3.1.5. Variable de estudio.....	33
3.1.6. Técnicas de colección de datos.....	33
3.1.7. Análisis estadístico.....	33
3.1.7.1. Competencia de parasitoides.....	34
3.1.7.2. Discriminación de hospederos.....	34
3.1.7.3. Competencia de parasitoides.....	35
4. CAPITULO 4.....	37
4.1. RESULTADOS.....	37
4.1.1. Efectividad parasitaria.....	37
4.1.2. Discriminación de hospederos.....	41
4.1.3. Competencia de parasitoides.....	45
5. CAPITULO 5.....	49
5.1. DISCUSIONES.....	49
5.1.1. Efectividad parasitaria.....	49
5.1.2. Discriminación de hospederos.....	51
5.1.3. Competencia de parasitoides.....	52
6. CAPITULO 6.....	55
6.1. CONCLUSIONES.....	55
7. CAPITULO 7.....	56
7.1 RECOMENDACIONES.....	56
8. CAPITULO 8.....	57
8.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
9. CAPITULO 9.....	62

9.1. ANEXOS.....	62
------------------	----

### **Relación de Figuras:**

Figura 1: Parasitismo aparente promedio de cada parasitoide sobre cada polilla y sobre ambas polillas.....	40
Figura 2: Índice de Savage de cada parasitoide sobre cada polilla y de los tres parasitoides sobre cada polilla.....	44
Figura 3: Índice de Soluk de cada parasitoide sobre cada polilla y de los tres parasitoides sobre cada polilla.....	48

### **Relación de Tablas:**

Tabla 1: Prueba preventiva de Bartlett del parasitismo aparente de cada parasitoide sobre ambas polillas.....	37
Tabla 2: Análisis de varianza de los datos transformados a $\sqrt{x + 1}$ (Lerch 1977) del parasitismo aparente de cada avispa sobre ambas polillas.....	38
Tabla 3: Mínima diferencia significativa de los datos transformados del parasitismo aparente de cada avispa sobre cada polilla y su efecto combinado.....	38
Tabla 4: Porcentaje promedio del parasitismo aparente de cada avispa sobre cada polilla.....	39
Tabla 5: Prueba preventiva de Bartlett del índice de Savage de cada parasitoide sobre ambas polillas.....	41
Tabla 6: Análisis de varianza del índice de Savage de cada avispa sobre ambas polillas.....	42
Tabla 7: Mínima diferencia significativa de la discriminación de cada avispa sobre cada polilla y su efecto combinado según el índice de Savage.....	42

Tabla 8: Prueba preventiva de Bartlett del índice de Soluk de cada grupo parasitario sobre cada polilla.....	45
Tabla 9: Análisis de varianza del índice de Soluk de cada grupo parasitario sobre ambas polillas.....	46
Tabla 10: Mínima diferencia significativa de la competencia de cada grupo parasitario sobre cada polilla.....	46

### **Relación de Fotografías:**

Fotografía 1: Ala anterior de <i>D. gelechiidivoris</i> , donde se muestra el borde del lóbulo vanal curvo y con pilosidad uniforme.....	62
Fotografía 2: Ala anterior de <i>A. subandinus</i> , donde se muestra el borde del lóbulo vanal cóncavo y con pilosidad disminuida en la concavidad.....	62
Fotografía 3: Tubérculos de papa infestados con larvas de <i>P. operculella</i> del cuarto instar.....	63
Fotografía 4: Tubérculos de papa infestados con larvas de <i>S. tangolias</i> del cuarto instar.....	63
Fotografía 5: Rodajas de tubérculos infestadas con larvas de <i>P. operculella</i> recién emergidas.....	64
Fotografía 6: Bandejas selladas conteniendo las rodajas de papas infestadas para el desarrollo de las larvas de las polillas.....	64
Fotografía 7: Exposición de las rodajas de papas infestadas con las polillas a la parasitación de las avispas.....	65
Fotografía 8: Cocones de las avispas formadas sobre las rodajas de papas infestadas con las larvas de las polillas.....	65
Fotografía 9: Larva de la avispa emergida de la larva del hospedero.....	66
Fotografía 10: Pupa de la avispa formada antes de la formación del cocón....	66

Fotografía 11: Envases conteniendo las rodajas de papas infestadas con larvas de polillas parasitadas por las avispas.....67

Fotografía 12: Avispa adulta emergida dentro del envase de recuperación según el sistema anterior.....67

## RESUMEN

La polilla andina de la papa *Symmetrischema tangolias* ha venido estableciéndose en las zonas paperas del Perú desde hace algunas décadas, desplazando a la polilla del tubérculo de la papa *Phthorimaea operculella*, debido a que sus larvas muestran una gran rusticidad y agresividad causando considerables daños, especialmente en el periodo de almacenamiento. La información sobre el control natural de esta plaga es muy limitada, por lo que se planteó determinar si los braconidos *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidivoris* tienen algún efecto positivo en el control biológico de *S. tangolias*. Los resultados mostraron que *O. lepidus* fue el que obtuvo una mayor eficiencia (56%), seguido de *A. subandinus* (26%) y *D. gelechiidivoris* (16%) con el menor porcentaje de parasitación sobre *S. tangolias*. En las pruebas de discriminación de hospederos, se observó que *O. lepidus* es capaz de parasitar a ambas polillas casi en la misma proporción. Sin embargo, *A. subandinus* muestra una preferencia en parasitar a *P. operculella* cuando se le dispone de ambas polillas. Además, se observó que en sistemas de competencia de parasitoides, la interacción entre *O. lepidus* y *A. subandinus* sobre las larvas del hospedero alcanzó una parasitación de 29% sobre *P. operculella*, 7% más que sobre *S. tangolias*. Por otro lado la interacción de los tres parasitoides sólo alcanzó un parasitismo de 26% sobre *P. operculella* y 17% sobre *S. tangolias*. Finalmente se pudo comprobar que estos tres parasitoides son capaces de parasitar las larvas de la polilla Andina de la papa, siendo el parasitoide *O. lepidus* el más importante por su eficacia de parasitismo en casi todas las pruebas.

Palabras clave: *Symmetrischema tangolias*, *Phthorimaea operculella*, *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus*, *Dolichogenidea gelechiidivoris*, control biológico, parasitoides, parasitismo.

## ABSTRACT

The Andean potato tuber moth, *Symmetrischema tangolias* has been established in many potato growing areas of Peru for several decades, displacing to the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*, because their larvae show hardness and aggressiveness causing considerable damage, mainly in the storage period. Information on the natural control of this pest is very limited, so it considered if the braconids *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* and *Dolichogenidea gelechiidivoris* have some positive effect on the biological control of *S. tangolias*.

These results showed that *O. lepidus* had a higher efficiency (56%), followed by *A. subandinus* (26%) and *D. gelechiidivoris* (16%) with the lowest percentage of parasitism on *S. tangolias*. In the host discrimination tests, it was observed that *O. lepidus* can parasitize both moths almost at the same proportion. However, *A. subandinus* showed preference for parasitize *P. operculella* when it had both moths. Further, notes that in the competition systems of parasitoids, the interaction between *O. lepidus* and *A. subandinus* on host larvae reached a parasitism of 29% on PTM, 7% more than in *S. tangolias*. Furthermore the interaction of the three parasitoids, only reached about 26% on *P. operculella* and 17% on *S. tangolias*. Finally it was found that these three parasitoids are able to parasitize the larvae of Andean potato tuber moth, being the parasitoid *O. lepidus* the most important for effectiveness of parasitism in almost all tests.

Keywords: *Symmetrischema tangolias*, *Phthorimaea operculella*, *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus*, *Dolichogenidea gelechiidivoris*, biological control, parasitoid, parasitism.

# CAPÍTULO I

---

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La papa constituye el cultivo más importante en la realidad socio-económica del Perú. Su valor económico representa el 8% del PBI agropecuario, donde intervienen cerca de 600,000 agricultores de 19 departamentos del país. Para el año 2010 el rendimiento de este cultivo fue de 13.2 toneladas por hectárea, con una producción de 3,814 miles de toneladas con alrededor de 290 mil hectáreas sembradas (MINAG, 2011). La papa representa uno de los cultivos alimenticios básicos en el mundo. La intensificación de este cultivo incrementa la incidencia de plagas y enfermedades (FAO, 2008). Entre las plagas, el complejo de las polillas de la papa (Lepidoptera: Gelechiidae), es uno de los principales problemas sobre todo en condiciones de almacenamiento. Entre las principales especies de este complejo, se encuentran: *Phthorimaea operculella* (Zeller), *Symmetrischema tangolias* (Gyen) y *Tecia solanivora* (Povolny) (Barragán, 2005).

*Symmetrischema tangolias*, también conocida como la polilla Andina de la papa, es la principal plaga de la zona Andina en condiciones de almacenamiento, llegando a ocasionar hasta un 100% de daño si no se ejerce alguna medida de control (Herbas, 1994). En el campo barrena los tallos y los tubérculos (Delgado y Aguilar, 1982). Esta especie ha incrementado su importancia en las últimas décadas en la región Andina encontrándose en Bolivia (PROINPA, 1999), Colombia (CIP, 1988), Ecuador (Barragán, 2005) y en el Perú (CIP, 1988; Sánchez y Aquino, 1986).

A pesar de que la papa ha sido el cultivo básico durante milenios en toda la zona Andina, el crecimiento poblacional ha conducido, en estos últimos tiempos, a una intensificación agrícola basada en el uso de insumos externos, especialmente de agroquímicos, mecanización, monocultivos y períodos de barbecho más cortos (Yanggen *et al.*, 2003). Pero esto, a su vez, genera un

gran número de problemas dentro y fuera del mismo cultivo, los cuales se han derivado del mal empleo y uso excesivo de plaguicidas en general, los que traen como consecuencias las conocidas desventajas como generación de resistencia del insecto frente al producto, contaminación del medio ambiente, destrucción de la fauna silvestre y los peligros de intoxicación (Cisneros, 1995).

Por este motivo se hace necesario buscar alternativas que le permitan al agricultor producir con tecnologías más sanas, como el uso de controladores biológicos: microorganismos entomopatógenos (bacteria *Bacillus turingiensis* var. *kurstaki*, granulovirus y hongos *Beauveria bassiana*) y entomófagos (parasitoides y predadores). Dentro de los parasitoides, para el control de *P. operculella*, se han registrado muchas especies de Braconidae (*Dolichogenidea gelechiidivoris*, *Apanteles subandinus*, *Apanteles solitarius*, *Orgilus lepidus*, *Meteorus versicolor*, *Mirax insularis* entre otras especies), Ichneumonidae (*Temelucha* spp., *Pristomerus* spp. etc), Encyrtidae (*Copidosoma koehleri*), Tachinidae (*Wintemia* sp.) entre otros, parasitando diversos estados de desarrollo (González y Burgos 2000, Bajonero *et al.* 2008, Llanderal *et al.* 2000 y Papp 2013).

Se ha registrado como control natural de *S. tangolias* a *Apanteles* sp. y *C. koehleri* en cantidades muy bajas. A nivel experimental, *C. koehleri* ha sido utilizado para ensayos de preferencia relativa sobre *P. operculella* y *S. tangolias* en plantas de papa, donde el primero registró un 26.46% de parasitismo, mientras que el segundo, solo registró 1.9% (Sánchez y Palacios, 1995).

*Symmetrischema plaesiosema*, o *S. tangolias*, también conocida como la polilla Andina de la papa, es la plaga típica de la sierra, donde perfora los tallos y los tubérculos en el campo y en el almacén (Delgado y Aguilar, 1982). Esta plaga fue presenciada en la sierra sur del Perú a inicios de los años noventa, estableciéndose tiempo después en sistemas de almacenaje, donde representa la mayor limitante en la producción de semillas de papa (Pozo, 1990).

Un aspecto importante en el inicio de un programa de manejo integrado de plagas (MIP), es conocer y cuantificar la eficiencia de los controladores

biológicos de las plagas más importantes de un cultivo en particular (Ortega y Fernández, 1995).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Determinar si los braconidos parasitoides de *P. operculella*: *O. lepidus*, *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris* pueden parasitar las larvas de *S. tangolias*.
- Indicar la preferencia parasitaria de los tres braconidos en estudio sobre las polillas *P. operculella* y *S. tangolias*.
- Determinar la competencia parasitaria que existe en los tres parasitoides.

Presentándose como hipótesis nula que los parasitoides braconidos *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidivoris*, no parasitan las larvas de la polilla Andina de la papa *S. tangolias*; mientras que la hipótesis alternativa plantea que si parasitan larvas de la polilla Andina.

# CAPÍTULO II

---

## 2.1 MARCO TEÓRICO

### 2.1.1 Antecedentes

El cultivo de papa es afectado por diferentes plagas desde la siembra hasta la cosecha y su posterior almacenamiento (Rázuri, 1987). Entre estas plagas, las polillas *P. operculella* y *S. tangolias*, son consideradas como factores limitantes en la producción del cultivo de la papa, principalmente a nivel de almacenamiento (Vera, 2009).

Entre los métodos para controlar las polillas de la papa se tiene al control biológico, el cual se realiza a través del uso de entomopatógenos, como *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Mamani, 2008), muchas especies de hongos (Goettel, 2005) como *Beauveria brongniartii* (Vargas, 2003) y el granulovirus *PoGV* (Espinell-Correal, 2012).

En algunos países se han utilizado enemigos naturales, especialmente parasitoides, para el manejo de *P. operculella*, con base en las siguientes prácticas: a) conservación e incremento, b) cría masiva y liberación, c) importación y establecimiento. Siendo las especies de la familia Braconidae las más utilizadas a nivel mundial: *Apanteles subandinus* Blanch. y *Orgilus lepidus* Mues. (Wale *et al.*, 2008).

De estos individuos, se menciona existen tres especies del género *Apanteles* los cuales son controladores de *P. operculella* (*A. caniae*, *A. scutellaris* y *A. subandinus*), además se ha evidenciado como parasitoide de *S. tangolias* (Gyen), polilla que causa gran daño a nivel de almacenamiento. Por otro lado, especies de este mismo género se ha observado parasitar a la polilla guatemalteca *T. solanivora*, plaga de la papa en Centro América, que se ha establecido en Colombia, Venezuela, Ecuador e Islas Canarias a la ausencia de enemigos naturales (CABI 2015 y Wale *et al.* 2008).

En Australia se ha observado que los controladores más importantes para *P. operculella*, fueron *A. subandinus*, *O. lepidus* y *Copidosoma koehleri* (Callan, 1974).

En el Perú, Cañedo y Cisneros (1994) encontraron que *D. gelechiidivoris* es el endoparasitoide más importante de *P. operculella* ubicado en la costa peruana.

Incluso se ha llegado a encontrar que para la polilla *Symmetrischema insertum* (polilla de las flores de lulo) se han reconocido algunas especies de parasitoides de la familia Braconidae; de los cuales destaca *Chelonomus* sp., presentándose en el 60% de las larvas parasitadas, y *Apanteles gelechiidivoris* (*D. gelechiidivoris*), en el 5% de las mismas (Martínez, 2010). Y *C. koehleri* Blanchard (familia Encyrtidae), parasitoide nativo de Sudamérica, que actúa preferentemente sobre huevecillos del complejo de polillas de la papa como *S. tangolias*, *T. absoluta* y *P. operculella* (Sánchez y Palacios, 1995).

Existen algunas alternativas naturales para el control de las polillas, usando plantas de eucalipto, ajeno, tarwi, pimienta. También medios de control etológicos con el uso de feromonas sexuales. Control cultural, principalmente para desarrollar hábitos y costumbres del agricultor para destruir las fuentes de infestación e interrumpir el ciclo biológico de la plaga. Y otras con el mismo fin, adoptadas en Chile, proponiendo el uso de semillas más resistentes, rotación de cultivos, control de malezas, entre otros (Malaver 2001, Ramán y Alcázar 1988, Nieto *et al.* 2002, Cisneros 1995, Larraín 2001).

Sin embargo, el método más utilizado para el control de las Polillas de la papa sigue siendo el químico, por ser en algunos casos más barato y con resultados más visibles a corto plazo (Egúsquiza y La Rosa, 2012).

## 2.1.2 Generalidades

### 2.2.1. Aspectos generales de las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen)

La polilla de la papa *P. operculella* y la polilla Andina de la papa *S. tangolias*, son las plagas de mayor importancia en el cultivo de la papa en áreas tropicales y subtropicales. *P. operculella* es cosmopolita atacando diversos órganos de la planta, mientras que *S. tangolias* es considerada una plaga seria dentro de la región andina, causando significativas pérdidas económicas en las zonas paperas de Perú y Bolivia (Lagnaoui, 2000).

*P. operculella* se encuentra en el rango de 10 a 35°C entre los 0 a 4000 msnm, mientras que *S. tangolias* se encuentra en el rango de 15 a 20°C entre los 2500 a 3400 msnm (Dangles *et al.*, 2008).

*S. tangolias*, en los últimos 20 años se ha constituido en una de las principales plagas de almacén de papa debido a su rápida dispersión. Esta polilla demuestra mayor rusticidad y agresividad en comparación con *P. operculella*, a la cual desplaza cuando ambas se presentan en un mismo hábitat, el principal daño lo realizan las larvas durante el periodo de almacenamiento de tubérculos causando grandes pérdidas (Cervantes, 2000).

#### 2.2.1.1. Clasificación taxonómica de *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*

La clasificación según Ojeda y Castro (1972) es la siguiente:

PHYLUM: Arthropoda

CLASE: Insecta

ORDEN: Lepidoptera

SUB ORDEN: Frenatae

DIVISIÓN: Heteroneura

SUPERFAMILIA: Gelechioidea

FAMILIA: Gelechidae

TRIBU: Gnorimoschemini

GÉNEROS: *Phthorimaea* (Meyrick, 1902)

*Symmetrischema* (Povolny, 1967)

ESPECIE: *P. operculella* (Zeller, 1873)

*S. tangolias* (Gyen, 1913)

### 2.2.1.2. Ciclo biológico

El ciclo de vida de *P. operculella* y *S. tangolias* comprenden cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto.

Estados\polillas	<i>P. operculella</i>	<i>S. tangolias</i>
<b>HUEVO</b>	Forma semiovalada a elíptica de 0.5 mm de diámetro aprox. Superficie sin reticulaciones. De color blanco aperlado en la puesta, amarillento y marrón próximo a la eclosión. La puesta se realiza sobre brotes, peciolos, tallos, tubérculos y suelo cerca al cuello de la planta. A 20°C dura 9.18 días en promedio.	Forma ovalada, achatada en los polos de 0.3 mm de diámetro aprox. Superficie rugosa con hendiduras circulares. De color blanco cremoso en la puesta y plomizo próximo a la eclosión. La puesta se realiza en los entrenudos y tubérculos. A 20°C dura 10.5 días en promedio.

<p><b>LARVA</b></p>	<p>Larvas eruciformes. Cuatro estadíos larvales. Color blanco lechoso hasta el tercer estadío. En el último estadío se torna blanquecino con tonalidades rosadas en tubérculos y verdosas en follaje, cápsula cefálica y protórax café oscuro; llega a medir hasta 10 mm. A 20°C duran 31.81 días en promedio.</p> 	<p>Larvas eruciformes. Cinco estadíos larvales. Color blanco cremoso con la cabeza más ancha que el resto del cuerpo y setas apenas visibles. A partir del segundo estadío presenta cinco franjas longitudinales rojo púrpura, tres dorsales y dos laterales, el vientre es verde intenso; en el último estadío llega a medir hasta 13 mm. A 20°C duran 30.8 días en promedio.</p> 
<p><b>PUPA</b></p>	<p>Tipo obtecta, de forma husada. Color verdoso al principio, luego se torna amarilla y marrón-amarilla cercana a la eclosión. Puede medir hasta 6 mm. A 20°C duran 15.84 días en promedio.</p>	<p>Tipo obtecta color verde claro al principio, luego se torna café a medida que pasa el tiempo y adquiere un color más intenso próximo a la eclosión. Puede medir hasta 7.5 mm. A 20°C duran 18.9 en promedio.</p>
<p><b>ADULTO</b></p>	<p>De color gris a café oscuro con tres pares de puntos en la zona media, que a la distancia se asemeja a una "X" (sólo en las hembras.</p>	<p>De color gris claro con pubescencia de color amarillo en la parte discal del ala posterior. Manchas sub-trianguulares en el margen</p>

	<p>Alas en reposo), las alas están pegadas al cuerpo tomando la forma de un techo; con las alas extendidas puede medir 14.8 mm de envergadura alar. Presentan flecos en el borde posterior de las alas delanteras y en ambos bordes posterior e interno de las alas posteriores. El final del abdomen de la hembra es de forma cónica mientras que el macho posee dos claspers al final del abdomen. Las hembras suelen vivir un poco más que los machos.</p> 	<p>costal a 2 mm de la base del ala. En reposo, las alas están pegadas al cuerpo tomando la forma de un techo; con las alas extendidas puede medir 16.4 mm de envergadura alar. El abdomen es pubescente, de color amarillo con manchas oscuras sub-trianguulares en cada segmento.</p> 
--	---	--

(Armas 1975, Andrew *et al.* 1999, Kroschel 1995, Barragán 2005, Carpio 2008)

### 2.2.1.3. Daños e Importancia económica

Las larvas de estas polillas son fitófagas, las de *P. opreculella* son minadoras de hojas, barrenadoras de tallos y tubérculos. Las larvas de *S. tangolias* barrenan los tallos impidiendo el flujo de savia a toda la planta, en los

tubérculos realizan galerías irregulares tanto en campo como en el almacén (Triplehorn y Johnson 2005; Ortega y Fernández 1995; y Andrew *et al.* 1999). Estas especies son altamente destructivas y pueden causar un daño total en campo y almacén en condiciones de temperaturas ambientales (Nieto 2002 y Carpio 2008).

En Ecuador el gelechido *T. solanivora* causó 6 millones de dólares en pérdidas, solo en el año 2002 (Pollet y Barragán, 2003). En el Perú *P. operculella* puede ocasionar pérdidas de más del 50% de la producción, tanto en campo como en almacén, en ausencia de medidas de control. Además se encontró que *S. tangolias* ocasionaba pérdidas entre el 2 a 78% de los tubérculos, tanto en campo como en almacén, en el Valle del Mantaro (Nieto, 2002).

### **2.2.2. Aspectos generales de los parasitoides *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidivoris***

*Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidivoris* pertenecen a la familia Braconidae, uno de los grupos más diversos y abundantes del planeta; esta diversidad se refleja en la gran cantidad de hábitats que ocupa y las numerosas estrategias de parasitismo que presenta (Godfray 1994). Esto hace que casi la totalidad de especies del grupo sean reguladores de poblaciones de insectos en la naturaleza y que muchas de ellas hayan sido utilizadas en programas de control biológico clásico (Redolfi, 1994).

Según la relación simbiótica, los braconidos pueden ser ectoparásitos (viven sobre la superficie de su hospedero) o endoparásitos (viven dentro de su hospedero). Y según el efecto sobre el hospedero, pueden ser idiobiontes (cuando detiene su normal desarrollo) y/o koinobiontes (cuando no detiene su desarrollo) (Godfray, 1994).

**2.2.2.1. Clasificación taxonómica de *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidivoris***

La clasificación es la siguiente:

PHYLUM: Arthropoda

CLASE: Insecta

ORDEN: Hymenoptera

SUB ORDEN: Apocrita

SUPERFAMILIA: Ichneumonoidea

FAMILIA: Braconidae

-SUBFAMILIA: Orgilinae

TRIBU: Orgilini (Ashmead, 1900)

GÉNERO: *Orgilus* (Haliday, 1833)

ESPECIE: *O. lepidus* (Muesebeck,  
1967)

Campos (2001), Van Achterberg (1994) y Sánchez  
(2000)

-SUBFAMILIA: Microgasterinae

TRIBU: Apantelini (Mason, 1981)

GÉNERO: *Apanteles* (Foerster, 1862)

*Dolichogenidea* (Viereck, 1911)

ESPECIE: *A. subandinus* (Blanchard,  
1949)

Redolfi (1994) y Campos (2001)

*D. gelechiidivoris* (Marshal, 1979) Trelles (1999)

### 2.2.2.2. Ciclo biológico

El ciclo de vida de *O. lepidus*, *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris* comprenden cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto.

Estados\Avispas	<i>O. lepidus</i>	<i>A. subandinus</i>	<i>D. gelechiidivoris</i>
<b>HUEVO</b>	Huevos acuminados de color blanco, transparente.	Huevos alargados y lisos; la parte anterior es redondeada y la parte posterior presenta un gancho caudal, propio de los huevos himenopteriformes. Después de la puesta es traslúcido y a medida que el desarrollo transcurre se observa una zona más oscura en la parte central.	
<b>LARVA</b>	Las larvas de los tres parasitoides presentan tres estadios. La larva I es de tipo caudata-mandibulada, la cual presenta una prolongación del cuerpo en forma de gancho. La larva II es de tipo himenopteriforme; en este instar el gancho se recoge formándose una vesícula. La larva III es similar al anterior instar, con algunas diferencias en las dimensiones de la capsula cefálica y la coloración la cual se torna más amarillenta. Es en esta etapa cuando la larva empieza a abandonar el cuerpo del hospedero.		

<p><b>PUPA</b></p>	<p>La pupa es de tipo exarata, inicialmente de color rojo-amarillento, pero conforme se desarrolla adquiere una tonalidad oscura. Después de tres o cuatro días emerge el adulto a 25°C.</p>	<p>La pupa es de tipo exarata o libre, de forma alargada y con una coloración amarillo pálida que se oscurece a medida que transcurre esta fase; al final su coloración es negra. Las pupas pueden estar desnudas o cubiertas de un capullo cilíndrico formado por hilos blancos brillantes. Después de cuatro días emerge el adulto a 25°C.</p>
<p><b>ADULTO</b></p>	<p>Los adultos muestran una coloración negra, excepto en la parte ventral y parte del fémur, tibia y tarsos, que son ligeramente más claros. La hembra se caracteriza por la presencia de un oviscapto que sobresale de su dilatado abdomen; la longitud promedio del cuerpo es de 3.9 mm para la hembra y 3.6 mm para el macho. Viven 18 días en promedio.</p>	<p>La diferenciación morfológica entre ambas avispas se basa en la forma y pilosidad del borde del lóbulo vanal del ala posterior de los adultos; donde las formas cóncavas y poca pilosidad de la parte central corresponde a <i>A. subandinus</i>, y el borde entero con pilosidad uniforme corresponde a <i>D. gelechiidivoris</i>. El ovipositor de ambas avispas es mucho más pequeño que el de las hembras de <i>O. lepidus</i>.</p> <div data-bbox="1008 1675 1273 1912" data-label="Image"> </div>



Llanderal *et al.* 2000, Cardona y Oatman 1975, y Bajonero *et al.* 2008

### 2.2.3. Control biológico de *P. operculella*

Las larvas de *P. operculella* son susceptibles al ataque de diferentes especies de parasitoides en muchos países, algunos de ellos son: *Apanteles subandinus* y *Orgilus lepidus* en Irán (Salehi, 2002), *Diadegma pulchripes* y *Sympiesis viridula* en Italia (Pucci *et al.*, 2003), *Cotesia* sp. y *Bracon* sp. en India (Debnath y Borah, 2002), *Temelucha minuta* en Australia (Gauld, 1980), *Microplitis minutalis* en Argentina (Lloyd, 1972), *Pristomerus spinator* en México (Dominguez *et al.*, 2000), *Agathis gibbosa* en USA (Odebiyi y Oatman, 1972), *Apanteles litae* var. *operculella*, *Diadegma mollipium* y *Bracon instabilis* en Egipto (Abbas, 1993), entre otros.

Entre los diversos tipos de control de plagas se encuentra el control biológico, el cual se lleva a cabo mediante la acción de microorganismos patógenos (micosis, bacteriosis, protozoariosis y virosis) y entomófagos (predadores y parasitoides) (Coscollá, 1980). Entre los entomófagos, encontramos que la eficiencia del control se mide a través del porcentaje de parasitismo de cada parasitoide frente a un hospedero (Márquez *et al.*, 2005).

Por ejemplo, la eficiencia de *Cotesia* spp. o *Lydella mimense* para el control del taladrador de la caña de azúcar *Diatarea* spp., se mide mediante la proporción del total de individuos y el total de la plaga (Figueredo *et al.*, 2010).

La eficiencia de *Hyposoter* sp. para el control de *Plutella xylostella*, se mide mediante el número de parasitoides emergidos entre la cantidad de larvas del hospedero colectado (Tovar *et al.*, 2007).

# CAPÍTULO III

---

## 3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó durante los años 2010 y 2011 en los laboratorios y campos 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'; 240 msnm).

### 3.1.1 Materiales

#### 3.1.1.1 Material Biológico

Fue proporcionado íntegramente por el Centro Internacional de la Papa

- *Orgilus lepidus* Muesebeck
- *Apanteles subandinus* Blanchard
- *Dolichogenidea gelechiidivoris* Marsh
- *Phthorimaea operculella* Zeller
- *Symmetrischema tangolias* Gyen
- Papa blanca
- Papa peruanita

#### 3.1.1.2 Equipos

Cámara fotográfica digital, aspirador, HOB0® (Registra la T° y la HR), estereoscopio, lámparas pequeñas, equipos de aire acondicionado a control remoto, entre otros.

### **3.1.1.3 Material de vidrio**

Frascos carameleros grandes (2 galones), frascos carameleros pequeños (1 galón), placa de vidrio de 9 x 9 cm, portaobjetos y cubreobjetos pyerx.

### **3.1.1.4 Material de plástico**

Envases de 2.84 ml de volumen, envases de 33 x 23 x 10 cm, con tapa, bandejas (45 x 25 cm), vasos plásticos de 0.5 l, Parafilm®, placas petri.

### **3.1.1.5 Material de madera**

Jaulas de crianza y parasitación

### **3.1.1.6 Otros**

Papel filtro Whatman®, Pinzas, bandas de goma, estiletes, miel de abejas, telas de tul y organza, arena, hipoclorito de sodio, papel toalla, alcohol 96%, picetas, algodón, cuchillo, tabla de picar, útiles de escritorio (cintas masking tape, marcadores, papel bond, entre otros).

## **3.1.2 Métodos**

### **3.1.2.1 Crianza de polillas y parasitoides**

La metodología que se empleó para la crianza de las polillas y parasitoides es la misma que se sigue en los ambientes de crianza del área de Entomología del CIP, la cual se desarrolla a  $25^{\circ}\text{C} \pm 2$  y  $70\% \pm 5\%$  HR.

### **3.1.2.1.1 Crianza de polillas**

#### **3.1.2.1.1.1 Crianza de *Phthorimaea operculella***

En vasos de plástico (0,5 l) se colocaron aproximadamente 100 pupas de la polilla. La boca del envase se cubrió con tela organza sujeta con banda de goma elástica. Estos vasos se mantuvieron en estas condiciones hasta observar la emergencia de aproximadamente el 50% de los adultos, momento en el cual se colocó un disco de papel filtro Whatman® sobre la tela para la obtención de posturas. Esto se realizó cada 24 horas por cinco o seis días consecutivos.

Los adultos del vaso fueron alimentados diariamente con una solución de miel y agua en proporción 1:2 colocada en la tela organza con la ayuda de un gotero, pero siempre en los bordes del vaso.

Al emerger las larvas fueron colocadas sobre tubérculos de papa peruanita (1 kg), en envases de plástico (33 cm de largo x 23 cm de ancho y 10 cm de alto) con arena esterilizada.

Luego de 15 a 20 días, se retiraron los tubérculos desprendiendo cuidadosamente los cocones adheridos a éstos. La arena de los envases fue tamizada para separar los cocones de la misma. Posteriormente los cocones fueron lavados con una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante un minuto, con el fin de disolver la seda de los cocones y recuperar las pupas. Se enjuagó con abundante agua y las pupas fueron esparcidas sobre papel toalla, colocado en bandejas de plástico, para que sequen a temperatura ambiente.

### **3.1.2.1.2 Crianza de *Symmetrischema tangolias***

En jaulas de parasitación se colocaron aproximadamente 100 pupas de la polilla sobre dos bandejas llenas de papa peruanita, por cada jaula.

Luego de 30 días se retiraron las bandejas y se procedió a cortar los tubérculos en trozos medianos, cuidando de no lastimar las larvas de la polilla, estas larvas se fueron retirando y colocando en un vaso de plástico de un litro. Una vez recuperadas las larvas, estas se colocaron en un envase de crianza, la cual contenía aproximadamente ocho tubérculos de papa peruanita (tratando de cubrir completamente la base del envase) y sobre estas, se cubrieron de trozos de cartón corrugado de 4 x 4 cm, para que empupen dentro de estas.

Pasados 11 días de este procedimiento, se retiraron los trozos de cartón y se abrieron con mucho cuidado para recuperar las pupas formadas. Las pupas colectadas se almacenaron en placas petri de 10 cm de diámetro en refrigeración a 10 °C, aproximadamente.

Para la obtención de posturas, las pupas se colocaron en número de 300 en cada vaso de plástico de 0.5 l y se cubrió la abertura del mismo con tela organza y bandas elásticas por un tiempo aproximado de ocho días, hasta la emergencia de los adultos. Una vez que empezaron a emerger, se colocó papel filtro sobre la tela organza de los vasos, para que las hembras de las polillas ovipositen; periódicamente se les alimentó con una solución de miel diluida (1:1). Se pudo recuperar posturas hasta tres veces por día, cada tres días.

### **3.1.2.2 Crianza de parasitoides**

El método de crianza de las tres especies de parasitoides es la misma. Las crianzas de cada una se mantuvieron separadas.

Se colocaron adultos del parasitoide recién emergidos en frascos de parasitación para que copularan un día. Se separaron en grupos de 20 parejas y se llevaron a un nuevo frasco de parasitación que contenía de 12 a 15 rodajas de papa blanca previamente infestadas con larvas (aproximadamente 40) del hospedero de dos a tres días de edad. Luego de dos días se retiraron las rodajas y se repartieron en vasos de plástico (0,5 l), previamente acondicionados con papel toalla. Cada vaso de plástico fue rotulado teniendo en cuenta la fecha y se llevaron a incubar a una temperatura de 25°C y 65% de HR hasta el día en que emergieron los adultos (aproximadamente 16 días).

### **3.1.3 Pruebas**

#### **3.1.3.1 Efectividad parasitaria**

Rodajas de papa blanca de aproximadamente 1-1.5 cm de espesor por 5 – 6 cm de largo, se infestaron con larvas recién emergidas (un tratamiento con *P. operculella* y otro tratamiento con *S. tangolias*), en un número de 20 larvas por cada rodaja. Después de 4 días, se colocaron seis rodajas de papa en frascos carameleros, inmediatamente se liberaron dentro del mismo cinco parejas (con previa de cópula) de un parasitoide de un día de vida. En toda la prueba se realizaron cuatro cambios de rodajas, tomando en cuenta la tasa de mortalidad de los parasitoides y dejando dos días para la parasitación. En cada cambio, se colocaron tres rodajas por vaso de medio litro descartables hasta su evaluación. Los parasitoides liberados en los frascos fueron alimentados diariamente con miel diluida (1:1).

### 3.1.3.2 Discriminación de hospederos

Rodajas de papa blanca de aproximadamente 1 - 1.5 cm de espesor por 5 – 6 cm de largo, se infestaron con 20 larvas recién emergidas, algunas con *P. operculella* y otras con *S. tangolias*. Después de cuatro días, se colocaron seis rodajas de papa por frasco (tres rodajas infestadas con *P. operculella* más tres rodajas infestadas con *S. tangolias*), inmediatamente se liberaron dentro del mismo frasco cinco parejas (con previa copula) de un parasitoide de un día de vida. Las rodajas se retiraron de los frascos a los 15 días de instalada la prueba y se colocaron en vasos de medio litro descartables (debidamente rotulado según tipo de prueba, fecha, repetición y hospedero) en número de tres rodajas por vaso hasta su evaluación. Los parasitoides liberados en los frascos fueron alimentados diariamente con miel diluida (1:1).

### 3.1.3.3 Competencia de parasitoides

Rodajas de papa blanca de aproximadamente 1 - 1.5 cm de espesor por 5 – 6 cm de largo, se infestaron con 20 larvas recién emergidas por cada rodaja (un tratamiento con *P. operculella* y otro tratamiento con *S. tangolias*). Después de cuatro días, se colocaron seis rodajas en frascos carameleros, inmediatamente se liberaron dentro del mismo frasco cinco parejas de un parasitoide más cinco parejas de otro parasitoide de un día de vida (las parejas de ambos parasitoides con previa copula), de la siguiente manera: Para el primer tratamiento, cinco parejas de *O. lepidus* más cinco parejas de *A. subandinus*; hasta completar todas las permutaciones posibles (ver el siguiente Tabla). Las rodajas fueron retiradas de los frascos a los 15 días de instalada la prueba y se colocaron tres rodajas en vasos de medio litro descartables

(debidamente rotulado según tipo de prueba, fecha, repetición y hospedero) hasta su evaluación. Los parasitoides liberados en los frascos fueron alimentados diariamente con miel diluida (1:1).

<b>Ensayos</b>	<b>Liberación de parasitoides</b>
1	<i>O. lepidus</i> + <i>A. subandinus</i>
2	<i>O. lepidus</i> + <i>D. gelechiidivoris</i>
3	<i>A. subandinus</i> + <i>D. gelechiidivoris</i>
4*	<i>O. lepidus</i> + <i>A. subandinus</i> + <i>D. gelechiidivoris</i>

\* Para este ensayo se liberaran dos parejas de cada parasitoide.

### 3.1.4 Población y muestra de estudio

#### 3.1.4.1 Población de hospederos

##### 3.1.4.1.1 *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen)

La muestra estuvo conformada por un grupo de individuos en la etapa larvaria para la instalación de las pruebas y los adultos que sobrevivieron a la misma para la evaluación final.

#### 3.1.4.2 Población de parasitoides

##### 3.1.4.2.1 *Orgilus lepidus*, *Apanteles subandinus* y *Dolichogenidea gelechiidivoris*

La muestra estuvo conformada por una población de cada parasitoide recién emergida del cocón para la instalación de las pruebas, hasta su muerte para la evaluación.

### **3.1.5 Variable de estudio**

Estuvo conformada por el número de parasitoides logrados de la parasitación y el número de hospederos no parasitados.

### **3.1.6 Técnicas de colección de datos**

Luego de 60 días de instalada cada prueba se procedió a la colecta manual de los individuos muertos, tanto de avispas parasitoides como de polillas colocándolos en placas petri de 10 cm de diámetro, rotuladas con la fecha de instalación, población colectada y la prueba a la cual pertenecen.

Los individuos colectados de cada prueba fueron contados por especie y por sexo, según correspondía. Se tomaron como datos el número de machos y hembras, por especie y de acuerdo a cada prueba. Para ello se usó un estereoscopio de doble fuente hasta de 4X de aumento para reconocer el ovipositor en los casos que fue necesario.

Todos los datos colectados de esta manera fueron anotados debidamente por prueba en una tabla digitada en una hoja de Excel (Microsoft Excel 2010®) hasta su procesamiento.

### **3.1.7 Análisis estadístico**

La base de datos fue separada por pruebas, y éstas digitadas en archivos de valores delimitados por comas (.csv) para que pueda ser leída por el programa estadístico The R-project (se menciona más adelante). Estos archivos contenían los índices estadísticos que se describen a continuación:

### 3.1.7.1. Efectividad parasitaria

Se usaron los índices de parasitismo aparente (Coscollá, 1980; Torres-Vila, 2000), debido a que era imposible saber el número inicial de larvas polillas que se adaptaron exitosamente al tubérculo, la fórmula es:

$$PA = \frac{W_t \times 100}{W_t + M_d}$$

Donde: **PA** es el parasitismo aparente, **W<sub>t</sub>** es el número de avispas recuperadas o emergidas de la prueba, **M<sub>d</sub>** es el número de hospederos disponibles de la prueba (Nro. Hospedero inicial – Nro. Hospedero final).

### 3.1.7.2. Discriminación de hospederos

Se usó el índice de Savage (Montenegro, 2008) y porcentaje de parasitismo o parasitismo (Figueredo, 2010):

$$SS_x = \frac{W_x \times M_d}{M_{dx} \times W_t}$$

$$P = \frac{W_x \times 100}{M_d}$$

Donde: **SS<sub>x</sub>** es el índice de Savage, **P** es el parasitismo sobre un hospedero, **W<sub>x</sub>** es el número de avispas recuperadas o emergidas del hospedero “**x**” en la prueba, **W<sub>t</sub>** es el número de avispas recuperadas de ambos hospederos en la prueba, **M<sub>dx</sub>** es el número de polillas disponibles de la especie “**x**”, y **M<sub>d</sub>** es el número de polillas disponibles de ambas especies de hospedero.

### 3.1.7.3. Competencia de parasitoides

Se usó el índice de Soluk con dos especies en competencia (Grez *et al.*, 2007) y con tres (Bográn *et al.*, 2002):

$$SK = M_d(P_x + P_y - P_x P_y)$$

$$SK = M_d[P_x + P_y + P_z - \{(P_x P_y) + (P_x P_z) + (P_y P_z)\} + (P_x P_y P_z)]$$

Donde: SK es el índice de Soluk,  $M_d$  es el número de polillas disponibles en la prueba;  $P_x$ ,  $P_y$  y  $P_z$  es la probabilidad de que una polilla haya sido parasitada por la avispa "x", la avispa "y" o la avispa "z", respectivamente ( $P_x = \frac{W_x}{M_d}$ ).

El análisis de los índices calculados en cada tratamiento se procesó de la siguiente manera:

- Pruebas de Homocedasticidad:

En todos los ensayos se realizó la prueba de Bartlett, con el fin de determinar la homogeneidad de los datos obtenidos para demostrar si estos seguían una distribución normal (varianzas iguales).

En los casos que no se cumplió la Homocedasticidad, se procedió a la transformación numérica de Lerch (a  $\sqrt{x+1}$ ) para ajustar los datos y someterlos luego al análisis de varianza

- Análisis de Varianza (ANOVA):

Luego de demostrar la normalidad de los datos, estos se sometieron al ANOVA de los parasitoides sobre cada polilla entregada, para determinar la variabilidad entre los mismos. Es decir, si había diferencias entre los efectos causados entre cada parasitoide sobre cada polilla.

- Mínima diferencia significativa (*Least significant difference* – L.S.D):

Se calculó la mínima diferencia significativa de los índices para determinar los grupos diferenciales entre las variables de cada prueba y ordenarlos de mayor a menor según el nivel del índice encontrado (nivel de significancia). Todo el análisis se realizó mediante el programa estadístico The R-project for Statical Computing 2.15.3 disponible en <http://www.r-project.org/>.

# CAPÍTULO IV

---

## 4.1 RESULTADOS

### 4.1.1 Efectividad parasitaria

Se observó que en *O. lepidus* y *A. subandinus* la variabilidad de los índices de parasitación sobre cada polilla fue uniforme ( $X^2_{\text{Bartlett}} = 0.92$  y  $X^2_{\text{Bartlett}} = 1.54$ ; respectivamente), esto quiere decir que para ambos casos los datos se encontraban distribuidos normalmente y sus varianzas fueron homogéneas.

Sin embargo, en el caso de *D. gelechiidivoris* la varianza entre sus índices no fue uniforme ( $X^2_{\text{Bartlett}} = 6.739$ ), determinando que el grupo de datos de este tratamiento no seguía una distribución normal (Tabla 1).

Se ajustaron los datos a la transformación de Lerch (1977).

**Tabla 1. Prueba preventiva de Bartlett del parasitismo aparente de cada parasitoide sobre ambas polillas.**

#### Bartlett (Homogeneidad de varianzas)

	$X^2_{\text{Bartlett}}$	Valor crítico
<b><i>O. lepidus</i></b>	0.923	3.841
<b><i>A. subandinus</i></b>	1.536	3.841
<b><i>D. gelechiidivoris</i></b>	6.739	3.841

\*  $X^2_{\text{Bartlett}}$  Valor de la prueba o estadístico de Bartlett

\*  $X^2_{\text{Bartlett}} > \text{V.C.}$  hay diferencia significativa

\* V.C. es Valor crítico

Con el análisis de varianza se observó que para los casos de *O. lepidus* y *D. gelechiidivoris*, los índices de parasitismo al atacar ambas polillas no mostraron diferencias significativas ( $p = 0.850$  y  $p = 0.225$ ; respectivamente) (Tabla 2).

**Tabla 2. Análisis de varianza (datos transformados a Lerch) del parasitismo aparente de cada avispa sobre ambas polillas.**

**ANOVA (95%)**

	<i>Valor de F</i>	<i>Valor de p</i>
<i>O. lepidus</i>	0.0362	0.850
<i>A. subandinus</i>	21.867	3.63e-05
<i>D. gelechiidivoris</i>	1.5244	0.225

\**p* índice de probabilidad

\* $p < 0.05$  hay diferencia significativa

Sin embargo en *A. subandinus* sí se encontraron diferencias significativas en los índices de parasitismo sobre ambas polillas (Tabla 2).

Esta diferencia en la respuesta de parasitación de *A. subandinus* fue al momento de atacar a *S. tangolias*, la cual presentó un índice parasitario de 2.67 (2.77 menos que en *P. operculella*) (Tabla 3).

**Tabla 3. Mínima diferencia significativa de los datos transformados del parasitismo aparente de cada avispa sobre cada polilla.**

	<i>O. lepidus</i>	<i>A. subandinus</i>	<i>D. gelechiidivoris</i>
<i>P. operculella</i>	5.46 a	5.44 a	2.14 a
<i>S. tangolias</i>	5.62 a	2.67 b	1.60 a

\*Las letras distintas indican diferencias significativas

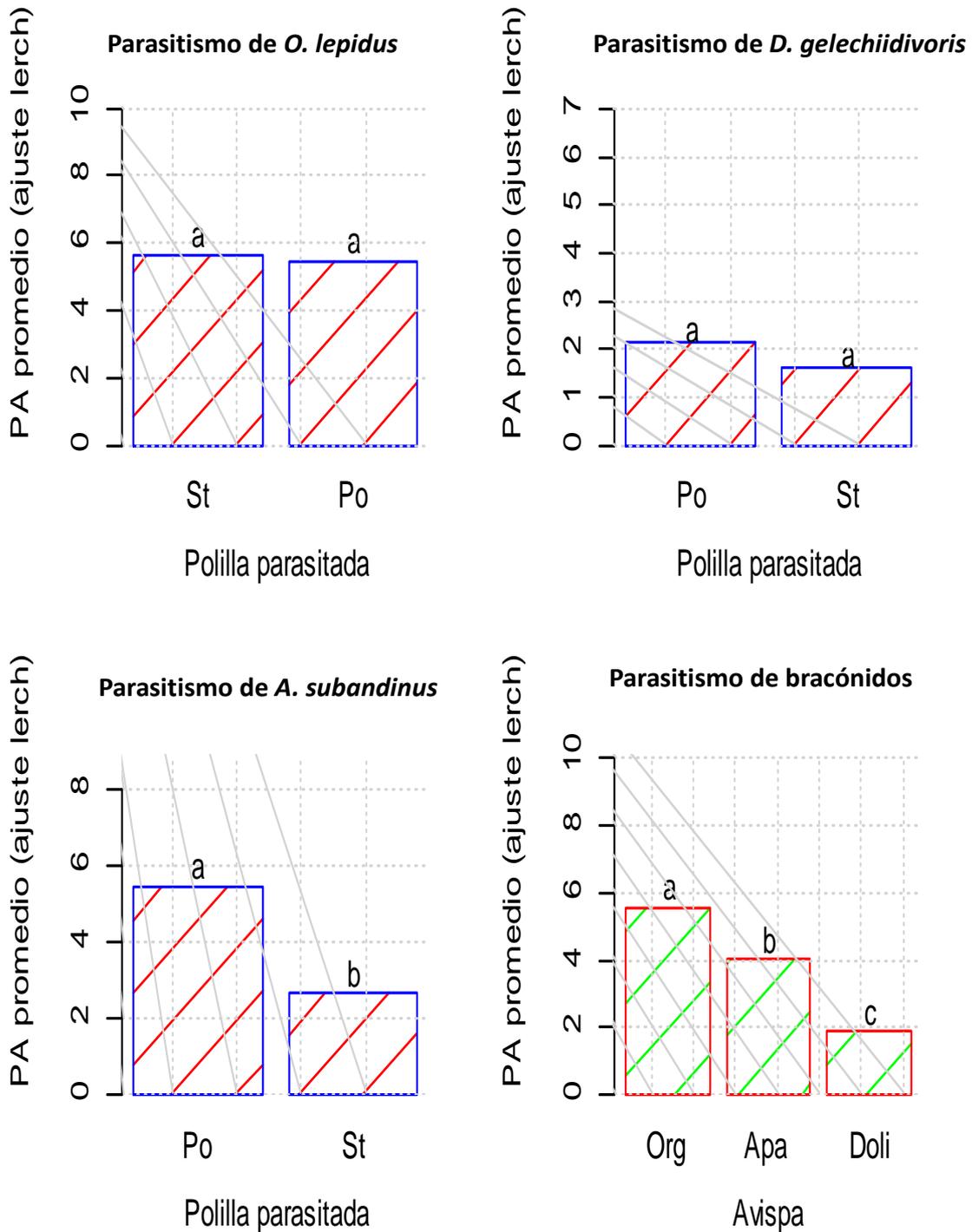
Los tres parasitoides fueron capaces de atacar a la polilla *S. tangolias*, pero en distintos porcentajes (Figura 1). El mayor parasitismo aparente se obtuvo a partir de *O. lepidus* (56.2%), seguido de *A. subandinus* (26.7%) y finalmente *D. gelechiidivoris* (16%), con el menor parasitismo aparente (Tabla 3).

**Tabla 4. Porcentaje promedio del parasitismo aparente de cada avispa sobre cada polilla.**

	<i>O. lepidus</i>	<i>A. subandinus</i>	<i>D. gelechiidivoris</i>
	<b>%<math>\bar{X}</math> ± D.S.</b>		
<b><i>P. operculella</i></b>	54.6% ± 28.7	54.4% ± 19	21.4% ± 16.4
<b><i>S. tangolias</i></b>	56.2% ± 23.2	26.7% ± 18.5	16.0% ± 10.6

\*% $\bar{X}$  es Porcentaje promedio de parasitismo

\*D.S. es desviación estándar



**Figura 1.** Parasitismo aparente (PA) promedio de cada parasitoide sobre cada polilla y sobre ambas polillas. Donde Po es *P. operculella* y St es *S. tangolias*. PA de *O. lepidus* (Org) sobre cada polilla (Sub gráfico 1), PA de *A. subandinus* (Apa) sobre cada polilla (Sub gráfico 2), PA de *D. gelechiidivoris* (Doli) sobre cada polilla (Sub gráfico 3) y PA de cada avispa sobre ambas polillas (Sub gráfico 4) (Tabla 3).

#### 4.1.1 Discriminación de hospederos

En las pruebas de discriminación se observó que para todos los casos, las varianzas fueron semejantes u homogéneas, según el estadístico de Bartlett. De esta manera, como los datos fueron próximos entre sí, cumplieron con la primera condición para el análisis de varianza (Tabla 5).

**Tabla 5. Prueba preventiva de Bartlett del índice de Savage de cada parasitoide sobre ambas polillas.**

##### Bartlett (Homogeneidad de varianzas)

	$X^2_{Bartlett}$	Valor Crítico
<b><i>O. lepidus</i></b>	0.23	3.84
<b><i>A. subandinus</i></b>	0.8e-02	3.84
<b><i>D. gelechiidivoris</i></b>	0.95	3.84

\*  $X^2_{Bartlett}$  Estadístico de prueba o estadístico de Bartlett

\*  $X^2_{Bartlett} > V.C.$  hay diferencia significativa

\* V.C. es Valor crítico

En el análisis de varianza encontramos que para el caso de *O. lepidus* la variabilidad de los índices de discriminación sobre ambas polillas fue semejante ( $p = 0.089$ ). Sin embargo en *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris* las varianzas mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6).

**Tabla 6. Análisis de varianza del índice de Savage de cada avispa sobre ambas polillas.**

**ANOVA (95%)**

	<b>Valor de F</b>	<b>Valor de p</b>
<b><i>O. lepidus</i></b>	0.908	0.089
<b><i>A. subandinus</i></b>	50.56	0.18e-06
<b><i>D. gelechiidivoris</i></b>	6.21	0.13e-04

\*p índice de probabilidad

\*p<0.05 hay diferencia significativa

Los valores de la probabilidad (valor de *p*) del índice de Savage (como efecto de discriminación) en *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris* fueron muy pequeños. Donde los valores más cercanos a cero demuestran que las varianzas son más distintas entre los tratamientos (Tabla 6).

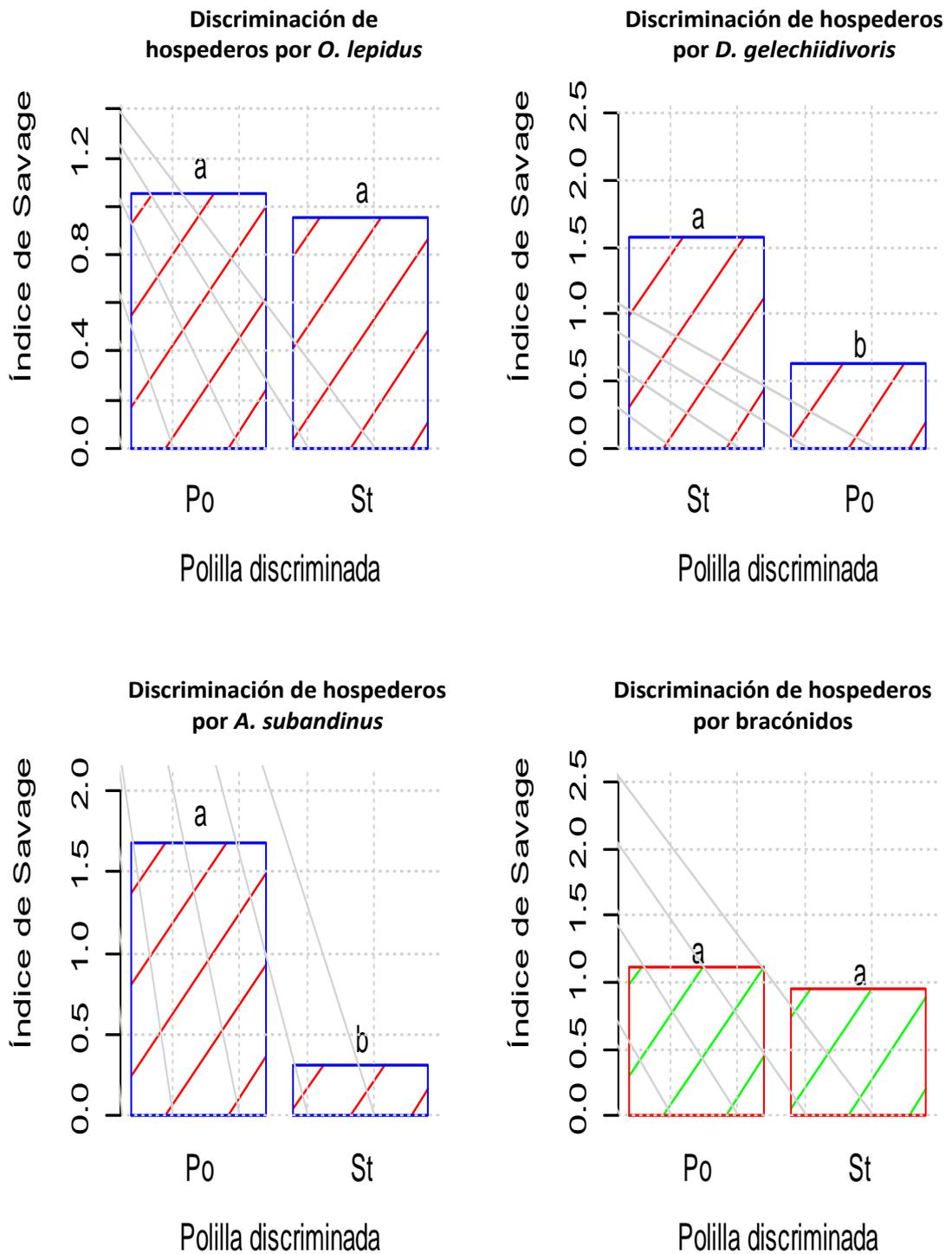
Por otro lado encontramos que *A. subandinus* obtuvo una mayor discriminación al momento de parasitar a *S. tangolias* (0.316 b); mientras que *D. gelechiidivoris* presentó una mayor discriminación al momento de parasitar a *P. operculella* (0.628 b) (Tabla 7).

**Tabla 7. Mínima diferencia significativa de la discriminación de cada avispa sobre cada polilla y su efecto combinado según el índice de Savage.**

	<b><i>O. lepidus</i></b>	<b><i>A. subandinus</i></b>	<b><i>D. gelechiidivoris</i></b>	<b><i>Org+Apa+Doli</i></b>
<b><i>P. operculella</i></b>	1.052 a	1.680 a	0.628 b	1.120 a
<b><i>S. tangolias</i></b>	0.954 a	0.316 b	1.570 a	0.947 a

\*Las letras distintas indican diferencias significativas

Por último, cuando se liberó a *D. gelechiidivoris* en un sistema con ambos hospederos, éste discriminó a *P. operculella*, es decir que tuvo más preferencia en parasitar a *S. tangolias* (1.57 a). Sin embargo, en *A. subandinus* ocurrió todo lo contrario, donde el hospedero discriminado fue *S. tangolias* (0.316 b) (Tabla 7, Figura 2).



**Figura 2.** Índice de Savage de cada parasitoide sobre cada polilla y de los tres parasitoides sobre cada polilla. Donde Po es *P. operculella* y St es *S. tangolias*. Índice de Savage de *O. lepidus* (Org) sobre cada polilla (Sub gráfico 1), Índice de Savage de *A. subandinus* (Apa) sobre cada polilla (Sub gráfico 2), Índice de Savage de *D. gelechiidivoris* (Doli) sobre cada polilla (Sub gráfico 3) e Índice de Savage de las tres avispa sobre cada polilla (Sub gráfico 4) (Tabla 7).

#### 4.1.2 Competencia de parasitoides

En todos los sistemas de competencia la variabilidad de los índices de parasitismo (para ambas polillas) fue diferente de manera significativa. En el sistema *Apa/Doli* fue donde se obtuvo la mayor variabilidad entre los resultados (menor estadístico de Bartlett). Con ello se ajustaron los datos a la transformación de Lerch (Tabla 8).

**Tabla 8. Prueba preventiva de Bartlett del índice de Soluk de cada grupo parasitario sobre cada polilla.**

##### Bartlett (Homogeneidad de varianzas)

	$X^2_{Bartlett}$	Valor Crítico
<b>Org/Apa</b>	2.443	3.841
<b>Org/Doli</b>	3.226	3.841
<b>Apa/Doli</b>	0.402	3.841
<b>Org/Apa/Doli</b>	2.491	3.841

\*  $X^2_{Bartlett}$  Estadístico de prueba o estadístico de Bartlett

\*  $X^2_{Bartlett} > V.C.$  hay diferencia significativa

\* V.C. es Valor crítico

\* Org es *O. lepidus*, Apa es *A. subandinus* y Doli es *D. gelechiidivoris*.

Con el análisis de varianza encontramos que en todos los grupos de competencia no existieron diferencias significativas dentro de los resultados de las pruebas, con lo que cada agrupamiento de parasitoides propuestos tuvo un efecto similar sobre cada hospedero (Tabla 9).

**Tabla 9. Análisis de varianza del índice de Soluk de cada grupo parasitario sobre ambas polillas.**

**ANOVA (95%)**

	<i>Valor de F</i>	<i>Valor de p</i>
<b><i>Org/Apa</i></b>	2.976	0.123
<b><i>Org/Doli</i></b>	3.89	0.084
<b><i>Apa/Doli</i></b>	3.823	0.086
<b><i>Org/Apa/Doli</i></b>	1.971	0.198

\* $p < 0.05$  hay diferencia significativa ( $p$  índice de probabilidad)

\* *Org* es *O. lepidus*, *Apa* es *A. subandinus* y *Doli* es *D. gelechiidivoris*.

El menor valor de  $p$  (donde se presenta la menor probabilidad de parasitación), se obtuvo a partir del sistema de competencia de *Org/Doli* ( $p = 0.084$ ), seguido por el sistema *Apa/Doli* ( $p = 0.086$ ) (Tabla 9).

Por otro lado se observó que el grupo de parasitoides formado por *O. lepidus* y *A. subandinus* fue el que presentó el mayor promedio de parasitación según el índice de Soluk (29.15 y 22.35, sobre *P. operculella* y *S. tangolias*, respectivamente), sin presentar diferencias significativas. Sin embargo, el menor valor alcanzado se obtuvo en el sistema de competencia de *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris* parasitando a *S. tangolias* (Tabla 10).

**Tabla 10. Mínima diferencia significativa de la competencia de cada grupo parasitario sobre cada polilla.**

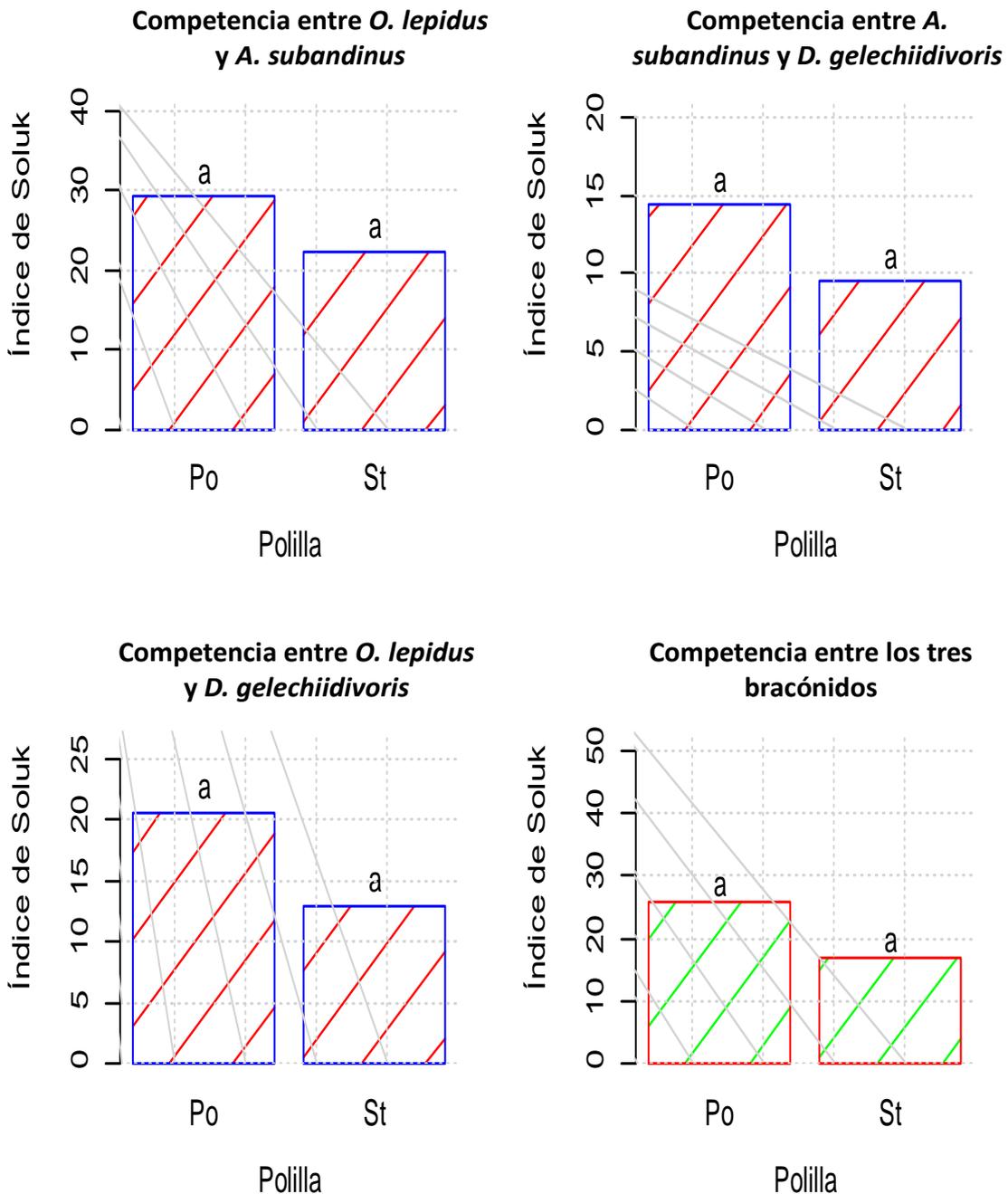
	<i>Org/Apa</i>	<i>Org/Doli</i>	<i>Apa/Doli</i>	<i>Org/Apa/Doli</i>
<b><i>P. operculella</i></b>	29.156 a	20.522 a	14.400 a	25.918 a
<b><i>S. tangolias</i></b>	22.358 a	12.944 a	9.544 a	17.060 a

\*Las letras distintas indican diferencias significativas

\* *Org* es *O. lepidus*, *Apa* es *A. subandinus* y *Doli* es *D. gelechiidivoris*.

Cuando se juntaron a los tres parasitoides en un mismo sistema, el índice de parasitación no fue la mayor de todos los tratamientos, pero fue la segunda mayor por detrás del grupo formado por *O. lepidus* y *A. subandinus*. No obstante el efecto parasítico ocasionado por este sistema fue similar cuando atacan a cada polilla por separado, donde además se apreció que no existieron diferencias significativas en los tratamientos de cada polilla como hospedero (Tabla 10).

Finalmente el mayor índice de parasitación obtenido sobre *S. tangolias* se registró en el grupo formado por *O. lepidus* y *A. subandinus*, y la menor se obtuvo en el grupo formado por *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris* (Tabla 10, Figura 3).



**Figura 3.** Índice de Soluk de cada parasitoide sobre cada polilla y de los tres parasitoides sobre cada polilla. Donde Po es *P. operculella* y St es *S. tangolias*. Índice de Soluk de *O. lepidus* con *A. subandinus* (Org/Apa) sobre cada polilla (Sub gráfico 1), Índice de Soluk de *O. lepidus* con *D. gelechiidivoris* (Org/Doli) sobre cada polilla (Sub gráfico 2), Índice de Soluk de *A. subandinus* con *D. gelechiidivoris* (Apa/Doli) sobre cada polilla (Sub gráfico 3) e Índice de Soluk de las tres avispas sobre cada polilla (Sub gráfico 4) (Tabla 10).

# CAPÍTULO V

---

## 5.1 DISCUSIONES

### 5.1.1 Efectividad parasitaria

Existen evidencias del parasitismo sobre *S. tangolias* con algunas avispas del género *Apanteles* (Wale *et al.*, 2008), y *D. gelechiidivoris* sobre *S. incertum* (Sánchez y Palacios, 1995). Sin embargo, a pesar de que se podría encontrar una mejor adaptación de estas avispas al parasitar larvas de la polilla Andina de la papa, hemos encontrado que la presencia de *O. lepidus* es recurrente en todos los sistemas de mayor eficiencia.

Precisamente, en el parasitismo aparente de los parasitoides evaluados pudimos observar que las tres avispas fueron capaces de parasitar a *S. tangolias*. Sin embargo los efectos sobre éste fueron distintos en cada parasitoide. Pero se destaca la capacidad de *O. lepidus* para atacar a ambas polillas, teniendo a *P. operculella* como el parámetro de medición del efecto parasitario sobre *S. tangolias*.

En el caso de *A. subandinus* el valor de  $p$  se encontró fuera del rango de confianza ( $p < 0.05$ ), con ello se evidencia que en efecto, existen diferencias significativas en el parasitismo aparente sobre una y otra polilla en este caso específico, es decir que el efecto parasitario de *A. subandinus* es mayor en una de las dos polillas estudiadas.

*O. lepidus* fue el que presentó el mayor índice sobre ambas polillas, alcanzando un 54% de parasitismo en *P. operculella* (Tabla

4), siendo menor en comparación a lo observado por Nieto (1989), el cual evidenció que esta avispa alcanzó el 73% de parasitismo sobre la misma polilla. Sin embargo en el sistema evaluado por Nieto las avispas dispusieron de una cantidad menor que la propuesta en este trabajo (20 larvas de polillas infestadas por tubérculos) y el número de avispas liberadas fue indeterminado. Por otra parte, según Lanfranco e Ide (2000), la densidad del parasitismo de *O. obscurator* atacando a *Rhyacionia buoliana* osciló entre los 11 – 16%, muy por debajo de lo encontrado por Nieto y aún menor a comparación de nuestro trabajo (a pesar de no tratarse de la misma especie, aunque sí del mismo género), pero se señala que la disponibilidad de las larvas de las polillas se encontraba por encima de las 200 por órgano vegetal (Ide *et al.*, 2007).

Por otro lado, cuando se compara la relación de la disponibilidad de polillas como hospedero para *O. obscurator* y su capacidad de parasitación, se observó que cuando se dispone de una cantidad menor de 30 larvas por órgano vegetal el porcentaje de parasitismo alcanzó sólo el 23% y cuando se dispuso de alrededor de 60 larvas por órgano vegetal, el porcentaje parasitario alcanzó el 98%. Con esto podemos decir que a mayor disponibilidad de larvas como hospedero, el porcentaje parasitario aumenta (asumiendo que el número de avispas liberadas es constante).

En el presente trabajo, el porcentaje de parasitismo alcanzado por *O. lepidus* sobre *P. operculella* estuvo en función a la disponibilidad de larvas del hospedero. Con relación al parasitismo sobre *S. tangolias* (56%), como los porcentajes entre una y otra polilla fueron similares, los resultados de la eficacia parasitaria de esta avispa sobre esta polilla fue óptima y la mejor alcanzada en relación a los tratamientos con las demás avispas (incluso la mejor alcanzada en relación al otro hospedero) (Tabla 4).

### 5.1.2 Discriminación de hospederos

Con relación a la discriminación de los hospederos, *O. lepidus* eligió a ambos hospederos en la misma proporción, lo que no sucedió con las otras avispas.

Llenderal *et al.*, (2000) explican que una vez confinado dentro de la larva, el huevo de *O. lepidus* se adhiere a estructuras internas como tubos de Malpighi, tejido graso, glándulas labiales y a la pared interna del intestino. De allí que los requerimientos para el desarrollo de la larva de la avispa se encuentre en estos tejidos. En función a los resultados de este trabajo, podemos decir que, como *O. lepidus* puede discriminar (o elegir) a ambos hospederos casi en la misma proporción, es probable que la larva de la avispa encuentre en las larvas de *S. tangolias* un medio muy similar para su desarrollo.

Sin embargo, según Greany y Oatman (1972<sup>a</sup>) las hembras de *O. lepidus* son capaces de diferenciar entre huéspedes previamente parasitados y no parasitados y que la selección del hospedero es regulada por medio de una hormona que la hembra deja al ovipositar (Greany y Oatman, 1972<sup>b</sup>). Una vez detectada la hormona, se desencadena una reacción química en las demás hembras que anuncia al resto que aquella larva ya fue parasitada, de esta manera la avispa busca las no parasitadas para colocar su huevo y así asegurar el desarrollo de su prole. Por esta razón, *O. lepidus* puede elegir a cualquiera de los hospederos en similar probabilidad.

Por otro lado, Felipe-Silvestre *et al.* (2005) encontraron que el compuesto químico que atrae al parasitoide es excretado por la larva de la polilla cuando consume el tubérculo de la papa. Como hemos visto, la reacción de cada avispa ante este compuesto es muy diferente, ya que para *O. lepidus* es indiferente la discriminación entre una y otra polilla. Sin embargo, para *A. subandinus* la discriminación se da en *S. tangolias* (es decir que *P. operculella* fue quien atraía a la

avispa, por ello fue la más atacada), mientras que para *D. gelechiidivoris* la discriminación se dio en *P. operculella* (es decir que quién estimulaba la liberación de la hormona de ubicación/atracción fue la larva de *S. tangolias*, por ello fue la más atacada por esta avispa).

### 5.1.3 Competencia de parasitoides

La coexistencia de un hospedero con dos parasitoides en un mismo sistema requiere de un balance entre la fecundidad y la supervivencia de las avispas; esto se produce más fácilmente si uno de los parasitoides ataca a la larva de la polilla antes, pero que emerja después que el otro (Lanfranco e Ide, 2000). De esta manera la avispa aseguraría el buen desarrollo de sus larvas para conservar su descendencia aun en competencia con otras especies, es decir que ambas especies de avispas no son afectadas por la competencia. Precisamente, en función a nuestros resultados vimos que algunas de las avispas evaluadas pudieron parasitar con éxito a las polillas estando en competencia con otros parasitoides. Tal es el caso de *O. lepidus* en los sistemas de competencia donde estuvo presente a diferencia del tratamiento donde estuvieron *A. subandinus* con *D. gelechiidivoris* (14% en *P. operculella* y 9.5% en *S. tangolias*).

Sin embargo, la interacción entre los parasitoides puede mostrar además un comportamiento previo que facilite el control de la plaga; como por ejemplo en *Rhyacionia buoliana*, polilla del brote del pino, donde la parasitación previa de las larvas de este hospedero por parte de *Orgilus obscurator* (Braconidae) incrementó la actividad parasítica de *Temelucha interruptor* (Ichneumonidae), es decir que este último parasitoide mostró una preferencia en atacar las larvas anteriormente parasitadas por *O. obscurator*, a diferencia de aquellas

que no fueron parasitadas previamente (Arthur *et al.*, 1964). Esto quiere decir que los sistemas de interacción de parasitoides no siempre resultan en competencia, dependiendo de las especies de avispas que se enfrenten. Por ello, en relación a nuestros resultados en las pruebas de competencia donde se incluyó a *O. lepidus*, no parece haber sido afectada esta avispa por la presencia de otra especie. Es decir que ambas especies lograron parasitar las larvas de las polillas aunque en distintas proporciones.

Dentro de la interacción de los parasitoides (uno de ellos *O. obscurator*) para el control de *R. buoliana*, se estima que al parecer no existe una competencia directa por los recursos. Aparentemente el resultado de este sistema de parasitoides ocurre en una “repartición del recurso”, donde el hecho se basa en seleccionar las larvas del hospedero de diferentes instares o bien en la habilidad que tiene la avispa hembra para diferenciar hospederos parasitados y no parasitados. Incluso se mencionan, como factores indirectos de este fenómeno, patrones de búsqueda de las larvas y la misma conducta del hospedero. Estos aspectos son importantes de abordar, no sólo para tomar decisiones de introducción de una especie con fines de control, sino también para evaluar en el tiempo la eficacia del control (Lanfranco e Ide, 2000).

Se ha mencionado también que la densidad del hospedero atacado puede disminuir o incrementar cuando se introduce un segundo parasitoide dentro del sistema. Sin embargo, siempre existe una especie de parasitoide que es más eficaz en controlar a la plaga, aunque en ocasiones este no puede tener éxito debido a la competencia con otra especie (Hackett-Jones *et al.*, 2009). En nuestras observaciones apreciamos que la competencia entre *O. lepidus* con *A. subandinus* alcanzó un mayor índice de parasitismo

(22%) a diferencia de la competencia de *O. lepidus* con *D. gelechiidivoris* (12%), sobre *S. tangolias*.

No se evidencia una clara competencia en los estados adultos, pero si a nivel de larvas; donde las larvas de *O. lepidus* muestran una mayor habilidad para desarrollarse dentro de su hospedero a diferencia de *A. subandinus* que finalmente queda desplazada. El resultado es un incremento en el porcentaje de parasitismo de *O. lepidus* en competencia con *A. subandinus*. Sin embargo, el porcentaje total fue mayor en el efecto del parasitismo pareado que en el efecto combinado con las tres avispas (Salehi, 2008).

Oatman (1969) mencionó que el ovipositor largo de las hembras de *O. lepidus* puede significar una ventaja al momento de la parasitación del hospedero. Este ovipositor puede alcanzar hasta los 4.51 mm en promedio (Oatman *et al.*, 1969) a diferencia de *A. subandinus* el cual sólo alcanza 1.38 mm (Bajonero *et al.*, 2008). Precisamente, los índices de parasitismo encontrados en nuestras evaluaciones siempre fue mayor cuando estaba presente *O. lepidus* en todas las pruebas realizadas. Esto en relación al comportamiento de la larva de la polilla que puede alejarse de la superficie del tubérculo como mecanismo de respuesta frente al ovipositor del parasitoide.

# CAPÍTULO VI

---

## 6.1 CONCLUSIONES

- Los tres braconidos fueron capaces de parasitar a *S. tangolias*, pero con distintos efectos.
- *O. lepidus* fue el que presentó la mayor eficacia con 56% de parasitación.
- *O. lepidus* puede parasitar a ambos hospederos en una proporción similar. sin embargo *A. subandinus* presenta preferencias de parasitación en *P. operculella*.
- En todos los sistemas de competencia donde estuvo presente *O. lepidus*, se alcanzó el más alto porcentaje de parasitismo (>50%), a diferencia de los grupos en donde esta avispa no estuvo presente.
- Cuando los tres braconidos se encuentran en un mismo sistema de competencia son capaces de parasitar a ambas polillas en idénticos porcentajes.
- Las ventajas de parasitación de *O. lepidus* en sistemas de competencia se debió a muchos factores, entre ellos el efecto hormonal, la parasitación previa y el largo del ovipositor de la hembra.

# CAPÍTULO VII

---

## 7.1 RECOMENDACIONES

- Estudiar la edad óptima de *S. tangolias* para la parasitación de cada parasitoide.
- Evaluar la eficiencia de los tres parasitoides en condiciones naturales de campo e invernadero.
- Evaluar la eficiencia de los tres parasitoides en otros órganos de la planta.
- Estudiar el efecto de superparasitismo en sistemas de competencia de parasitoides.
- Estudiar los factores que intervienen en la parasitación de algunas avispas sobre *S. tangolias* (secreción hormonal, muerte por introducción repetida del ovipositor, mortandad natural, entre otros).

# CAPÍTULO VIII

---

## 8.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, M. 1993. On the natural enemies of the potato-tuber moth *Phthorimaea operculella* in Egypt. Egypt. J. Agric. Res., 71 (4). 943 – 950.

ANDREW R., CALDERON R., CRESPO L., HERBAS J. Y LINO V. 1999. Biología y comportamiento de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. Cochabamba (Bolivia). Fundacion PROINPA. 1 – 99.

ARMAS A. 1975. Biología y comportamiento del gusano minador de las hojas y tallos *Phthorimaea operculella* en tabaco y berenjena. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú. P. 80.

ARTHUR A., STAINER J. Y TURNBULL A. 1964. The interaction between *Orgilus obscurator* (Nees) (Hymenoptera: Braconidae) and *Temelucha interruptor* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasites of the pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae). The Canadian Entomologist 96: 1030 – 1034.

BAJONERO J., CÓRDOBA N., CANTOR F., RODRÍGUEZ D. Y CURE J. 2008. Biología y ciclo reproductivo de *Apanteles gelechiidivoris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Bogotá, Colombia. Agronomía Colombiana, 26 (3): 417 – 426.

BARRAGÁN, A. 2005. Identificación, Biología y Comportamiento de las Polillas de la papa en el Ecuador. PROMSA-MAG, PUCE. 12 pp.

BOGRAN C., HEINZ K. Y CIOMPERLIK M. 2002. Interspecific competition among insect parasitoids: Field experiments with whiteflies as hosts in cotton. *Ecology*, 83(3): 653 – 668.

CABI. 2015. *Phthorimaea operculella*. Potato Tuber Moth. Natural enemies. Disponible en: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/40686> (Revisado el 14/12/2015)

CALLAN E. 1974. Changing Status of the parasites of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelichiidae) in Australia. *McC. Entomophaga* 19: 97 – 101.

CAÑEDO V. Y 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. P. 24.

CARPIO C. 2008. Evaluación de la eficiencia de diferentes formulaciones bioplaguicidas virales y de un insecticida químico para el control de *Tecia solanivora* (Povolny) y *Symmetrischema plaesiosema* (Turner) en papa almacenada en una localidad del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Tesis para optar el título de ingeniero agropecuario. Escuela Politécnica del Ejército. P. 81.

CERVANTES M. 2000. Ciclo biológico, etología y control de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias*. Tesis Ing. Agr. Cochabamba (Bolivia). Universidad Mayor de San Simón, Facultad de ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales. P. 56.

CIP. 1988. Manejo integrado de plagas de la papa en países del tercer mundo. Circular del Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima. 16(1): 1 – 12.

CISNEROS, F. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Segunda Edición. Auspiciado por AGCIS Electronics. Lima-Perú. P. 313.

COSCOLLA, R. 1980. Aproximación al estudio del parasitismo natural sobre *Lobesia botrana* Den. y Schiff. en las comarcas vitícolas valencianas. Bol. Sen. Plagas, 6: 5 – 15.

DANGLES O., CARPIO C., BARRAGAN A., ZEDDAM J. Y SILVAIN J. 2008. Temperature as a key driver of ecological sorting among invasive pest species in the Tropical Andes. Ecological Applications 18: 1795 – 1809.

DEBNATH, M. Y BORAH, B. 2002. Record of natural enemies of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Assam. Journal Insect Environment 8 (4): 161 – 162.

DELGADO M. Y AGUILAR P. 1982. El cultivo de papa. Apuntes sobre el control biológico integrada de las plagas agrícolas en el Perú. Rev. Per. Ent. 23: 102 – 104.

DOMINGUEZ I., LLANDERAL C. Y NIETO R. 2000. *Pristomerus spinator* Fabricius (Hymenoptera: Ichneumonidae), un parasitoide de la palomilla de la papa. Texcoco, México. Agrocencia 34 (5): 611 – 617.

EGÚSQUIZA R. Y LA ROSA G. 2012. Manejo integrado de plagas en el cultivo de papa. Oficina académica de extensión y proyección social. UNALM – AGROBANCO. P. 36.

ESPINEL-CORREAL C., LÓPEZ-FERBER M., ZEDDAM J., VILLAMIZAR L., GÓMEZ J., COTES A. Y LÉRY X. 2012. Experimental mixtures of *Phthorimaea operculella* granulovirus isolates provide high biological efficacy on both *Phthorimaea operculella* and *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). J Invertebr Pathol, 110(3): 81 – 375.

FAO. 2008. Gestión de plagas y enfermedades. La lucha contra las plagas y enfermedades mediante la aplicación intensiva de insecticidas y fungicidas. Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/plagas.html> (Revisado el 08/05/2014).

FELIPE–SILVESTRE J., GOMEZ J., BARRERA J. Y ROJAS J. 2005. Respuesta comportamental del parasitote *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethylidae) a estímulos químicos de su huésped *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). Vedralia 12: 139 – 148.

FIGUEREDO L., BESERRA P., PEROZO J., MONASTERIO P. Y PIÑANGO L. 2010. Parasitoides y parasitismo sobre el complejo taladrador de la caña de azúcar en los valles Turbio y Yaracuy, Venezuela. Rev. Unell. Cienc. Tec. 28: 55 – 60.

GAULD, I. 1980. Notes on an economically important species of *Temelucha* Forster (Hymenoptera: Ichneumonidae) and a preliminary key to Australian species. Bulletin of Entomological Research. 70, 43 – 47.

GODFRAY, H. 1994. Parasitoids, Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. P. 488.

GONZÁLEZ H. Y BURGOS D. 2000. Los Braconidos (Hymenóptera: Braconidae) como grupo parámetro de biodiversidad en las selvas deciduas del trópico: Una discusión acerca de su posible uso. Acta Zoológica de México. 79: 43 – 56.

GOETTEL J. 2005. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In: L. Gilbert, K. Iatrou and S. Gill, Editors, Comprehensive Molecular Insect Science, Elsevier, Boston 6: 361 – 406.

GREANY P. Y OATMAN E. 1972<sup>a</sup>. Demonstration of host-discrimination in the parasite, *Orgilus Lepidus* (Hymenoptera: Braconidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 65: 6 – 375.

GREANY P. Y OATMAN E. 1972<sup>b</sup>. Analysis of host discrimination in the parasite *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 65: 377 – 83.

GREZ A., RIVERA P. Y ZAVIEZO T. 2017. Foliar and ground-foraging predators of aphids associated with alfalfa crops in Chile: Are they good or bad partners?. *Biocontrol Science and Technology*, 17(10): 1071 – 1077.

HACKETT-JONES E., COBBOLD C. Y WHITE A. 2009. Coexistence of multiple parasitoids on a single host due to differences in parasitoid phenology. *Theoretical Ecology*, 1 (2): 19 – 31.

HERBAS, J. 1994. Ensayo en almacenes de agricultores, desinfección de almacén, tratamientos y evaluaciones en Tarija. En: informe Anual 1993-94 IBTA-PROINPAS. Cochabamba, Bolivia 44 – 46.

IDE S., LANFRANCO D Y RUIZ C. 2007. Detección de superparasitismo y multiparasitismo sobre larvas de *Rhyacionia buoliana* (Lepidoptera-Tortricidae) en las Regiones VIII y IX de Chile. *BOSQUE* 28(1): 57-64.

KROSCHEL, J. 1995. Integrated Pest Management in Potato Production in the Republic of Yemen with Special Reference to the Integrated Biological Control of the Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* Zeller). Margraf Verlag, Germany. P. 28.

LAGNAOUI A., 2000. Estado actual del uso de feromonas sexuales en el Centro Internacional de la Papa (CIP). En: Arning I. y Lizarraga A. (eds) Control etológico: uso de feromonas, trampas de colores y de luz para el control de plagas en la agricultura sostenible. RAAA. Lima, Perú. 73 – 88.

LANFRANCO D. E IDE S. 2000. Establecimiento de *Orgilus obscurator* y niveles de parasitismo sobre *Rhyacionia buoliana* entre la Séptima y Décima Regiones de Chile. BOSQUE 21(2): 111-126.

LARRAÍN, P. 2001. Polilla del tomate y su manejo integrado. Informativo N° 1 INIA Intihuasi. Disponible en:  
<http://www2.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/informativos/Informativo-01.pdf> (Revisado el 12/05/2014).

LERCH, G. 1977. La experimentación en las ciencias Biológicas y Agrícolas, Editorial Científico Técnica, La Habana. P. 452.

LLANDERAL C., NIETO R. Y FÉLIX N. 2000. Capacidad reproductiva de *Orgilus* sp. (Hymenoptera: Braconidae) un parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Agrociencia, 34: 75 – 82.

LLOYD, D. 1972. Some South American parasites of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) and remarks on those in other continents. Commonwealth Inst. Bio. Control. Commonwealth Agric. Bureaux, Tech. Bull. 15:35 – 19.

MALAVAR M. 2001. Conservación de la semilla de la papa utilizando productos naturales en (Chanta Alta, Cajamarca, Perú). Intermediate Technology Development Group. ITDG – Perú. 12 p.

MAMANI D. 2008. Control biológico e interacción de baculovirus PoGV, y *Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki* sobre polilla de la papa: *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen) [Lepidoptera: Gelechiidae]. Tesis para optar al grado académico de Magíster en Biotecnología. Facultad de farmacia y bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 146 p.

MÁRQUEZ J., MOTTA V., RALDA G. Y REYES J. 2005. Estudio de la Eficiencia de los Parasitoides Larvales Utilizados en el Control del Barrenador

del Tallo. Campo. Finca Albania (Pantaleón), Finca Guanipa (Ingenio La Unión) y Finca La Pinta (Ingenio Santa Ana). Guatemala, CENGICAÑA. 131 – 145.

MARTÍNEZ H., MONTES J. Y YEPES F. 2010. Evaluación de prácticas de manejo de la polilla de las flores de lulo *Symmetrischema insertum* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Facultad Nacional de Agronomía. 63 (1): 10 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA DEL PERÚ – MINAG. 2011. La papa nuestra de cada día. Disponible en: <http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/LA-PAPA-NUUESTRA-DE-CADA-DIA.pdf> (Revisado el 08/06/2015).

MONTENEGRO J. 2008. Programa innovador para evaluar uso y preferencia de hábitat. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Facultad de Ciencias. UNIVERSITAS SCIENTIARUM, 13 (2): 2018 – 217.

NIETO C. 2002. Evaluación del control etológico de la polilla de la papa *Symmetrischema tangolias* y *Phthorimaea operculella* (Zeller), con feromonas en condiciones de campo en Challamba – Paucartambo – Cusco. Proyecto Aprovechamiento y manejo sostenible de la Reserva de la Biosfera y Parque Nacional del Manu. PRO – MANU. P. 23.

NIETO H., PARADA M. Y ROCHA R. 1989. Parasitismo larvario sobre *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el municipio de León, Guanajuato. XXIV Congreso Nacional de Entomología. Soc. Mexicana de Entomología. 21 al 24 de mayo. Oaxtepec, Morelos. P. 198.

OATMAN E., PLATNER G., Y GREANY P. 1969. The biology of *Orgilus lepidus* (Hymenoptera; Braconidae), a primary parasitoid of the potato tuberworm. *Annals of the Entomological Society of America*, 62: 1407 – 1414.

ODEBIYI J. Y OATMAN E. 1972. Biology *Agathis gibbosa* (Hymenoptera: Braconidae). Primary parasite of the potato tuberworm. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 64:1104 – 1114.

OJEDA D, Y CASTRO A. 1972. Introducción al estudio de los gelechidos en el norte peruano. *Rev. Per. Entom.* 15 (1): 125 – 131.

ORTEGA E. Y FERNÁNDEZ S., 1995. Manejo integrado de la polilla minadora de la papa *Pthorimaea operculella* Zeller. Maracay, Venezuela, FONAIAP, PROCINDINO, PRACIPA. 9 – 60 p.

PAPP J. 2013. Eleven New *Mirax haliday*, 1833 species from Colombia and Honduras and key to the sixteen Neotropical *Mirax* species (Hymenoptera: Braconidae: Miracinae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 59(2): 97–129.

POLLET A. Y BARRAGÁN A. 2003. Informe del Proyecto PROMSA: Identificación de factores de mortalidad de la polilla guatemalteca en cultivos y bodegas en el Ecuador. Quito, Ecuador. PUCE (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, EC) / IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo, FR). P. 67.

POZO M. 1990. Isolation, identification and synthesis of the sex pheromone of *Symmetrischema tangolias*. *J. Chem. Ecol.*, 21: 2003 – 2013.

PUCCI C., SPANEDDA F. Y MINUTOLI E. 2003. Field study of parasitism caused by endemic parasitoids and by the exotic parasitoid *Copidosoma koehleri* on *Phthorimaea operculella* in Central Italy. Bulletin of Insectology, 56 (2): 221 – 224.

PROINPA. 1999. Biología y Comportamiento de la Polilla de la Papa *Symmetrischema tangolias*. Proyecto MIP – POLILLA, Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) Publicación co-financiada por el Proyecto Papa Andina. Cochabamba - Bolivia. Ficha técnica No 2: P. 5.

RAMAN, K. Y ALCÁZAR, J. 1988. Biological control of the potato tuber (*Phthorimaea operculella* Zeller) using granulosis virus in Perú. Second Triennial Conference of the Asian Potato Association. 12 – 26.

RAZURI R. V. 1987. Insectos de la papa; El cultivo de la papa con énfasis en la producción de semillas. Programa de Investigaciones y Proyección Social en Papa-UNALM. 215 – 232.

REDOLFI I. 1994. Diversidad de braconidos en el Perú. Revista Peruana de Entomología. 37: 11 – 22.

SALEHI, L. 2002. Investigation on host finding behavior of the two parasitoids of potato tuber moth in a flight tunnel. Journal of Agriculture, Science and Technology. (Iran). ISSN 1680-7073. 4(3): 95 – 102.

SÁNCHEZ R. Y AQUINO V. 1986. La polilla de la papa *Symmetrischema plaesiosema*. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Lima. P. 21.

SÁNCHEZ R. Y PALACIOS M. 1995. Capacidad de oviposición de *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae). Rev. Per. Ent. 38: 63 – 64.

THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING. 2014. Disponible en: <https://www.r-project.org/> (Revisado el 12/04/2014).

TOVAR H., BAUTISTA N. Y VERA J. 2007. Fluctuación poblacional y parasitismo de larvas de *Copitarsia decolora* Guenée, *Plutella xylostella* L. y *Trichoplusia ni* Hübner (Lepidoptera) en *Brassica oleracea* L. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 23(2): 183 – 196.

TRIPLEHORN C. Y JOHNSON N. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, USA, P. 864.

VARGAS M. 2003. Caracterización de tres cepas de *Beauveria brongniartii* (Saccardo) Petch y su virulencia en *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen). Tesis para optar el título de Biólogo. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. P. 127.

VERA V. 2009. Efecto de las variaciones climáticas en el comportamiento de dos polillas (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en el cultivo de papa en comunidades del Altiplano Central. UNALM-CIP. Perú. Wp: 1 – 9.

WALE S., PLATT H. Y CATTLIN N. 2008 – Diseases, Pests and Disorders of Potatoes. Color Handbook. Academic Press, United States of America, San Diego. P. 382.

YANGGEN D., CRISMAN C., Y ESPINOSA P. (eds). 2003. Los plaguicidas: Impactos en la producción salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. CIP, INIAP. P. 199.

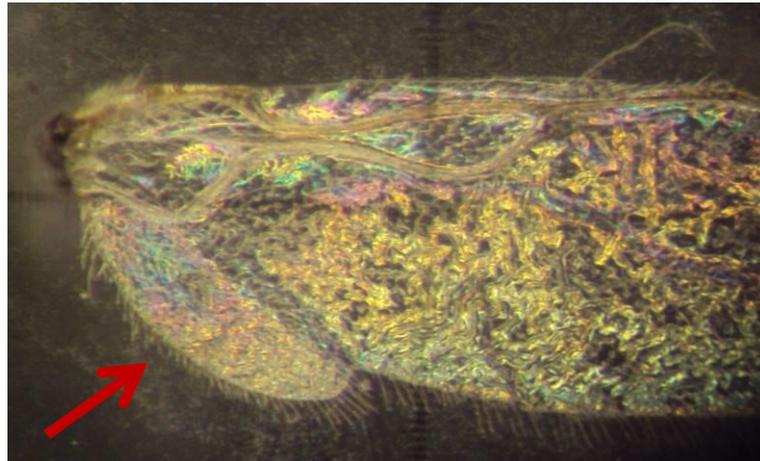
# CAPÍTULO IX

---

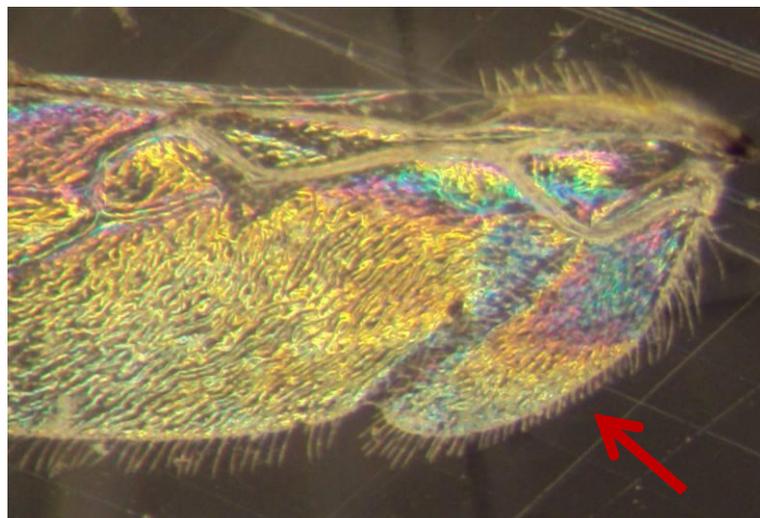
## 9.1 ANEXOS

### 9.1.1 Galería fotográfica

#### 9.1.1.1 Reconocimiento de *A. subandinus* y *D. gelechiidivoris*

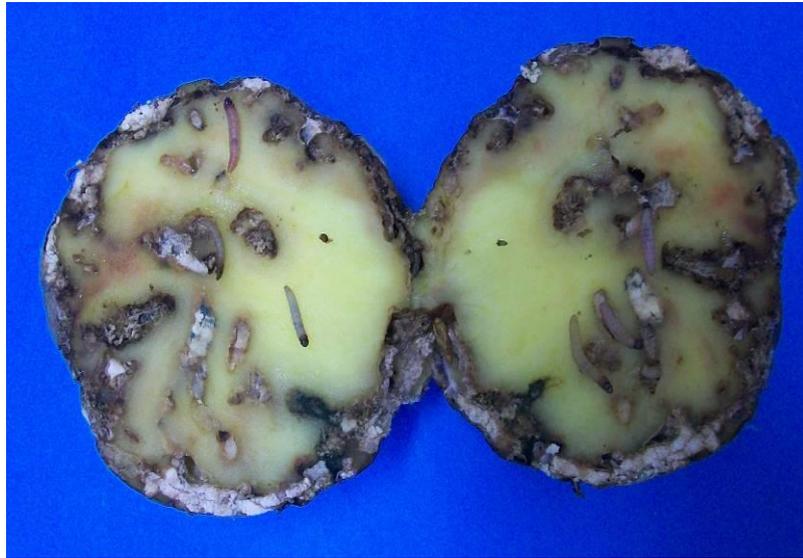


**Fotografía 1.** Ala anterior de *D. gelechiidivoris*, donde se muestra el borde del lóbulo vanal curvo y con pilosidad uniforme.



**Fotografía 2.** Ala anterior de *A. subandinus*, donde se muestra el borde del lóbulo vanal cóncavo y con pilosidad disminuida en la concavidad.

### 9.1.1.2 Sistema de masificación de hospederos



**Fotografía 3.** Tubérculos de papa infestados con larvas de *P. operculella* del cuarto instar.



**Fotografía 4.** Tubérculos de papa infestados con larvas de *S. tangolias* del cuarto instar.

### 9.1.1.3 Masificación de parasitoides



**Fotografía 5.** Rodajas de tubérculos infestadas con larvas de *P. operculella* recién emergidas.



**Fotografía 6.** Bandejas selladas conteniendo las rodajas de papas infestadas para el desarrollo de las larvas de las polillas.



**Fotografía 7.** Exposición de las rodajas de papas infestadas con las polillas a la parasitación de las avispas.

#### **9.1.1.4 Desarrollo de las avispas en los sistemas de masificación**



**Fotografía 8.** Cocones de las avispas formadas sobre las rodajas de papas infestadas con las larvas de las polillas.



**Fotografía 9.** Larva de la avispa emergida de la larva del hospedero.

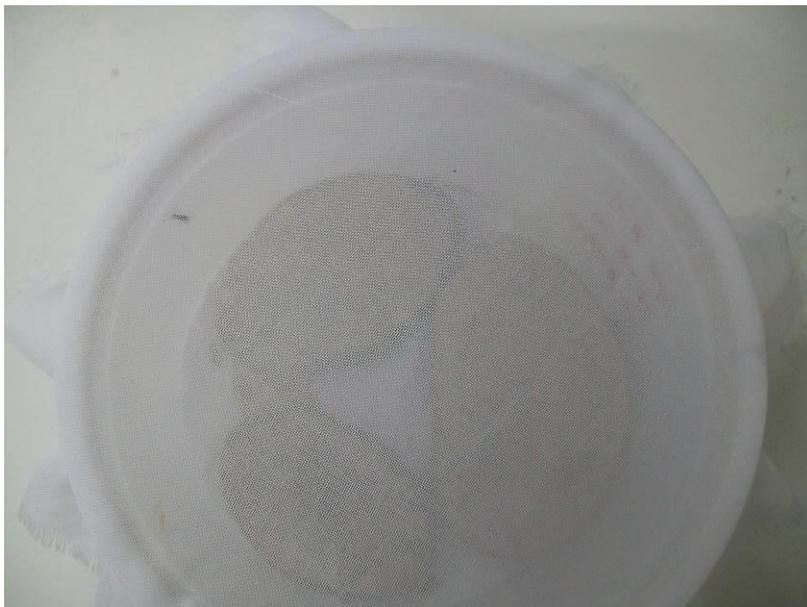


**Fotografía 10.** Pupa de la avispa formada antes de la formación del cocón.

### 9.1.1.5 Recuperación de parasitoides para las pruebas



**Fotografía 11.** Envases conteniendo las rodajas de papas infestadas con larvas de polillas parasitadas por las avispas.



**Fotografía 12.** Avispa adulta emergida dentro del envase de recuperación según el sistema anterior.