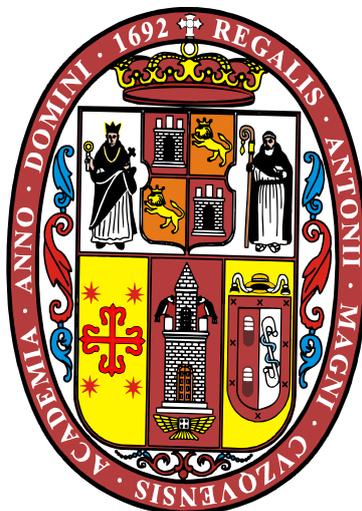


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

ESTUDIO DE LA INTERACCION DE LA MOSCA DE LA SEMILLA *Delia platura* Meigen (Diptera: Anthomyiidae) CON *Lupinus mutabilis* y *Brassica oleracea* EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, ECUADOR

PRESENTADO POR:

Bach. PATRICIA CECILIA GUERRA BUSTIOS

Para optar al Título Profesional de BIÓLOGO

ASESOR:

Dr. Erick Yabar Landa

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: ESTUDIO DE LA INTERACCION DE LA MOSCA DE LA SEMILLA *Delia platura* Meigen (Diptera: Anthomyiidae) con *Lupinus mutabilis* y *Brassica oleracea* EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, ECUADOR

presentado por: Patricia Cecilia Guerra Bustos con DNI Nro.: 40130222 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Biólogo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de Agosto de 2024

[Firma]
Firma
Post firma Erick Haber Landq
Nro. de DNI 73954648
ORCID del Asesor 0000-0003-2389-4417

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:374860039

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Patricia Guerra 21 agosto 2024.pdf

AUTOR

Patricia Guerra

RECuento DE PALABRAS

16586 Words

RECuento DE CARACTERES

90896 Characters

RECuento DE PÁGINAS

83 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.6MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 21, 2024 10:31 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 21, 2024 10:33 AM GMT-5

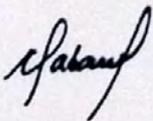
● 1% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN	III
INTRODUCCIÓN	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VII
JUSTIFICACIÓN	VIII
OBJETIVOS	IX
OBJETIVO GENERAL.....	IX
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	IX
HIPÓTESIS.....	X
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEORICO	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 BASES TEORICAS	6
1.2.1. El cultivo de <i>Lupinus mutabilis</i> en los Andes de Ecuador.....	6
1.2.1.1. Características del tarwi, <i>Lupinus mutabilis</i>	6
1.2.1.2. Posición taxonómica de <i>L. mutabilis</i> según Sweet (1825)	7
1.2.2. El cultivo de <i>Brassica oleracea</i> en los Andes de Ecuador	7
1.2.2.1. Características de <i>Brassica oleracea</i>	8
1.2.2.2. Posición taxonómica de <i>B. oleracea</i> L. var <i>Italica</i> según Plenck (1974).....	8
1.2.3. La mosca de la semilla <i>Delia platura</i>	9
1.2.3.1. Posición taxonómica de <i>Delia platura</i> según Meigen (1986).....	9
1.2.3.2. Descripción de la morfología de la mosca de la semilla de acuerdo a Gill et al. (2013)	10

1.2.3.3.	Descripción de los órganos sensoriales de la mosca de semilla	11
1.3	DEFINICION DE TERMINOS.....	12
1.3.1.	Interacciones planta-insecto	12
1.3.2.	Especialización en plantas hospederas.....	13
1.3.3.	Rango de plantas hospederas	14
1.3.4.	Proceso de elección del hospedero.....	14
1.3.5.	Detección de los compuestos de orientación	16
1.3.6.	Pruebas de olfatometría	18
1.3.7.	Preferencia y performance de insectos debajo del suelo	21
CAPÍTULO II	.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	.....	24
2.1.	Área de estudio.....	24
2.1.1.	Ubicación política	24
2.1.2.	Límites del cantón Saquisilí	24
2.1.3.	Clima.....	25
2.2.	MATERIALES.....	27
2.2.1.	Material biológico	27
2.2.2.	Materiales de campo: Para la colecta de la mosca de la semilla	27
2.2.3.	Materiales de laboratorio: Para la dieta artificial, crianza y pruebas performance y de preferencia de la mosca de la semilla	27
2.2.4.	Software	29
2.3.	METODOLOGIA	30
2.3.1.	Fase de campo:	30
2.3.2.	Fase de Laboratorio.....	30
2.4.	Análisis de datos.....	34
2.4.1.	Análisis de datos de las pruebas de performance de la mosca de la semilla ...	34
2.4.2.	Análisis de datos de las pruebas de preferencia de la mosca de la semilla	35
CAPITULO III	.....	36
RESULTADOS	.....	36
3.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PERFORMANCE DE LA MOSCA DE LA SEMILLA	.....	36
3.1.1.	Número de larvas	36
3.1.2.	Número de pupas	37
3.1.3.	Número de adultos	38
3.1.4.	Peso de pupas	39

3.2. Resultados de las pruebas de preferencia de la mosca de la semilla.....	41
3.2.1. Preferencia de las moscas adultas criadas en la dieta artificial.....	42
3.2.3. Preferencia de las moscas adultas criadas en <i>Lupinus mutabilis</i>.....	43
3.2.2. Preferencia de las moscas adultas criadas en <i>Brassica oleracea</i>.....	43
3.3. Pruebas de Mann Whitney para determinar cuál o cuáles son los estímulos que atrajeron a las moscas adultas a <i>B. oleracea</i>, <i>L. mutabilis</i>, dieta artificial y envase vacío 44	
DISCUSIÓN	46
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico de la mosca de la semilla <i>Delia platura</i> (Diptera: Anthomyiidae). 11	11
Figura 2. (a) Adulto de la mosca de la semilla mostrando las antenas (circulo naranja), consideradas como órganos sensoriales. (b) Antena del tipo aristada de la orden Diptera (c) Detalle de las antenas de un díptero de la familia Sarcophagidae mostrando las antenas (vista frontal de la cabeza) 12	12
Figura 3. Eventos conductuales y señales químicas que conducen a la ovipostura de un insecto. 16	16
Figura 4. Elementos de la percepción del olor en insectos fitófagos..... 17	17
Figura 5. Esquema de un olfatómetro (tubo en Y) conectado a dos estímulos A y B. 19	19
Figura 6. Esquema de un olfatómetro de cuatro vías/puertos..... 20	20
Figura 7. Provincia de Cotopaxi mostrando la ubicación la parroquia de Canchagua 25	25
Figura 8. Climatodiagrama del Cantón de Latacunga, provincia de Cotopaxi.....26	26
Figura 9. Comparación del número promedio de larvas de mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de <i>B. oleracea</i> y <i>L. mutabilis</i> 37	37
Figura 10. Comparación del número de pupas de la mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de <i>B. oleracea</i> y <i>L. mutabilis</i> 38	38
Figura 11. Comparación del número de adultos la mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de <i>B. oleracea</i> y <i>L. mutabilis</i> 39	39
Figura 12. Comparación del peso de pupas de la mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de <i>B. oleracea</i> y <i>L. mutabilis</i> 40	40
Figura 13. Porcentaje de supervivencia de la mosca de la semilla <i>D. platura</i> (estados de larva, pupa y adulto) criadas en plántulas de <i>B. oleracea</i> y <i>L. mutabilis</i> 41	41
Figura 14. Preferencia de hembras grávidas de la mosca de la semilla criadas en la dieta artificial expuestas a los estímulos <i>B. oleracea</i> , vacío, <i>L. mutabilis</i> y suelo..... 42	42
Figura 15. Preferencia de hembras grávidas de <i>D. platura</i> criadas en <i>L. mutabilis</i> expuestas a los estímulos <i>B. oleracea</i> (brócoli), vacío, <i>L. mutabilis</i> y suelo..... 43	43
Figura 16. Preferencia de hembras grávidas de <i>D. platura</i> criadas en <i>B. oleracea</i> expuestas a los estímulos <i>B. oleracea</i> , vacío, <i>L. mutabilis</i> y suelo. 44	44
Figura 17. Método de manipulación conductual de insectos: atraer y aniquilar a la plaga.....50	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudios que reportan la oviposición de los insectos influenciada por raíces 23	23
Tabla 2: Número promedio de pupas obtenidas en el ensayo de performance de la mosca de la semilla <i>D. platura</i> , 40	40
Tabla 3. Tabla resumen de resultados de las pruebas de preferencia..... 45	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Huevos de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) encima de tallos de del brócoli (<i>B. oleracea</i>).....	57
Anexo 2. Huevos de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) puestos encima del suelo y debajo de materia orgánica en descomposición. (Fuente propia).....	57
Anexo 3. Larva de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) mostrando ganchos negros en la boca.	58
Anexo 4. Larvas de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) alimentándose cotiledones del tarwi (<i>L. mutabilis</i>).....	58
Anexo 5. Pupas de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) a lado de los restos del brócoli (<i>B. oleracea</i>) (sub crianza en laboratorio).	59
Anexo 6. Pupas de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) colectadas de la crianza masal.	59
Anexo 7. Adultos de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) en cámaras de crianza.	60
Anexo 8. Adulto de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>), parte ventral.	60
Anexo 9. Bandeja de crianza con dieta artificial puesta encima de suelo esterilizado	61
Anexo 10. Dieta artificial lista para ponerlas en las cámaras de crianza.	61
Anexo 11. Estación Experimental Santa Catalina, Quito-Ecuador.....	62
Anexo 12. Lugar de colecta de pupas de la mosca de la semilla de campo totalmente devastado (100% de perdidas) en la parroquia de Canchagua en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi	62
Anexo 13. Pupas colectadas de <i>D. platura</i> en la parroquia de Canchagua en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi.....	63
Anexo 14. Unidad experimental para pruebas de performance.....	63
Anexo 15. Registro de pupas de la mosca de la semilla (<i>D. platura</i>) en pruebas de desempeño	64
Anexo 16. Conteo y separación de pupas criadas en tarwi (<i>L. mutabilis</i>) y brocoli (<i>B. oleracea</i>) para las pruebas de desempeño.	65
Anexo 17. Cámaras de crianza de <i>D. platura</i> en laboratorio de crianza del PRONALEG-GA, Estación Experimental Santa Catalina	66
Anexo 18. Cámara de crianza con adultos de <i>D. platura</i> mostrando bandejas de ovipostura.	66
Anexo 19. Olfatómetro de 4 cuatro vías. Se muestra la arena donde son puestos los individuos de <i>D. platura</i> para as pruebas de preferencia que a su vez es conectada a los recipientes de captura y estos a los estímulos. La arena tiene un hoyo en la parte inferior.	67
Anexo 20. Montaje de olfatómetro de 4 vías antes de empezar las pruebas de olfatometría..	67

DEDICATORIA

A mi familia y amigos.

A Javier y Daniela.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Erick Yabar Landa, asesor de la tesis, quien brindó su apoyo total para su finalización.

A mi gran amigo el Ingeniero, Diego Mina, quien me asistió tanto en la fase de campo como en la fase de laboratorio de este trabajo.

Al MSc. Eduardo Peralta, quien facilitó el material, laboratorios y el transporte a los lugares de muestreo, además de su gran conocimiento sobre el tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Ecuador.

Al Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación Experimental Santa Catalina en Quito, Ecuador.

A la Fundación MckNight y al proyecto “Apoyo a la seguridad alimentaria en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Cañar en Ecuador; a través de los cultivos de quinua, chocho y amaranto”.

RESUMEN

La hipótesis de preferencia y performance (HPP) propone que existe una relación positiva entre la preferencia de un insecto hembra al oviponer en un hospedero y el desarrollo de la progenie de esta sobre el mismo. En la actualidad existe evidencia contradictoria sobre esta hipótesis ya que se han encontrado tanto resultados que apoyan a dicha hipótesis como resultados que no la respaldan, en especial en insectos polívoros. El tarwi, *Lupinus mutabilis* (Sweet), es considerado un cultivo de gran importancia para los pobladores de los Andes de Ecuador, uno de los problemas que afecta negativamente el rendimiento del cultivo en estado de semilla y plántula es el ataque de la mosca de la semilla *Delia platura* (Meigen). El tarwi no es considerado como un hospedero de la mosca de la semilla más sí lo son las plantas de la familia Brassicaceae como el brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el brote de la mosca de la semilla en *L. mutabilis* estaría íntimamente relacionada con la introducción de *B. oleracea* ya que los terrenos utilizados para su cultivo son posteriormente usados para cultivar *L. mutabilis*. En función a lo expuesto, esta tesis propuso poner la prueba la HPP evaluando la preferencia de la mosca de la semilla por plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea*, la performance de la mosca de la semilla en plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea*. Se evaluó la preferencia de oviposición de la mosca de la semilla mediante pruebas de olfatometría y la performance mediante el conteo del número de larvas, pupas, adultas y el pesado de las pupas en plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea*. Encontramos que las moscas de la semilla criadas en plántulas de *B. oleracea* prefieren las plántulas de *B. oleracea* como lugar de oviposición. La mosca de la semilla criada en plántulas de *L. mutabilis* y en una dieta artificial no prefirieron ningún hospedero. *D. platura* presentó un mejor desarrollo en plántulas de *L. mutabilis* ya que se obtuvo un mayor número pupas (5.7 ± 0.8) peso de pupas (6.7 ± 3.3 mg) y número de adultos (5.5 ± 0.84) en comparación a las moscas criadas en *B. oleracea* (número de pupas: 2.7 ± 0.42 , peso de pupas: 3.3 ± 0.05 , número

de adultos: 2.0 ± 2.26). Al preferir para oviponer *D. platura* a *B. oleracea* pero tener una mejor performance en *L. mutabilis* rechazamos la hipótesis de preferencia y performance en el sistema mosca de la semilla- *L. mutabilis*- *B. oleracea*. En conclusión, la mosca de la semilla no es atraída naturalmente por *L. mutabilis* sino que es una plaga oportunista que llega a este hospedero por la introducción de *B. oleraceae*. Este trabajo se inició en marzo del 2014 y finalizó en septiembre del 2015.

Palabras clave: Mosca de la Semilla, *Lupinus mutabilis*, *Brassica oleraceae*, olfatometría

INTRODUCCIÓN

Dado que las plantas difieren en idoneidad para ser consumidas por los insectos y que los estadios inmaduros de los mismos son por lo general inmóviles, la habilidad de una hembra grávida para discriminar entre diferentes hospederos para el desarrollo de las larvas es importante. De acuerdo a la hipótesis de preferencia y performance (HPP), las hembras grávidas maximizarán la performance de su progenie al oviponer en aquellas plantas en las cuales esta tenga un mejor desarrollo (Valladares & Lawton 1991). Gran parte de los estudios que han puesto a prueba la HPP en insectos especialistas encontraron una correlación fuerte y positiva entre la preferencia de la hembra y el desarrollo de la progenie (Charlery de la Masseliere et al 2017). Por otro lado, en aquellos casos en los que se tomaron como sujetos de estudios a insectos polífagos, la correlación no es clara o no existe (Charlery de la Masseliere et al 2017). Estudiar la conducta de insectos plaga polífagos al realizar la elección de sus hospederos y el desarrollo de su progenie, nos ayudará a entender como estos amplían su rango de hospederos.

La mosca de la semilla, *Delia platura* (Meigen, 1986) es un díptero polífago y cosmopolita cuyo rango de hospederos es de al menos 50 especies de plantas, esto incluye a diferentes familias de plantas cultivables como la familia Brassicaceae. Se sabe que las hembras grávidas pueden ser guiadas hacia su hospedero mediante pistas químicas olfativas emanadas por el mismo (Gouinguéné & Städler 2005). En los Andes de Ecuador, la mosca de la semilla causa pérdidas de hasta el 100% en el cultivo del tarwi, *Lupinus mutabilis* (Caicedo & Peralta 2001). Las larvas atacan semillas en germinación y plántulas muy jóvenes que aun presentan cotiledones. La mosca de la semilla no es considerada una plaga convencional de *L. mutabilis*. Según estudios del Programa de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) del Instituto de Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP), el ataque de

la mosca de la semilla en cultivos de *L. mutabilis*, está íntimamente relacionado a la introducción del cultivo del brócoli, *Brassica oleracea* var. *Italica* (Lomas et al. 2012). En función a lo señalado, el cultivo de *L. mutabilis* podría verse afectado indirectamente debido a la introducción de *B. oleraceae* en el Ecuador. La mosca de la semilla estaría atacando a las plántulas de *L. mutabilis* al encontrarlo fortuitamente en el terreno de cultivo. De ser esta afirmación correcta, las hembras grávidas de la mosca de la semilla no preferirían a *L. mutabilis*, y, por ende, no tendrían un buen desarrollo en el mismo. Por otro lado, si la mosca de la semilla prefiere y tiene un buen desarrollo en *L. mutabilis*, esta habría ampliado su rango de hospederos incluyendo a *L. mutabilis*.

Consideramos que poner a prueba la HPP en el sistema la mosca de la semilla- plántulas de *B. oleracea-L. mutabilis* es importante porque se medirá la capacidad de la misma en reconocer estos dos hospederos en su estado más susceptible. Además, esto nos permitirá desde el punto de vista aplicado, dar recomendaciones más atinadas para su control. Y desde el punto de vista de la teoría ecológica, evaluar la HPP en insectos polívoros.

Este estudio se realizó como parte de una beca de investigación en la Estación Experimental Santa Catalina ubicada a 14 Km de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, Ecuador. La Estación Experimental Santa Catalina forma parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador. El financiamiento de la beca fue otorgado por la Fundación McKnight en el marco del proyecto “Apoyo a la seguridad alimentaria en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Cañar en Ecuador; a través de los cultivos de quinua, chocho y amaranto”.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mosca de la semilla (*Delia platura*) es una plaga importante del cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en los Andes de Ecuador. Una de las provincias más afectadas por su ataque es la provincia de Cotopaxi. La disminución del rendimiento de *L. mutabilis* puede estar relacionada a la introducción del brócoli (*Brassica oleracea* var. Italica) en campos de cultivo en los que posteriormente se siembra *L. mutabilis*. Una de las preguntas menos abordadas y que nos ayudarían a tomar medidas eficaces para el control de insectos plaga, es ¿Cómo los insectos interactúan con sus hospederos? y ¿cómo los eligen? Estos aspectos pueden ser abordados al estudiar el comportamiento de los insectos al poner a prueba la hipótesis de preferencia y performance (HPP). La HPP nos permitirá dilucidar si la mosca de la semilla es naturalmente atraída por plántulas de *L. mutabilis* o *B. oleracea*. Además, si esta tiene una mejor performance en alguno de estos hospederos. La aceptación de la HPP en *L. mutabilis* nos indicaría que la mosca de la semilla ha ampliado de esta forma su rango de hospederos. El rechazo de la HPP nos indicaría que la mosca de la semilla es solo una plaga oportunista que toma ventaja de *L. mutabilis* al encontrarlo en los lugares donde anteriormente se plantó *B. oleraceae*. Los resultados de la puesta prueba de la HPP nos ayudarán a proponer medidas eficaces para el control de la mosca de la semilla.

JUSTIFICACIÓN

El conocer la conducta de la mosca de la semilla en cuanto a su preferencia y desempeño al interactuar con *Lupinus mutabilis* y *Brassica oleracea* var. *Italica*, dos hospederos de la mosca en los Andes de Ecuador, nos permitirá entender como la introducción de un cultivo nuevo como el del brócoli afecta el rendimiento cultivos tradicionales como el tarwi. Este fenómeno se está dando a nivel mundial debido a la alta rentabilidad y a la fácil producción de cultivos introducidos que son ampliamente consumidos por la población. A pesar de los grandes beneficios económicos que la introducción de nuevos cultivos puede traer al ser humano, se debe tomar en cuenta que los brotes de plagas que no significaban problema o que no existían en un determinado lugar, pueden causar impactos negativos grandes, como en el tarwi. Plagas como la mosca de la semilla, relacionada con la introducción del brócoli puede causar hasta el 100% de pérdidas del cultivo del tarwi. Estudios relacionados a la ecología del comportamiento de la mosca de la semilla en cuanto a su preferencia y performance el tarwi y brócoli, pueden sentar las bases teóricas para proponer qué acciones son las adecuadas para su control.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el comportamiento de la mosca de la semilla *Delia platura* en plántulas de *Lupinus mutabilis* y *Brassica oleracea*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la preferencia de hembras grávidas de la mosca de la semilla *Delia platura* por plántulas de *Lupinus mutabilis* y de *Brassica oleracea*.
- Comparar el desempeño de la mosca de la semilla *Delia platura* en plántulas de *Lupinus mutabilis* y *Brassica oleracea*.

HIPÓTESIS

Las hembras grávidas de la mosca de la semilla *Delia platura* preferirán oviponer y tendrán un mejor desarrollo en plántulas de *Brassica oleracea* var. *Italica* en comparación a plántulas de *Lupinus mutabilis*.

Esperamos que:

Las hembras grávidas de la mosca de la semilla criadas en *Brassica oleracea* sea más atraídas por las plántulas de *Brassica oleracea*.

El número de larvas, pupas y adultos y el peso de las pupas de *Delia platura* sea mayor en plántulas de *Brassica oleracea*.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

Dindonis & Miller (1980) concluyeron que las hembras de *Hylemya antiqua* (Diptera: Anthomyiidae) eran más atraídas por plántulas de cebolla previamente infectadas con sus congéneres. Además, trampas con cebos a base del n-dipropil disulfato, compuesto que caracteriza el olor de la cebolla en descomposición, capturaban un mayor número de hembras de *H. antiqua* en comparación a machos.

Schoeneberger et. al (1982) estudiaron la composición química y la calidad de proteína de *L. mutabilis* en extractos acuosos del mismo y encontraron que el contenido de proteína fluctúa entre el 47.7% del peso seco en semillas crudas y el 65.3% en cocidas. Además, de que la concentración de compuestos anti-nutritivos, principalmente el alcaloide es alto (3.3% de la semilla cruda). Esto calificaría a *L. mutabilis* como un alimento de alta calidad para los insectos plaga que puedan detoxificar su alto contenido de alcaloides.

Visser (1986) propuso que, para muchos insectos herbívoros, la selección de una planta hospedera adecuada es un paso primordial para su supervivencia. Primero se produce la orientación de la hembra adulta grávida hacia volátiles liberados por la misma. Una vez detectados los compuestos, la hembra discernirá si estos son de su planta hospedera o no. Al reconocer su planta hospedera, el insecto realizará movimientos orientados hacia la misma, llegará a ella, la evaluará y finalmente ovipositará sobre ella.

Finch (1989) discutió los posibles lugares de ovipostura de *D. platura* y considera al material vegetal en descomposición, semillas con germinación tardía y plántulas son usados como los sustratos en donde *D. platura* prefiere oviponer. Finch también propone a *D. platura* como un

insecto polífago con más de 45 plantas hospederas, entre las que destacan plantas de la familia Brassicaceae que por lo general son blanco del ataque de estos insectos.

Valladares & Lawton (1991) estudiaron insectos minadores y agalladores de hojas. Ya que los vástagos de los mismos tienen una vida sedentaria y dependen en su totalidad de la planta hospedera, la cual el insecto hembra selecciona para oviponer. Esta misma situación se da en los insectos cuyos estados inmaduros se desarrollan en el suelo, alimentándose de raíces, bulbos, tubérculos, etc. ya que el insecto hembra deja los huevos sobre o dentro del suelo. Después de emerger las larvas, estas dependerán en su totalidad de la cercanía a las raíces o tubérculos con que la hembra los dejó, ya que a una menor distancia del hospedero existe una mayor probabilidad de supervivencia sobre todo para larvas recién emergidas, que en general son muy pequeñas (1-3 mm) y sensibles a la desecación.

Wink (1992) estudió el rol de los alcaloides quinolizidinicos, metabolitos secundarios producidos por plantas del género *Lupinus*, en diferentes microorganismos como los virus y las bacterias y encontraron que el alcaloide lupanina inhibía el crecimiento de los mismos y también disuadía la alimentación del caracol *Helix pomatia*. Por lo tanto, los alcaloides cumplen una función importante anti herbivoría ya que aquellas especies de *Lupinus* con bajo contenido de alcaloides tienen una alta mortalidad. Además, analizaron el contenido de alcaloides en diferentes partes de planta del género *Lupinus* y concluyeron que existe una mayor concentración de alcaloides en las semillas maduras. Las altas concentraciones de alcaloides en las semillas podrían ser neutralizadas por herbívoros especialistas que las incorporarían en su sistema como una estrategia de defensa (ej. secuestración de compuestos químicos).

INIAP (1996) sostienen que los cultivos nativos como los de *L. mutabilis* en el Ecuador están siendo progresivamente desplazados por cultivos no tradicionales y muy redituables con el fin

de exportación y que ahora áreas de terreno que originalmente eran utilizadas para cultivos tradicionales son utilizadas para plantaciones forestales y otros cultivos como el de *B. oleracea* (brócoli) por ser más redituables. Esta introducción de cultivos no tradicionales acarrea problemas sanitarios en los tradicionales.

Price (1997) propuso que existe una asociación positiva entre la preferencia de ovipostura por un hospedero y el desempeño de la progenie en esta “hipótesis de la preferencia y desempeño de los insectos”. Una hembra grávida preferirá oviponer en un hospedero en el cual la progenie tendrá un mejor desarrollo o desempeño en términos de supervivencia, crecimiento y reproducción. Por lo tanto, existiría una asociación positiva entre la preferencia de ovipostura de la hembra grávida y el desempeño de su progenie.

Caicedo & Peralta (2001) describieron el cultivo de *L. mutabilis* en los altos Andes de Ecuador, considerándolo como un cultivo promisorio para la nutrición humana por su alto contenido de proteínas y grasas. Así mismo, describen algunas de las enfermedades y plagas que minimizan su rendimiento. Entre los insectos plaga, a *Delia platura* conocida vulgarmente en Ecuador como mosca de la semilla.

Gouinguené & Städler (2005) proponen que la sinigrina un glucosinolato que forma parte de plantas de la familia Brassicaceae (e.g., *B. oleracea*) es un compuesto muy atractivo para *D. platura* y que por lo tanto podría ser usado como una pista para el reconocimiento de las mismas como hospedero.

Johnson et al. (2006) propusieron que los insectos cuyos estadios inmaduros se desarrollan bajo el suelo como el de *D. platura* (en las raíces o tubérculos de sus hospederos) deberían también seguir la hipótesis de preferencia-desempeño. Ya que los insectos hembra también escogen lugares adecuados en el suelo para oviponer (lugares cercanos a las raíces, tubérculos

o tallos de su planta hospedera) y en los que su progenie tendría una mayor probabilidad de supervivencia. Por lo tanto, existiría también especificidad por la planta hospedera, lo cual evitaría la desecación y muerte de las larvas recién eclosionadas al no encontrar rápidamente a la planta hospedera sino no fuesen dejados los huevos cerca de ella. Aunque los estudios sobre la relación entre preferencia y desempeño son limitados en cuanto a insectos que se desarrollan debajo del suelo, existen algunos estudios que proponen que hay un vínculo entre la ovipostura encima del suelo y el desarrollo de los inmaduros en raíces o tubérculos debajo de este. En su mayoría, estos están relacionados a insectos plaga de cultivos.

Gouinguené & Städler (2006) concluyeron que la mosca de la semilla *D. platura* prefiere oviponer en semillas en germinación y plántulas de *Phaseolus vulgaris* a comparación de semillas no germinadas o en otro estado fenológico de la misma especie. Compuestos químicos polares y no polares extraídos de la superficie de las semillas en germinación estimularon la ovipostura de la mosca de la semilla *D. platura*.

Hopkins et al. (2009) propusieron que los glucosinolatos, encontrados principalmente en plantas de la familia Brassicaceae que incluye al *B. oleracea* variedad *Italica*, influyen en la interacción de estas y sus insectos plaga. Los isocianatos, derivados de los glucosinolatos actúan como compuestos de defensa contra los herbívoros, y también son utilizados como pistas químicas para la ubicación del hospedero para la ovipostura por insectos de los órdenes de insectos, Lepidóptera, Coleóptera y Díptera, especialistas en brassicaceas. Es así que a las 2 semanas los niveles de glucosinolatos incrementan al ser atacadas las raíces de diferentes especies de plantas por la mosca del nabo *Delia floralis*.

Gall (2010) describe la introducción del cultivo de *B. oleracea* en los altos Andes de Ecuador, siendo las zonas con mayor producción las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Cañar debido a sus características climáticas favorables para este cultivo. El propósito del cultivo de

B. oleracea en el Ecuador es la exportación y es la variedad Itálica (brócoli) la más producida en el país. El brócoli es cultivado en grandes extensiones de terreno (>100 ha), muchas veces en áreas cercanas o en las mismas parcelas donde *L. mutabilis* es cultivado por los pobladores de la región. En la actualidad, el cultivo de *B. oleracea* ha desplazado a cultivos tradicionales como el de *L. mutabilis* debido a que es mucho más redituable para el agricultor. Es común que los agricultores de la provincia de Cotopaxi se organicen y formen cooperativas en las cuales unan áreas de cultivo dedicadas exclusivamente al cultivo de *B. oleracea*. Por otro lado, existen haciendas grandes en las que se siembra y cosecha *B. oleracea* de forma escalonada de tres a cuatro veces por mes y durante todo el año. Estas haciendas son consideradas como grandes productores y exportadores de *B. oleracea* en Ecuador.

Lomas et al. (2012) propuso que *B. oleracea* tiene una relación directa con el brote de *D. platura* en los cultivos de *Lupinus mutabilis*. Esto se debe a que *B. oleracea* es un cultivo introducido en zonas donde cultiva plantas nativas, entre ellas *L. mutabilis*. Hoy en día, cientos de hectáreas de terrenos agrícolas de la sierra de Ecuador son trasplantadas plántulas de *B. oleracea*. Los restos de *B. oleracea* conteniendo son dejados en los suelos de cultivo y usados como abono verde en suelos de cultivo donde *L. mutabilis* es sembrado. El brote de *D. platura* en cultivos de *L. mutabilis* puede causar la pérdida de casi el 100% de las semillas en germinación y plántulas. Estos datos fueron tomados en Cotopaxi en el Ecuador, una de las provincias más afectadas.

Guerra et al. (2017) concluyen que *D. platura* tiene preferencia por residuos de brócoli y se desarrolla mejor en estos en comparación a semillas germinadas de *L. mutabilis* en Ecuador. Aunque no prueba si *D. platura* es atraída por las plántulas de *B. oleracea* o *L. mutabilis* en estado de plántula, que es cuando ambos hospederos son más vulnerables a su ataque.

1.2 BASES TEORICAS

1.2.1. El cultivo de *Lupinus mutabilis* en los Andes de Ecuador

En Ecuador el cultivo de *L. mutabilis* se realiza entre los 2500 a 3600m. En general, es una planta resistente a las heladas excepto cuando la planta es muy joven, tiene un mayor requerimiento de agua durante la formación de frutos. Se adapta a suelos pobres de textura arenosa, franco arenoso y arcillo arenoso. No necesita niveles elevados de nitrógeno pero sí la presencia de fósforo y potasio (Caicedo & Peralta, 2000). Es considerada como una planta promisoriosa por su importancia agroecológica (fijación de nitrógeno en el suelo) y socioeconómica por su alto contenido de proteínas y grasas para mejorar la nutrición de la población.

El cultivo ha sido ampliamente promocionado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y por el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andino (PRONALEG-GA), quienes han conseguido obtener la variedad *Lupinus mutabilis* Var. 450 *Andino*, una variedad con crecimiento precoz y alto rendimiento (Caicedo *et al.*, 2010). Tiene un alto contenido de alcaloides (lupanina 3.92% del peso seco) y proteínas (45%) (Caicedo & Peralta 2010).

Esta variedad está ampliamente difundida en Ecuador, el grano es vendido en las calles, supermercados y discotecas donde es consumido como botanas.

1.2.1.1. Características del tarwi, *Lupinus mutabilis*

Comúnmente conocido como tarwi, chocho, chochito es la única especie domesticada en América. Su distribución va desde Colombia hasta Argentina. Es un cultivo andino considerado de importancia económica en Perú, Bolivia y Ecuador, países en los cuales su consumo está difundido. Actualmente el interés por *L. mutabilis* en mercados europeos ha

aumentado debido a su alto contenido de proteínas (14-24%) y grasas (41–51%) que lo hacen valioso para el consumo humano y también para animales de granja, aunque algunas características como el alto contenido de alcaloides lo hacen desfavorables para su cultivo (Jacobsen & Stephen, 2002) ya que se necesitan grandes cantidades de agua para su desamargado.

1.2.1.2. Posición taxonómica de *L. mutabilis* según Sweet (1825)

Reino: Plantae

Subdivisión: Magnoleophyta

Clase: Magnoleopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabacea

Tribu: Genistae

Género: *Lupinus*

Especie: *Lupinus mutabilis* (Sweet)

Nombres comunes: Chocho. Chochito, tarwi, tarhui, lupino y altramuz.

1.2.2. El cultivo de *Brassica oleracea* en los Andes de Ecuador

La introducción del cultivo de *B. oleracea* var. *Italica* (brócoli) en el Ecuador inició en el año 2000, es considerado como un cultivo no tradicional de exportación, considerándose como el 2do producto de exportación el país después de las rosas. El brócoli es congelado y transportado principalmente a Alemania (Gall, 2010). Según la Asociación de Productores

Ecuatorianos de Frutas y Verduras (APROFEL), la producción de brócoli en el Ecuador genera 11 500 puestos de trabajo y mantiene a más de 40 000 familias.

Se considera que la sierra ecuatoriana reúne las condiciones perfectas para su cultivo (posición geográfica, altura que limita la presencia de plagas y temperaturas estables a lo largo del año) en donde tiene un ciclo productivo de 12 a 15 semanas. Las provincias del centro del país (Cotopaxi, Pichincha e Imbabura) representan el 95% de la producción de brócoli con rendimientos óptimos de hasta 23.5 t/ha (Gall, 2010),. La Difusión de las plantaciones de *B. oleracea* en la sierra ecuatoriana es tan grande que ha desplazado a varios cultivos tradicionales, uno de ellos es *L. mutabilis*.

1.2.2.1. Características de *Brassica oleracea*

Esta planta es nativa de la costa del sur y del oeste de Europa, tiene una tolerancia alta a los suelos con alto contenido de sal y yeso. Esta planta posee abundantes cabezas florales carnosas comestibles de color verde, en forma de árbol, sobre ramas que nacen de un grueso tallo, el cual no es comestible. La gran masa de cabezuelas está rodeada de hojas. Es muy parecido a su pariente cercano, la coliflor, pero es de color verde.

1.2.2.2. Posición taxonómica de *B. oleracea* L. var *Italica* según Plenck (1974)

Reino: Plantae

Division: Fanerogama

Clase: Dicotiledonea

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: Brassica

Especie: *Brassica oleracea* L.var. *Italica*

Nombre común: Brócoli

1.2.3. La mosca de la semilla *Delia platura*

Es un díptero pequeño polífago de la familia Anthomyiidae. Se le considera una plaga de semillas en germinación y plántulas de cultivos. En condiciones óptimas puede llegar a tener hasta 5 generaciones por año. La mosca de la semilla es el díptero con mayor distribución en el mundo, ya que se le puede encontrar en todos los continentes con excepción de la Antártida (Griffiths, 1991). El primer reporte de *D. platura* se dio en Alemania y ahora es considerada como una plaga importante de un gran número de cultivos en diferentes países, por lo tanto, es un insecto polífago. Según el Centro Internacional de Agricultura y Biociencia (CABI), este insecto polífago tiene como hospederos a más de 50 especies de plantas, entre ellas la cebolla (*Alium cepa*), el esparrago (*Esparagus officinalis*) a la col (*Brassica oleracea* var. capitata) al melón (*Citrus lantanus*), la lechuga (*Lactuca sativa*), frejol (*Phaseolus vulgaris*), trigo (*Triticum aestivum*), papa (*Solanum tuberosum*), etc.

1.2.3.1. Posición taxonómica de *Delia platura* según Meigen (1986)

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Anthomyiidae

Género: *Delia*

Especie: *Delia platura*

Nombre vulgar: Bean seed fly, gusano del maíz, mosca de la semilla.

Sinonimias: *Hylemya cilicrura*, *Hylemya platura*, *Chortophila cilicrura*, *Anthomyia trifilis*

1.2.3.2.Descripción de la morfología de la mosca de la semilla de acuerdo a Gill et al.

(2013)

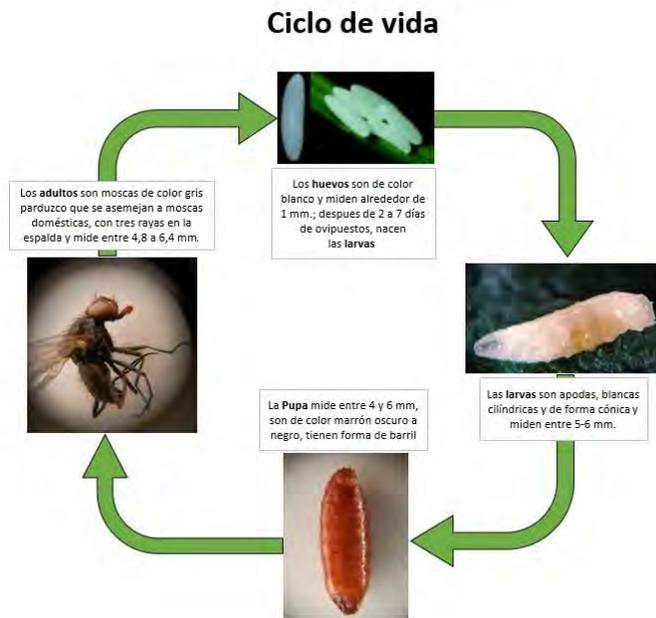
Huevos: Son alargados de color blanquecino miden aproximadamente 1.0 mm. Estos son depositados solos o en grupos de hasta 12 alrededor de los tallos de las plantas o cerca de las semillas en germinación en la superficie del suelo. Las hembras pueden llegar a oviponer en promedio 270 huevos. La larva en su primer estadio emerge de los huevos después de 2 días. Son puestos generalmente en el suelo cerca de material vegetal en descomposición, en pequeñas cavidades en el suelo cerca de semillas en germinación o plántulas. Son muy sensibles a la desecación (Figura 1; Anexo 1 y 2).

Larvas: Son apodas vermiformes de color blanco amarillento y de forma cilíndrica, al emerger de los huevos miden entre 5 – 6 mm antes de pupar. Tienen una cabeza puntiaguda que se caracteriza por tener un par de ganchos de color negro en la boca. El abdomen es romo, con dos espiráculos negros en el extremo posterior. Completan su ciclo alimentándose de cotiledones y semillas en germinación, aunque también se los puede encontrar formando túneles en tallos de plántulas recién emergidas. Puede sobrevivir alimentándose de material vegetal en descomposición hasta encontrar semillas en germinación y cotiledones, son muy voraces (Figura 1; Anexo 3 y 4).

Pupas Las pupas pueden llegar a medir entre 4 - 6 mm, son de color marrón oscuro cilíndricas. Se las puede encontrar en el suelo cerca de las raíces de la planta hospedera o cerca del material del que estuvo alimentándose. Las pupas pueden entrar en hibernación y los adultos emerger en primavera (Figura 1; Anexo 5 y 6).

Adultos Los adultos son de color marrón grisáceo con tres franjas en el tórax. Tienen la mitad del tamaño que una mosca domestica (4.8 – 6.4mm). Las alas son mantenidas plegadas sobre el abdomen cuando no están volando. Son insectos holometábolos (con metamorfosis completa) (Figura 1 y Anexo 7 y 8).

Figura 1. Ciclo biológico de la mosca de la semilla *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae).

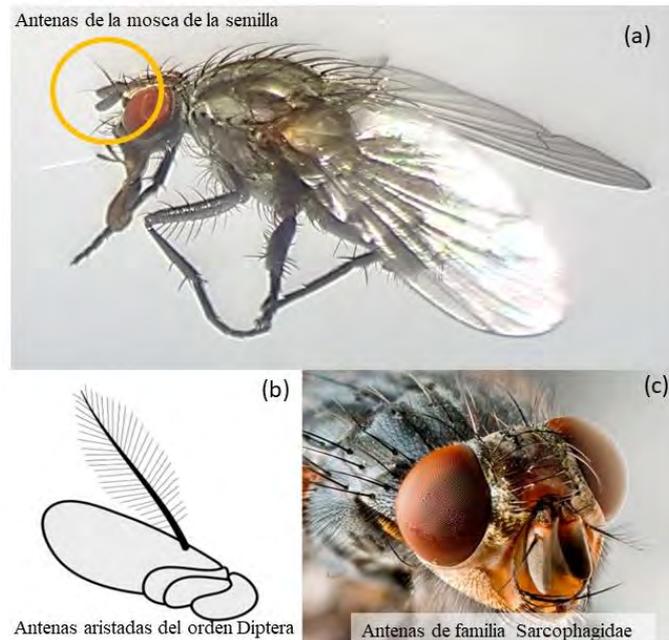


Nota: Se muestran los estados de huevo, larva, pupa y adulto de la mosca de la semilla *D. platura*.

1.2.3.3. Descripción de los órganos sensoriales de la mosca de semilla

Como en todos los insectos, los adultos de mosca de la semilla usan como órganos sensoriales a las antenas, que en el caso de las moscas es del tipo aristada (Figura 2a y 2b) con las cuales discrimina los olores. Las antenas se encuentran en la parte anterior de la cabeza (Figura 2c) y están cubiertas por sensilas quimiorreceptoras que las que captan el olor, sabor y las feromonas en medio ambiente. Al ser reconocido el olor de(l) lo(s) hospedero(s), la mosca ovipositará y las larvas se desarrollarán en este después de la eclosión de los huevos.

Figura 2. (a) Adulto de la mosca de la semilla mostrando las antenas (circulo naranja), consideradas como órganos sensoriales. (b) Antena del tipo aristada de la orden Diptera (c) Detalle de las antenas de un díptero de la familia Sarcophagidae mostrando las antenas (vista frontal de la cabeza)



Fuente: (a) Fuente propia; (b) (<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2018/06/10/antenas-insectos> y (c) (<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2018/06/10/antenas-insecto>).

1.3 DEFINICION DE TERMINOS

1.3.1. Interacciones planta-insecto

En la actualidad, la atención hacia las interacciones planta-insecto está incrementando tanto por biólogos como por agrónomos, debido a que el conocimiento en profundidad de estas relaciones nos permitirá reducir el impacto económico que estos tienen sobre plantas que son usadas por el ser humano en beneficio propio.

Walter (2003) discute de la importancia de las interacciones insecto-planta en plagas de cultivos, ya que un entendimiento en profundidad de estas interacciones nos ayudará a crear estrategias de control seguras y efectivas para prevenir el brote de insectos plaga y disminuir el uso de alternativas de control menos saludables (ejem. insecticidas químicos) tanto para el medio ambiente como para la salud humana.

1.3.2. Especialización en plantas hospederas

La especialización en el hospedero es una característica importante dentro de las interacciones insecto-planta. Aunque la clasificación de los insectos herbívoros según el número de especies de plantas de las que se alimentan se podría considerar arbitraria debido a que los límites entre una categoría y otra podrían resultar poco definida, esta clasificación es la siguiente:

Price et al. (2011) denomina monófagos aquellos insectos herbívoros que solo se alimentan de una o muy pocas especies de plantas, por ejemplo, las larvas de Lepidóptero *Battus polydamas* que se alimentan exclusivamente de *Aristolochia chilensis*, encajan dentro de esta categoría. Por otro lado, se denomina olífagos a aquellos insectos que se alimentan de un limitado número de especies de plantas, por ejemplo, la larva del lepidóptero *Pieris brassicae* que se alimenta de plantas de la familia Brassicaceae. Finalmente, polífagos son aquellos que se alimentan de más de una especie de planta, las cuales pueden pertenecer a más de una familia, por ejemplo, el áfido *Myzus persicae* que tiene como hospederos a más de 40 especies de plantas o el díptero *Delia platura*, cuyo rango de hospederos es mayor a 50 diferentes especies de plantas. Los insectos polífagos en general se alimentan de plantas con bajo contenido de metabolitos secundarios de defensa, ya que sus aparatos de desintoxicación no son tan especializados como el de los monófagos.

Los insectos herbívoros también pueden ser clasificados según sus hábitos alimenticios como:

Geoff et al. (2012) considera como especialistas a aquellos insectos que se alimentan de un número limitado de especies de plantas, por lo tanto, engloba a los herbívoros monófagos y olífagos. También considera a los generalistas como aquellos que se alimentan de varias especies de plantas incluidas dentro de varias familias, por lo tanto, esta clasificación incluye a los polífagos. Se considera que la clasificación propuesta por Geoff et al. (2012) define de

una manera más precisa los límites entre una categoría y otra, aunque la clasificación propuesta por Price et al. (2011) es también muy usada.

1.3.3. Rango de plantas hospederas

El insecto hembra tiene la función de seleccionar el hospedero donde dejará sus huevos y por lo tanto en el cual la progenie se alimentará y desarrollará. En general, se sabe que el rango de plantas hospederas en las que la hembra ovipone es más limitado que el número de plantas del cual los estados inmaduros se alimentarán (amplitud de dieta) después de eclosionar los huevos.

Price (1997) propone que existe una asociación positiva entre la preferencia de ovipostura por un hospedero y la performance de la progenie: “hipótesis de la preferencia y performance de los insectos”. Una hembra grávida preferirá oviponer en un hospedero en el cual la progenie tendrá un mejor desarrollo en términos de supervivencia, crecimiento y reproducción. Por lo tanto, existiría una asociación positiva entre la preferencia de ovipostura de la hembra grávida y el desempeño de su progenie.

1.3.4. Proceso de elección del hospedero

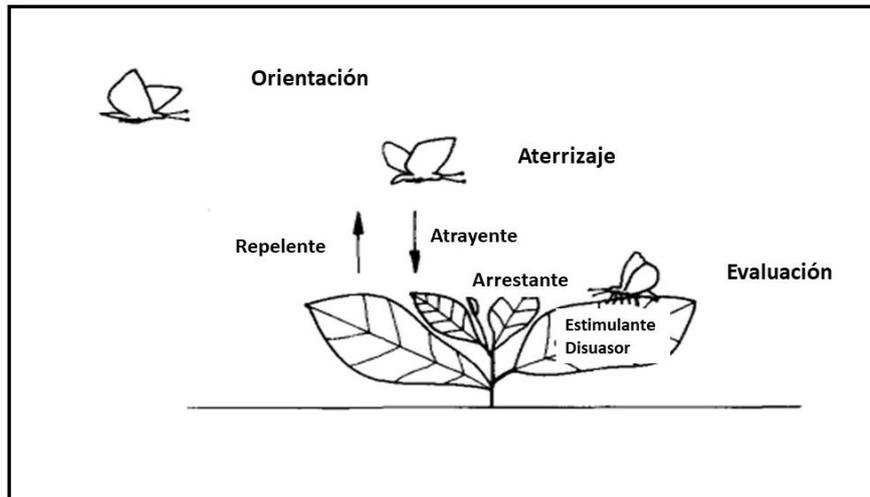
La elección de un hospedero no solo involucra elegir la especie correcta de planta, sino de elegir un individuo dentro de la especie que es, o será adecuado para la alimentación, supervivencia y desarrollo del insecto.

Heard (2000) sugiere que la elección de un hospedero incluye la ubicación del hábitat, ubicación del hospedero, aceptación del hospedero y finalmente el uso del hospedero. Los insectos utilizan un gran número de pistas sensoriales para la ubicación del hospedero, estas incluyen las pistas visuales, olfativas, gustativas y táctiles. Así mismo, también son usados como pistas factores abióticos como la humedad y la intensidad de la luz.

Pivnick et al. (1994) propone que la elección de una planta hospedera conlleva varios retos para el insecto, por ejemplo, reconocer diferentes pistas olfativas. Las plantas durante su desarrollo liberan diferentes tipos de compuestos volátiles (ejem. terpenoides), que son utilizados como pistas químicas por los insectos para encontrar al hospedero. Según ensayos realizados en tubos de elección en Y, la polilla de la col, *Plutella xylostella* (Lepidóptera: Plutellidae), es atraída por compuestos terpenoides volátiles liberados por la canola, *Brassica napus*.

Renwick (1989) propone que según los efectos en el comportamiento de un insecto, las pistas olfativas podrían ser clasificadas en: atraentes si los compuestos químicos liberados por las plantas que causan que un insecto realice movimientos orientados hacia la fuente del estímulo o repelentes si los compuestos químicos liberados por la planta que causan que un insecto realice movimientos orientados lejos de la fuente. Por otro lado, también se les podría denominar como estimulantes de la alimentación y ovipostura si los compuestos químicos sintetizados por la planta propician la alimentación o la ovipostura y finalmente como disuasorios si los compuestos químicos sintetizados por la planta inhiben la alimentación o la ovipostura (Figura 3).

Figura 3. Eventos conductuales y señales químicas que conducen a la ovipostura de un insecto.



Fuente: Renwick, 1989.

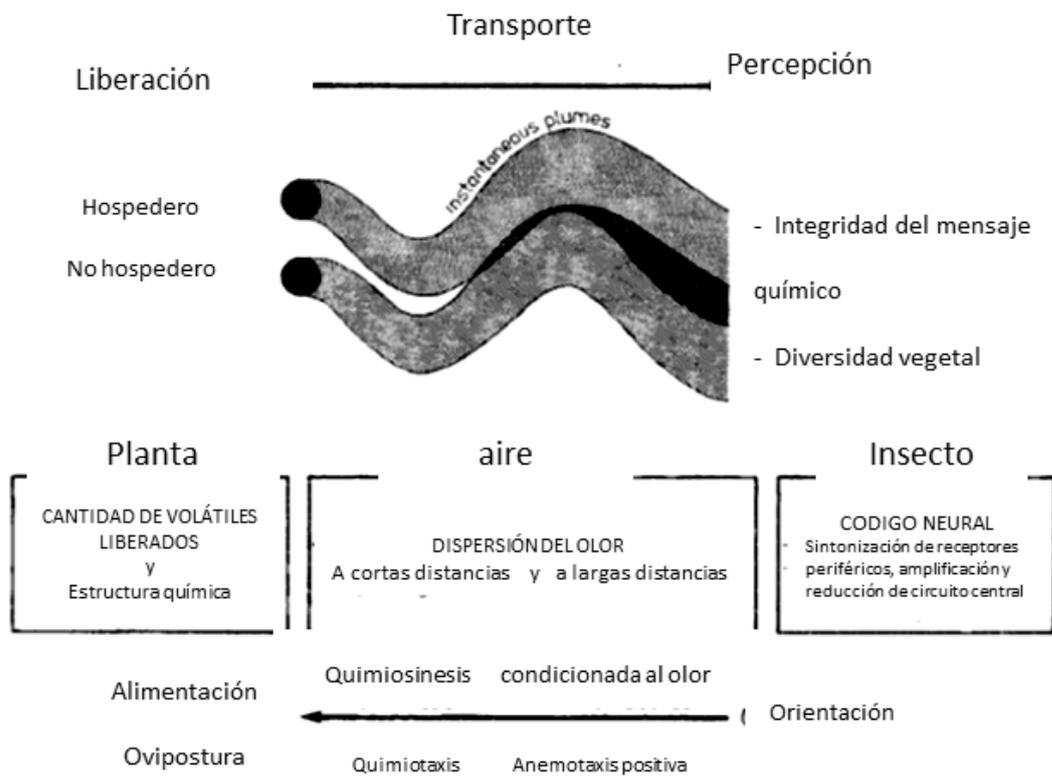
1.3.5. Detección de los compuestos de orientación

Matthews & Matthews (2010) mencionan que, aunque varias investigaciones concluyen que los químicos liberados por las plantas frecuentemente interactúan en conjunto en los receptores sensoriales de los insectos para ocasionar el efecto necesario (atracción o repelencia). Existen muchas otras investigaciones que sugieren que solo uno o un grupo reducido de compuestos químicos como los que ejercen la actividad biológica sobre los receptores sensoriales de los insectos.

Visser (1986) propone que el primer paso para la elección de una planta hospedera es la orientación a la misma por olores. Los volátiles liberados tanto por las plantas hospederas como por las no hospederas, serán transportados por el aire tanto a cortas como largas distancias. El insecto herbívoro recibe estas señales al activarse los receptores olfatorios que se encuentran en las antenas de los mismos. Una vez detectados los compuestos, el insecto discernirá si estos

son de una planta hospedera o no. Al reconocer su planta hospedera, el insecto realizará movimientos orientados hacia la misma, llegará a ella, la evaluará (aceptará o rechazará) y finalmente ovipondrá sobre ella si ésta es aceptada. (Figura 4).

Figura 4. Elementos de la percepción del olor en insectos fitófagos



Fuente: (Visser, 1986).

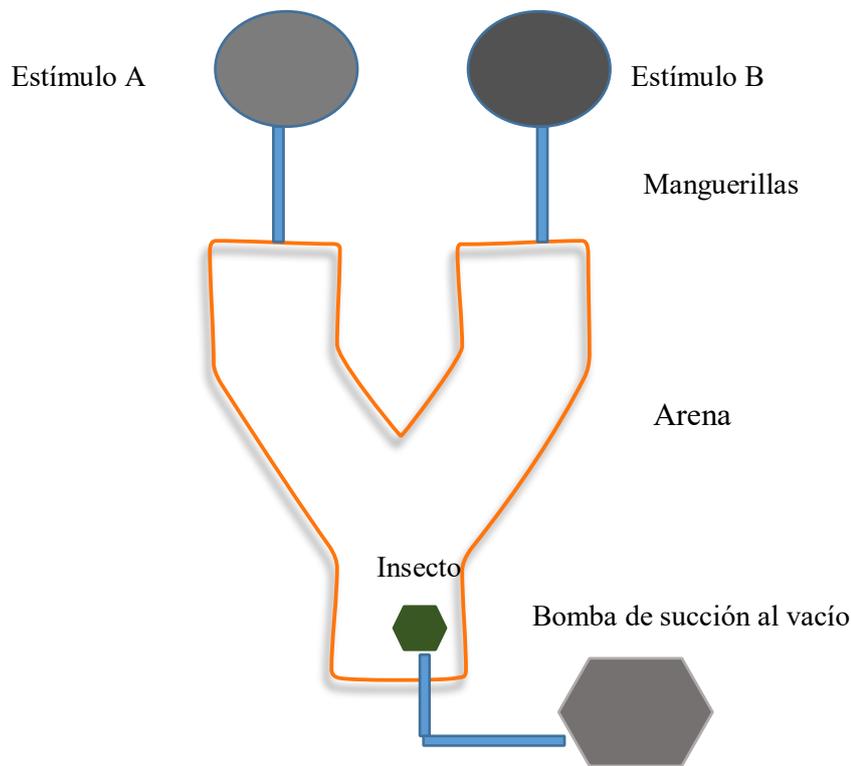
Si bien en este trabajo no se realizarán pruebas de identificación, cuantificación y evaluación de los compuestos que atraen a *D. platura* hacia sus hospederos, consideramos que para futuros trabajos sería importante estudiar los efectos de un grupo de compuestos o de un compuesto sobre el comportamiento de este insecto.

Para evaluar la preferencia de ovipostura en los insectos, uno de los métodos más usados son los olfatométricos mediante las pruebas de olfatometría.

1.3.6. Pruebas de olfatometría

López-Avila & Rincón (2006) según estos autores, la percepción mediante el olfato es un proceso de gran importancia para los insectos porque está involucrado en los patrones de comportamiento más importantes como son la alimentación, la oviposición y la búsqueda de pareja, entre otros. Específicamente, ellos enfatizan la importancia de la percepción de determinadas sustancias volátiles provenientes de las plantas que sirven para la orientación hacia los sitios de oviposición en lepidópteros monófagos y oligófagos. El estudio de los mecanismos implicados en la localización de los diferentes recursos por parte de insectos fitófagos con algún grado de especialización. Es de gran importancia para entender la ecología y la evolución de las interacciones entre plantas e insectos. Estos procesos pueden ser estudiados mediante olfatómetros, que son equipos de laboratorio diseñados para medir la capacidad de los animales para percibir diferentes aromas y sustancias dispersas en el aire. Los olfatómetros de flujo de aire requieren de un sistema que permita la circulación continua de aire dentro del dispositivo. Los diseños para este tipo de olfatómetro son muy diversos; sin embargo, los más usados son: 1) tubo en 'Y', y 2) de cuatro vías. Los olfatómetros de tubo en 'Y' son los más comunes (Figura 5). En éstos, los insectos tienen la posibilidad de elegir entre aire cargado de olor (tratamiento) y aire libre de olor (control) o entre dos fuentes de olor distintas. Sin embargo, este tipo de diseño ha sido ampliamente criticado debido a que los olores se mezclan generando turbulencia en el punto en donde se encuentran los dos brazos del olfatómetro.

Figura 5. Esquema de un olfatómetro (tubo en Y) conectado a dos estímulos A y B.



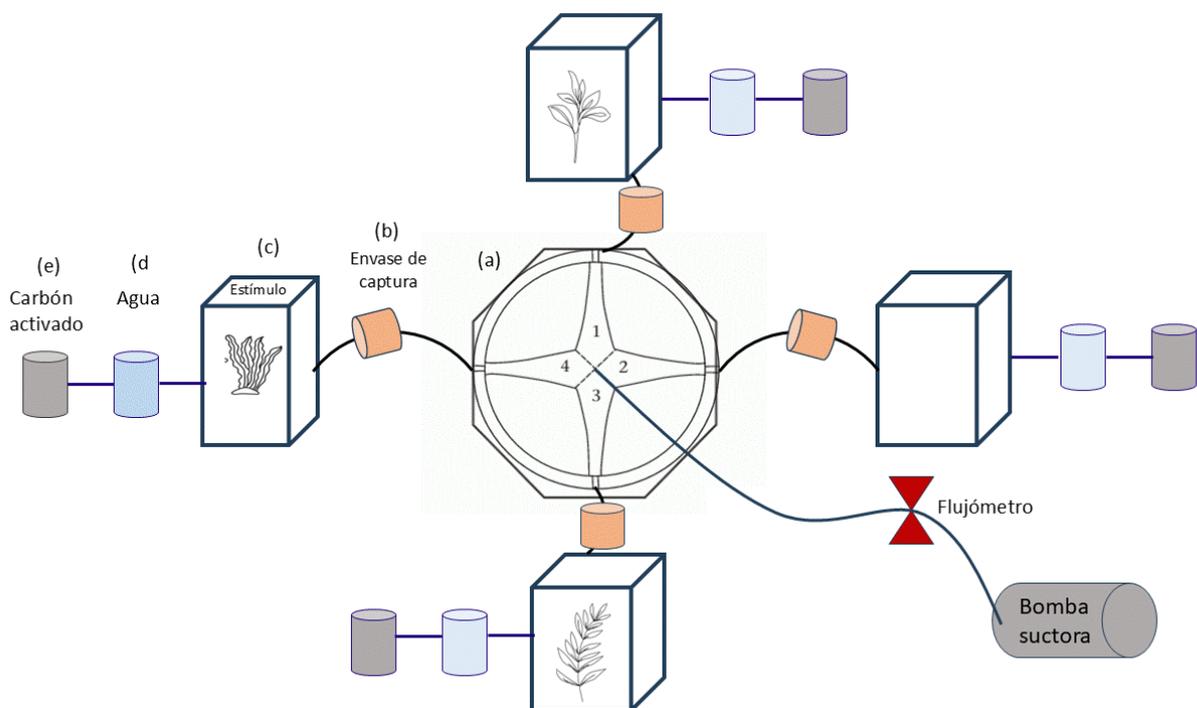
Fuente: Van Alphen & Jervis 1996

Van Alphen & Jervis (1996) realizaron una crítica a los experimentos puestos a prueba en olfatómetros en “Y”, en los que se hicieron circular corrientes de aire sin olores por ambos brazos, demostraron que algunas especies de insectos presentan tendencias de escoger una dirección sobre la otra. Adicionalmente, la zona de decisión no es lo suficientemente amplia como para garantizar una elección olfativa del insecto. Por este motivo, en los olfatómetros de tubo en ‘Y’ pueden presentarse resultados no concluyentes como consecuencia de desplazamientos erráticos o de respuestas de anemotaxis comunes hacia las dos corrientes circulantes que pueden atraer a los insectos hasta más adelante de la zona de decisión para, posteriormente, verse atrapados en el brazo equivocado.

El diseño de olfatómetros de flujo de aire de cuatro vías se ha aplicado en su mayoría a la construcción de dispositivos para el estudio de respuestas de atracción de insectos pequeños como áfidos, dípteros y microhimenópteros.

Petterson (1970) fue el primero en diseñar un olfatómetro de 4 vías/puertos para estudiar respuestas de áfidos a feromonas sexuales. Este tipo de diseño consiste esencialmente en una cámara principal con cuatro brazos equidistantes uno del otro. El aire fluye hacia la cámara principal simultáneamente a través de los cuatro brazos, que a su vez están conectados a los respectivos recipientes que contienen los aromas que se quieren evaluar. Los insectos son ubicados en el centro de la cámara desde donde pueden elegir la fuente de olor más atractivo (Figura 6).

Figura 6. Esquema de un olfatómetro de cuatro vías/puertos.



Nota: En la parte central del olfatómetro se encuentra la arena (a), que es el lugar donde se introducen los insectos en estudio. Cada uno de los 4 puertos de la arena se conecta a un envase de captura (b), un estímulo (c), un envase con agua (d) y un envase con carbón activado. De un orificio de la parte central de la arena se conecta un flujómetro de gases y este último a una bomba extractora de aire. Fuente: Modificado de Vet *et al.* 1983

1.3.7. Preferencia y desempeño de insectos debajo del suelo

Gripenberg et al. (2010) después de realizar un meta análisis sobre la HPP para evaluar el balance de la evidencia a favor y en contra de la misma, concluyen que existe un soporte claro a esta. Es decir, la progenie sobrevive mejor en las plantas hospederas seleccionadas por la madre como lugar de oviposición. En cuanto al efecto de la elección en la amplitud de dieta, encontraron evidencia que los insectos especialistas prefieren plantas de buena calidad en comparación con los polípagos.

Birke & Aluja (2017) usan como sistema modelo a la mosca de la fruta *Anastrepha ludens*, un insecto polífago para poner a prueba la HPP. Los insectos polípagos frecuentemente no eligen hospederos donde su progenie tiene un mejor desarrollo en comparación con los especialistas. Ellos discuten que los polípagos no pueden procesar las pistas químicas liberadas por las plantas hospederas que les permiten discriminar entre hospederos de buena y mala calidad.

Johnson et al. (2006) discute que gran parte de las investigaciones relacionadas con la elección del hospedero y desempeño en el mismo se han realizado en insectos que oviponen en la parte aérea de las plantas (hojas, tallos y frutos), por lo tanto, sus vástagos están supeditados a desarrollarse en órganos aéreos de las mismas. Es de esta forma que la madre define en qué hospedero el vástago se desarrollará. Por otro lado, la selección del hospedero y el desempeño de insectos cuyos estados inmaduros se desarrollan debajo del suelo han sido poco estudiados. Aunque se reconoce que los principios que gobiernan a los insectos que oviponen y se desarrollan en la parte aérea de las plantas también lo hacen en aquellos que se desarrollan debajo del suelo, por lo tanto, la madre también decidirá oviponer muy cercanamente a las semillas, raíces, tubérculos, bulbos o plántulas emergentes y de esta manera facilitar la ubicación del hospedero a las larvas recién emergidas.

Valladares & Lawton (1991) estudiaron insectos minadores y agalladores de hojas, ya que los vástagos de los mismos tienen una vida sedentaria y dependen en su totalidad de la planta hospedera que su madre selecciona para oviponer. Esta misma situación se da en los insectos cuyos estados inmaduros se desarrollan en el suelo, alimentándose de raíces, bulbos, tubérculos, etc. Ya que el insecto hembra deja los huevos sobre o dentro del suelo, después de emerger, las larvas dependerán en su totalidad de la cercanía al hospedero con que la hembra deja los huevos. Las larvas recién emergidas en general son muy pequeñas (1-3 mm), por lo tanto, sería difícil moverse efectivamente dentro del suelo y recorrer distancias largas hasta alcanzar al hospedero. La ubicación del hospedero correcto debería también ser altamente específica para insectos que desarrollan parte de su ciclo biológico en el suelo.

Aunque los estudios sobre la relación entre preferencia y desempeño son limitados en cuanto a insectos que se desarrollan debajo del suelo, existen algunos estudios que proponen que existe un vínculo entre la ovipostura en el suelo y el desarrollo de los inmaduros debajo de este. En su mayoría, estos estudios están relacionados con insectos plaga de cultivos, además, sugieren que los microorganismos de la rizosfera (hongos y bacterias) podrían jugar un papel importante dentro de estas interacciones (Tabla 1)

Tabla 1. Estudios que reportan la oviposición de los insectos influenciada por raíces, semillas y plántulas por debajo del suelo.

Insect	Preference/avoidance	Feature of the roots/ rhizosphere correlated with oviposition behaviour of adult	Potential benefit to root-feeding offspring	Mechanism	Reference
Cabbage root fly (<i>Delia radicum</i>)	+	Roots already damaged by conspecific larvae	Preconditioning of roots by conspecifics enhances plant suitability	sl, rt	Baur <i>et al.</i> , 1996b, c
	-	Frass from interspecific competitor	Avoids competition	st	Jones and Finch, 1987
	+	Soil particle size	Enables larval movement and avoids abrasion	sl	Traynier, 1967; Havukkala, 1982
Onion root fly (<i>Delia antiqua</i>)	+	Presence of conspecific eggs and associated bacteria	Bacterial activity on host plants predisposes them to more successful larval attack	sl	Judd and Borden, 1992
	+	Roots already damaged by conspecific larvae	Preconditioning of roots by conspecifics enhances plant suitability leading to increased larval performance	na	Hausmann and Miller, 1989
	+	Interaction of previous larval feeding and bacteria	Preconditioning of roots by conspecifics and bacterial infection of plants enhances host-plant suitability	sl, st	Ikeshoji <i>et al.</i> , 1980
Seedcorn maggot (<i>Delia platura</i>)	+	Seed-borne bacteria in the soil	Bacterial infection aiding colonisation by larvae	sl	Eckenrode <i>et al.</i> , 1975; Houghgoldstein and Bassler, 1988
Carrot fly (<i>Psila rosae</i>)	+	Reduced plant resistance	Larvae attack roots more successfully and displayed enhanced performance	st	Degen <i>et al.</i> , 1999a, b
	-	Avoided resistant plants	Fewer offspring having to feed on resistant plants	-	Maki <i>et al.</i> , 1989

Nota: Ejemplos que reportan la oviposición de los insectos por encima del suelo siendo influenciados por el estatus de la parte baja de la planta o la rizosfera. Preferencia/ repelencia: + preferencia de ovipostura; - repelencia de ovipostura. Fuente: Johnson *et al.* 2006.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La colecta de pupas de *D. platura* para la crianza masal y la observación de las mismas en cultivos de *L. mutabilis* y *B. oleraceae* se realizaron en la parroquia de Canchagua (0° 48' 36.97'' de latitud sur y 78° 43' 16.94'' de longitud occidental), ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón de Saquisilí en los Andes de ecuatorianos. A una altura que va desde los 2740 hasta los 4280 msnm. Esta tiene una extensión de parroquia de 5.626,87 has y se encuentra a 17 km de la ciudad de Latacunga que es la capital de la provincia. La parroquia de Canchagua es considerada un centro agrícola de cereales y otros cultivos como el maíz. En esta provincia existen grandes extensiones de plantaciones de brócoli para exportación que pertenecen a grandes haciendas o a asociaciones de agricultores de la zona (Figura 7). La colecta se realizó en abril del 2014.

2.1.1. Ubicación política

La Parroquia de Canchagua está ubicada al norte del cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi en los Andes Ecuatorianos, tiene una extensión de 5626,87 Has. Es una de las 4 parroquias que conforma el cantón Saquisilí, las cuales son Cochapamapa, Saquisilí y Chantilín.

2.1.2. Límites del cantón Saquisilí

El cantón Saquisilí limita por el norte con el cantón Latacunga, por el sur y este con el cantón Pujilí y por el oeste con el cantón Sigchos.

Figura 7. Provincia de Cotopaxi mostrando la ubicación la parroquia de Canchagua

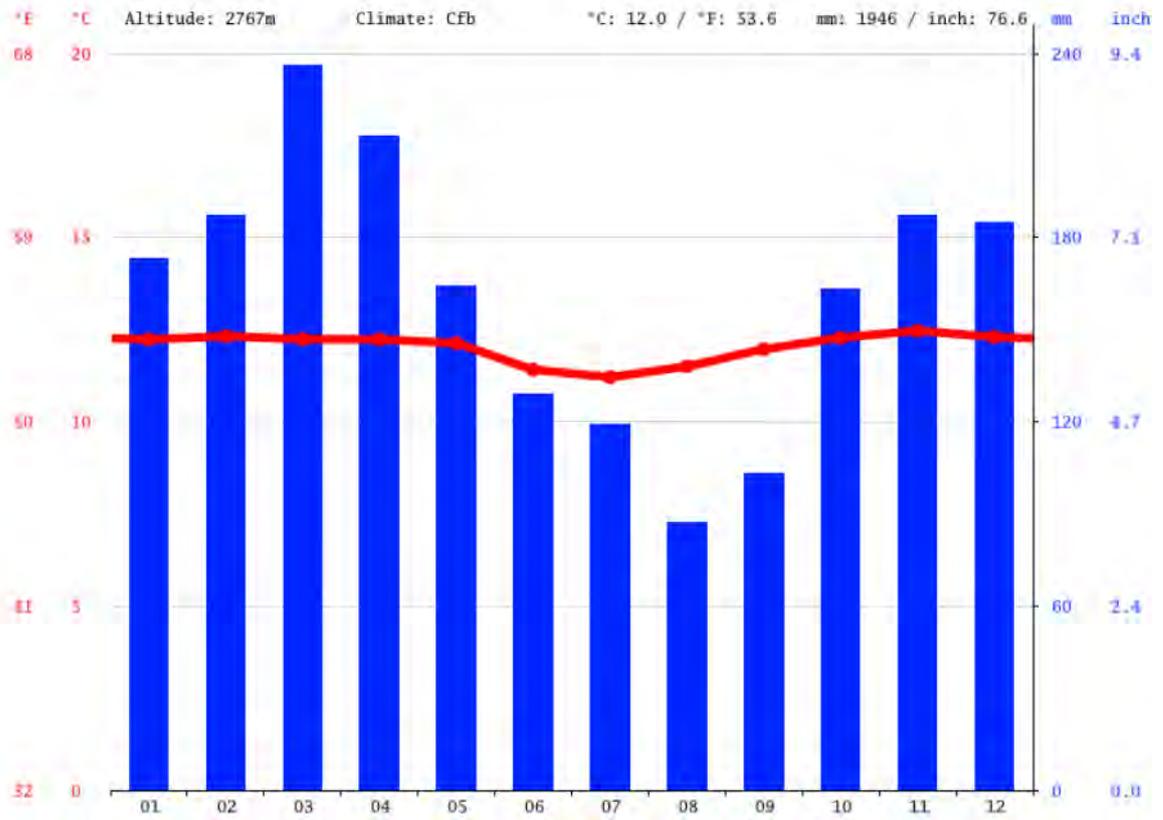


Nota: El punto rojo muestra el lugar donde se realizó la colecta de la mosca de la semilla *D. platura*. Fuente: <http://www.zonu.com/detail/2009-09-17-5915/Mapa-fsico-de-Cotopaxi.html>.

2.1.3. Clima

La Parroquia de Canchagua se caracteriza por tener un clima de tundra. La mayor parte del año se caracteriza por ser frío (temperatura media anual de 14° C). La precipitación media anual es de 165 mm, una humedad media de 83% y un índice UV de 3 (Figura 8).

Figura 8. Climatodiagrama del Cantón de Latacunga, provincia de Cotopaxi.



Fuente: CLIMATE-DATA.ORG

2.2. MATERIALES

2.2.1. Material biológico

- Moscas hembras y machos de *D. platura*.
- Semillas de *Lupinus mutabilis*
- Semillas de *Brassica oleracea var. Italica*

2.2.2. Materiales de campo: Para la colecta de la mosca de la semilla

- Envases de plástico de 500 g.
- Papel toalla.
- Pinzas.
- Placas Petri de plástico de 20 cm de diámetro.
- Pissetas del 1000 ml.
- Agua destilada.
- Bandejas de plástico 30 x 40 cm
- Suelos de cultivo
- GPS
- Libretas de campo
- Cámara fotográfica

2.2.3. Materiales de laboratorio: Para la dieta artificial, crianza y pruebas performance y de preferencia de la mosca de la semilla

- Harina de soya
- Harina de maíz
- Levadura
- Leche condensada

- Miel
- Aceite de maíz
- Grasa vegetal
- Penicilina
- Agua destilada
- Cocinilla eléctrica
- Varilla de vidrio
- Envase de vidrio pírrex de 1000ml
- Cámaras de crianza de insectos.
- Bandejas de plástico de 25 x 25 cm.
- Dieta artificial para moscas (Propuesta por Harris et al. 1966).
- Suelo esterilizado.
- Algodón.
- Envases de plástico de 100 ml.
- Plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea* en germinación.
- Placas Petri de 4cm de diámetro.
- Discos de papel filtro de 4cm de diámetro.
- Plumones marcadores.
- Balanza analítica 0.1 mg.
- Cinta teflón.
- Pinzas.
- Pinceles.
- Huevos de *D. platura* criadas por 3 generaciones en dieta artificial.

- Olfatómetro de 4 puertos (Modelo del olfatómetro usado en el Laboratorio de Entomología UNSAAC).
- Manguerillas de látex de ½ cm de diámetro.
- Material de vidrio de 300 ml.
- Fluómetros.
- Bomba de pecera.
- Estereoscopio.
- Carbón activado.
- Cronómetro.
- Estímulos (plántulas de *L. mutabilis* en germinación y *B. oleracea*)
- Testigos (suelo y envase vacío de 300 ml)
- Hembras fertilizadas de *D. platura*, criadas en *L. mutabilis*, brócoli y dieta artificial.
- Cámara fotográfica
- Laptop

2.2.4. Software

- Mendeley
- Microsoft Excel, versión 2016
- Microsoft Word, versión 2016
- Photoshop, versión 7.

2.3. METODOLOGIA

2.3.1. Fase de campo:

Metodología de colecta de la mosca de la semilla

La mosca de la semilla fue colectada en estado de pupa en varios campos de donde se cultivó *L. mutabilis* y/o *B. oleracea* en la parroquia de Canchagua, cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi. Las pupas se extrajeron escarbando cuidadosamente la superficie del suelo. Una vez colectadas, fueron puestas en recipientes que contenían papel filtro ligeramente humedecido. La crianza en masa se inició con la mosca de la semilla en estado de pupa debido a que se podía estandarizar la edad de las moscas a medida que estas iban emergiendo, además de que eran fáciles de encontrar al escarbar unos centímetros por debajo del suelo de cultivo. Se colectaron alrededor de 600 pupas para dar inicio a la crianza masal, estas fueron llevadas al laboratorio de recuperación de insectos en la Estación Experimental Santa Catalina en Quito, Ecuador y puestas en cámaras de crianza.

2.3.2. Fase de Laboratorio

2.3.2.1. Metodología para la crianza masal de la mosca de la semilla

Se estableció una crianza masal de la mosca de la semilla en la Estación Experimental Santa Catalina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Quito-Ecuador (Anexo 11), bajo condiciones de laboratorio (12 – 27°C). Con este fin las pupas colectadas en campo (ver 2.3.1) fueron puestas en placas Petri hasta alcanzar el estado adulto (Anexo 12 y 13). Los adultos fueron alimentados con miel diluida en agua (3:1), polvo de soya diluida en agua (2:1) y leche condensada diluida en agua (2:1) y agua sola y luego fueron llevadas a cámaras de crianza que contenía recipientes con la dieta artificial para el apareamiento y posterior ovipostura.

2.3.2.2. Metodología para la preparación de la dieta artificial

La finalidad de realizar la crianza de la mosca de la semilla en una dieta artificial fue eliminar el efecto materno, es decir, que el desarrollo y elección del hospedero no sea influida por el hospedero previo en el que las moscas madre pusieron sus huevos y donde las larvas se desarrollaron en las condiciones de campo donde fueron colectadas.

La dieta artificial se preparó en base a 200g de harina de soya, 200g de harina de maíz, 100g de levadura, 60g de leche condensada, 40g de miel, 10g. de aceite de maíz, 2g de grasa vegetal y 0.3 g de penicilina (Harris et al, 1966). Todos estos ingredientes fueron cocidos en 325 ml. de agua destilada hasta formar una masa consistente (Harris et al, 1966). Se esperó que la masa enfríe antes de ponerla en las bandejas de plástico. Finalmente, se pusieron rodajas de papa encima de la dieta para mantener la humedad (Harris et al, 1966). (Anexo 9 y 10).

Los adultos obtenidos en el punto 2.3.2.1 fueron trasladados a cámaras de crianza con bandejas de plástico que contenían una capa de la dieta artificial, una de suelo y una de rodajas de papa para mantener la humedad. Revisamos las bandejas con la dieta artificial cada 4 días en busca de huevos y luego interdiario después de encontrar las primeras oviposturas. Las bandejas con oviposturas de 2 a 3 días fueron retiradas de la cámara de crianza, etiquetadas con la fecha y puestas en otra cámara de crianza en donde los huevos incubaban y las larvas se alimentaban de la dieta hasta finalmente alcanzar el estado de pupa. Las bandejas con dieta artificial para la ovipostura eran cambiadas cada 4 días.

Una vez alcanzado el estado de pupa, estas fueron extraídas cuidadosamente de las bandejas, puestas en placas Petri y etiquetadas con la fecha de emergencia. Para mantener la humedad dentro de placas Petri se colocaban discos de papel filtro humedecido. La crianza en la dieta artificial se realizó hasta obtener una segunda generación filial (F2), cuya progenie sirvió primero para los ensayos de performance y luego para los de preferencia.

2.3.2.3. Metodología para la obtención de plántulas de *Lupinus mutabilis* y

Brassica oleracea para las pruebas de preferencia y performance

Después de obtener a la F2 de la dieta artificial, se extrajo un total de 400 adultos, los que fueron separados en 2 grupos, el primer grupo fue puesto en cámaras de crianza con bandejas que contenían plántulas de *L. mutabilis* y el otro grupo en cámaras de crianza con plántulas de *B. oleracea*. Una vez obtenidos los adultos de cada una de estas 2 sub crianzas, estos fueron usados para las pruebas de preferencia y performance que se explicarán más abajo.

Las plántulas de *L. mutabilis* fueron obtenidas a partir de semillas de *Lupinus mutabilis* var. Andino 450 proporcionadas por el PRONALEG-GA. En el caso de *B. oleracea*, las semillas fueron compradas de una casa comercial en Quito-Ecuador. Las semillas fueron germinadas en invernadero en bandejas de 30 x 40 x 20, se utilizó suelo de la Estación Experimental Santa Catalina, este suelo presenta características similares a los de la provincia de Cotopaxi.

2.3.2.4. Metodología para las pruebas de performance de la mosca de la semilla

Para realizar las pruebas de performance, primero se trasplantaron del invernadero (ver 2.3.2.3), 30 plántulas de *B. oleracea* de 15cm de alto (punto aproximado en el cual son trasplantadas al campo de cultivo) y 3 plántulas de *L. mutabilis* var. 450 Andino (con 2 hojas verdaderas y aun presentando cotiledones) que es el peso aproximado de 20 plántulas de *B. oleracea* en dos envases de plástico de 100 ml por separado. Se realizó este procedimiento en un total de 20 envases (10 por especie). Seguidamente, un total de 200 huevos (20 para cada envase) de la crianza en la dieta artificial (Anexo 14) fueron puestos en cada envase conteniendo *L. mutabilis* o *B. oleracea*. Los envases fueron cuidadosamente revisados interdiario para registrar el día de la emergencia de las larvas y el número de larvas emergidas. Una vez registrado el número de larvas, estas fueron cubiertas con suelo y devueltas a sus

envases para que terminen su desarrollo. Luego, los envases fueron revisados diario en busca de pupas. Una vez encontrada(s) la(s) primeras pupas, estas fueron extraídas, contadas, pesadas y puestas en placas Petri de 7 cm de diámetro y etiquetadas con la fecha, nombre del hospedero de donde se desarrollaron (Anexo 15 y 16). Se buscaron pupas hasta que ya no se encontraron más. Las placas petri donde fueron puestas las pupas después de realizar las mencionadas mediciones, eran revisadas todos los días para ver si había emergencia de los adultos. Si se encontraban adultos, estos se contaban y se registraba la fecha.

2.3.2.5. Metodología para las pruebas de preferencia de la mosca de la semilla

Para realizar las pruebas de preferencia, primero realizamos 2 sub crianzas de mosca de la semilla adultas a partir de la F2 de la dieta artificial, estas fueron criadas en plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea* del invernadero por 2 generaciones (F2) (ver 2.2.2.3). Las moscas hembras adultas fertilizadas obtenidas de la F2 de estas sub-crianzas fueron usadas en las pruebas de preferencia (Anexo 17 y 18).

El experimento se realizó utilizando un olfatómetro de 4 vías (Anexo 19 y 20) para evaluar la atracción de los adultos (hembras grávidas) de *D. platura* por plántulas *L. mutabilis* o *B. oleracea* (obtenidas del invernadero). Se utilizaron como estímulos 1) plántulas de *L. mutabilis* var Andino 450, 2) plántulas de Brócoli, 3) un envase vacío (control 1) y 4) un envase con suelo (control 2). Los estímulos fueron puestos en envases de vidrio de 200ml. Cada uno de estos envases estaba acoplado a: 1) un envase con carbón activado para purificar el aire que entraba al sistema, 2) un envase de agua para dar humedecer al sistema y 3) un envase vacío usado como envase de captura, este a su vez estaba conectado directamente al olfatómetro. El olfatómetro era cargado con diferentes grupos de moscas de la semilla grávidas. Las moscas eran aproximadamente de la misma edad (Vet *et al.* 1983).

El olfatómetro fue conectado a los envases de captura y luego a una bomba al vacío (bomba de pecera) que succionaba el aire desde un orificio ubicado debajo del mismo. El flujo de aire fue regulado mediante un flujómetro puesto entre el olfatómetro y la bomba al vacío. El flujómetro reguló el paso del aire, evitó la turbulencia dentro del sistema y promovió el flujo laminar de aire en los 4 puertos. El flujo total del sistema fue de 3 l/min.

Cada grupo de moscas (12 moscas adultas/repetición) fue introducido cuidadosamente en el olfatómetro y después de 10 minutos que era el tiempo que según observaciones previas era el necesario para que las moscas se acostumbraran al mismo. El experimento iniciaba cuando la bomba al vacío succionaba aire del orificio debajo del olfatómetro. Las moscas fueron expuestas a los olores liberados por los estímulos por 45 min, tiempo después del cual el número de moscas en cada envase de captura fue contado. Las moscas que no se orientaron a uno de los puertos, no fueron contadas. Se realizaron 6 repeticiones por subcrianza en las plántulas y 6 repeticiones de moscas procedentes de la dieta artificial. Para cada repetición se cambiaron las moscas y los estímulos. Los envases de vidrio (envase de captura y envase con el estímulo) y las manguerillas que interconectaban el sistema, no fueron usados en dos ensayos consecutivos. Todo el material fue lavado con detergente neutro y luego secado con alcohol para eliminar totalmente olores residuales. La disposición de cada uno de los estímulos también fue cambiada para cada repetición.

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Análisis de datos de las pruebas de performance de la mosca de la semilla

Para determinar si existían diferencias significativas entre el número de larvas, número de pupas, peso de pupas y número de adultos (variables dependientes), que se desarrollaron en los hospederos *L. mutabilis* o *B. oleracea* (variables independientes), se utilizaron pruebas de t-

Student. Cuando era necesario, los datos fueron log-transformados antes del análisis para cumplir con los supuestos de normalidad requeridos por la prueba.

2.4.2. Análisis de datos de las pruebas de preferencia de la mosca de la semilla

Para determinar si existen diferencias significativas entre el número de moscas *D. platura* que escogieron un hospedero estímulo (*L. mutabilis*, *B. oleracea* y controles), los datos fueron analizados con una prueba de Friedman ANOVA, utilizando como variable dependiente al número de moscas que ingresaron a cada uno de los puertos del olfatómetro y como variable independiente los hospederos estímulo. Cuando fueron significativas las pruebas de Friedman ANOVA, se aplicaron pruebas pareadas de Mann Whitney para determinar cuál(es) de lo(s) hospedero(s) era(n) preferido(s) por *D. platura*.

CAPITULO III

RESULTADOS

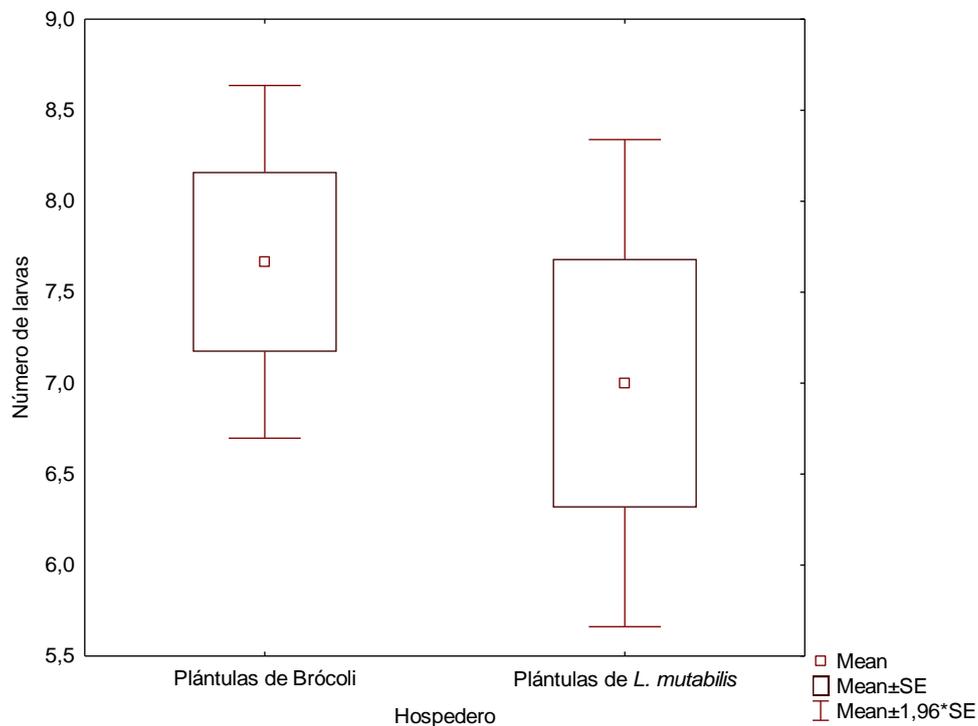
Se obtuvieron un total de 400 adultos de las 600 pupas colectadas en suelos de cultivo de *L. mutabilis* y *B. oleracea* en la parroquia de Canchagua para iniciar la crianza masal de la mosca de la semilla. Los adultos emergieron entre 1 a 5 días después de la colecta en campo. La totalidad de los adultos fueron puestos en las cámaras de crianza que contenían recipientes con la dieta artificial para que se apareen y posteriormente ovipongan. Ya que la intención de la crianza masal fue obtener una gran cantidad de adultos sin importar su sexo, no se sexo a los mismos. Las hembras grávidas eran diferenciadas de los machos debido a presentan un abdomen abultado al estar a punto de oviponer, a diferencia de los machos que presentan un abdomen alargado y delgado.

3.1. Resultados de las pruebas de performance de la mosca de la semilla

3.1.1. Número de larvas

De acuerdo a la prueba t-Student, no se encontraron diferencias significativas entre el número de larvas emergidas en plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea* ($t_{10} = 0.45$; $P > 0.05$; Figura 9; Tabla 2). Esto significa que el número de larvas criadas en plántulas de *B. oleracea* fue igual al número de larvas criadas en plántulas de *L. mutabilis*. El número promedio de larvas criadas en cada hospedero fue de 7.6 ± 0.68 (*L. mutabilis*) y $7,8 \pm 0.53$ (*B. oleracea*). De un número inicial de 100 huevos que se pusieron en los envases (10/hospedero) que contenían suelo con plántulas de *L. mutabilis* o *B. oleracea*, se obtuvieron 76 y 78 larvas respectivamente (Tabla 2).

Figura 9. Comparación del número promedio de larvas de mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de *B. oleracea* y *L. mutabilis*.

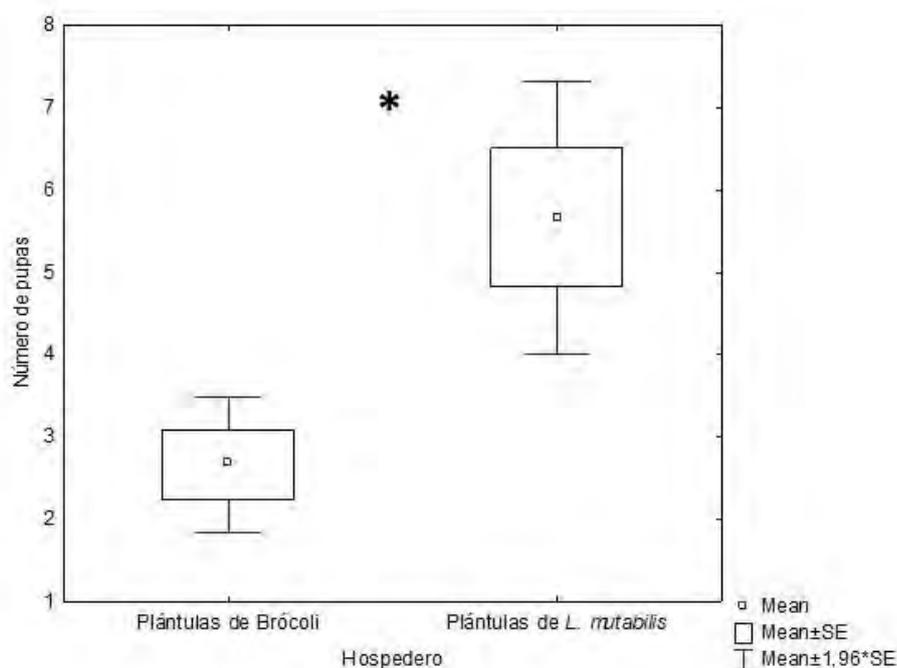


Nota: Después de una prueba de una prueba t-Student, no se encontraron diferencias estadísticas en el número de larvas entre los dos hospederos. Los puntos representan los promedios (medias) del número de larvas. Las cajas la variación del número de larvas emergidas de cada hospedero. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

3.1.2. Número de pupas

El número de pupas desarrolladas en plántulas de *L. mutabilis* fue significativamente mayor en comparación con el número de pupas que desarrollaron en plántulas de *B. oleracea* ($t_{10} = -3.18$; $P < 0.05$; Figura 10). Esto significa que un mayor número de larvas criadas en *L. mutabilis* paso al estado de pupa en comparación al número de larvas que pasaron al estado de pupa en *B. oleracea*. Los promedios de pupas extraídas fueron de 2.7 ± 0.42 en *B. oleracea* y 5.67 ± 0.8 pupas en *L. mutabilis* (Figura 10; Tabla 2). De un número inicial de 76 y 78 larvas que se desarrollaron en las plántulas de *L. mutabilis* o *B. oleracea*, se obtuvieron 57 y 27 pupas respectivamente (Tabla 2).

Figura 10. Comparación del número de pupas de la mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de *B. oleracea* y *L. mutabilis*.

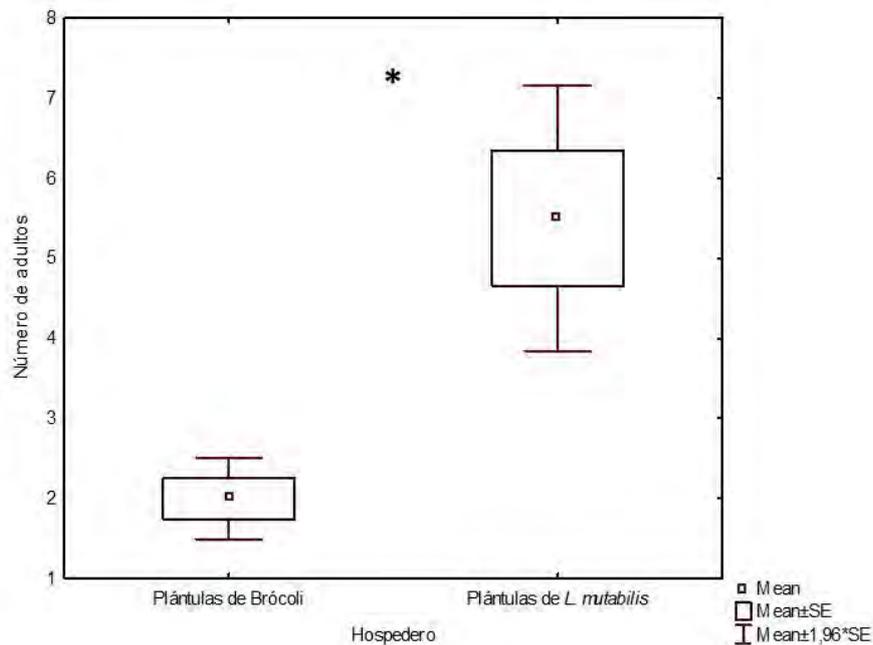


Nota: Después de una prueba de una prueba t-Student, se encontraron diferencias estadísticas en el número de pupas entre los dos hospederos. Los puntos representan los promedios (medias) del número de pupas desarrollados en cada hospedero. El asterisco denota la diferencia significativa ($P < 0.05$) después de una prueba de t-Student. Las cajas la variación del número de pupas emergidas de cada hospedero. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

3.1.3. Número de adultos

En cuanto al número de adultos de *D. platura*, estos emergieron más en plántulas de *L. mutabilis* en comparación con plántulas de *B. oleracea* ($t_{10} = -3.96$, $P < 0.05$; Figura 11; Tabla 2). Esto significa que un mayor número de pupas de *L. mutabilis* pasaron al estado de adulto en comparación al número de pupas que pasaron a adulto en *B. oleraceae*. Los promedios de adultos fueron de 2 ± 2.26 en el caso de *B. oleracea* y 5.5 ± 0.84 en el de *L. mutabilis* (Tabla 2). De un número inicial de 57 y 27 pupas que se desarrollaron en las plántulas de *L. mutabilis* o *B. oleracea*, se obtuvieron 55 y 20 adultos respectivamente (Tabla 2).

Figura 11. Comparación del número de adultos la mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de *B. oleracea* y *L. mutabilis*.

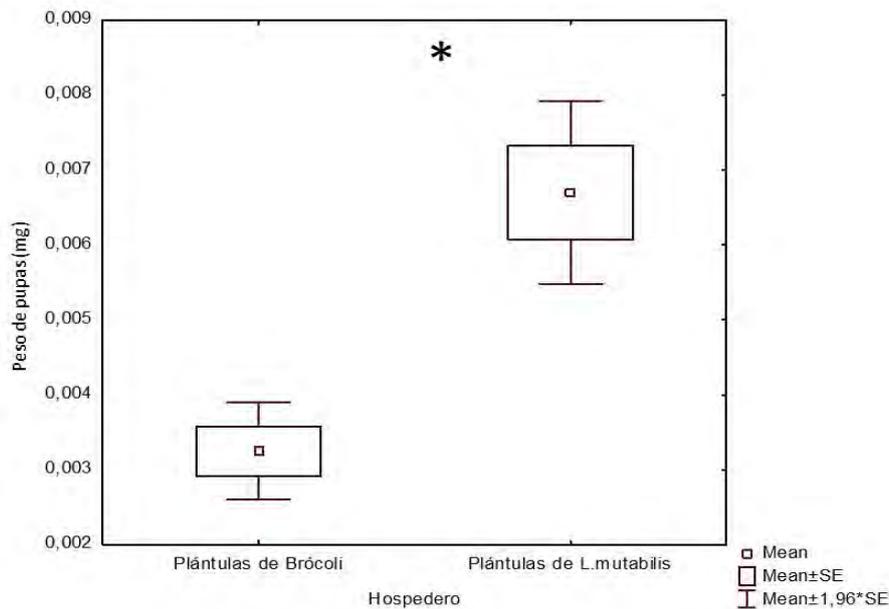


Nota: Después de una prueba de una prueba t-Student, se encontraron diferencias estadísticas en el número de adultos entre los dos hospederos. Los puntos representan los promedios (medias) del número de adultos desarrollados en cada hospedero. El asterisco denota la diferencia significativa ($P < 0.05$) después de una prueba de t-Student. Las cajas la variación del número de adultos emergidas de cada hospedero. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

3.1.4. Peso de pupas

Por otro lado, el peso de las pupas desarrolladas en plántulas de *L. mutabilis* fue significativamente mayor que las pupas extraídas de *B. oleracea* ($t_{10} = -4.89$; $P < 0.05$; Figura 12; Tabla 2) con promedios de 6.7 ± 0.06 y 3.3 ± 0.05 mg respectivamente. Esto significa que las pupas que se criaron en plántulas de *L. mutabilis* recibieron una mejor alimentación que se denota en su mayor peso en comparación a las que se desarrollaron en las plántulas de *B. oleraceae*. Estos resultados sugieren que *L. mutabilis* es un hospedero de una mejor calidad nutricional para la mosca de la semilla en comparación con *B. oleracea*.

Figura 12. Comparación del peso de pupas de la mosca de la semilla desarrolladas en plántulas de *B. oleracea* y *L. mutabilis*.



Nota: Después de una prueba de una prueba t-Student, se encontraron diferencias estadísticas en el número de pupas entre los dos hospederos. Los puntos representan los promedios (medias) del número de pupas desarrollados en cada hospedero. El asterisco denota la diferencia significativa ($P < 0.05$) después de una prueba de t-Student. Las cajas la variación del número de pupas emergidas de cada hospedero. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

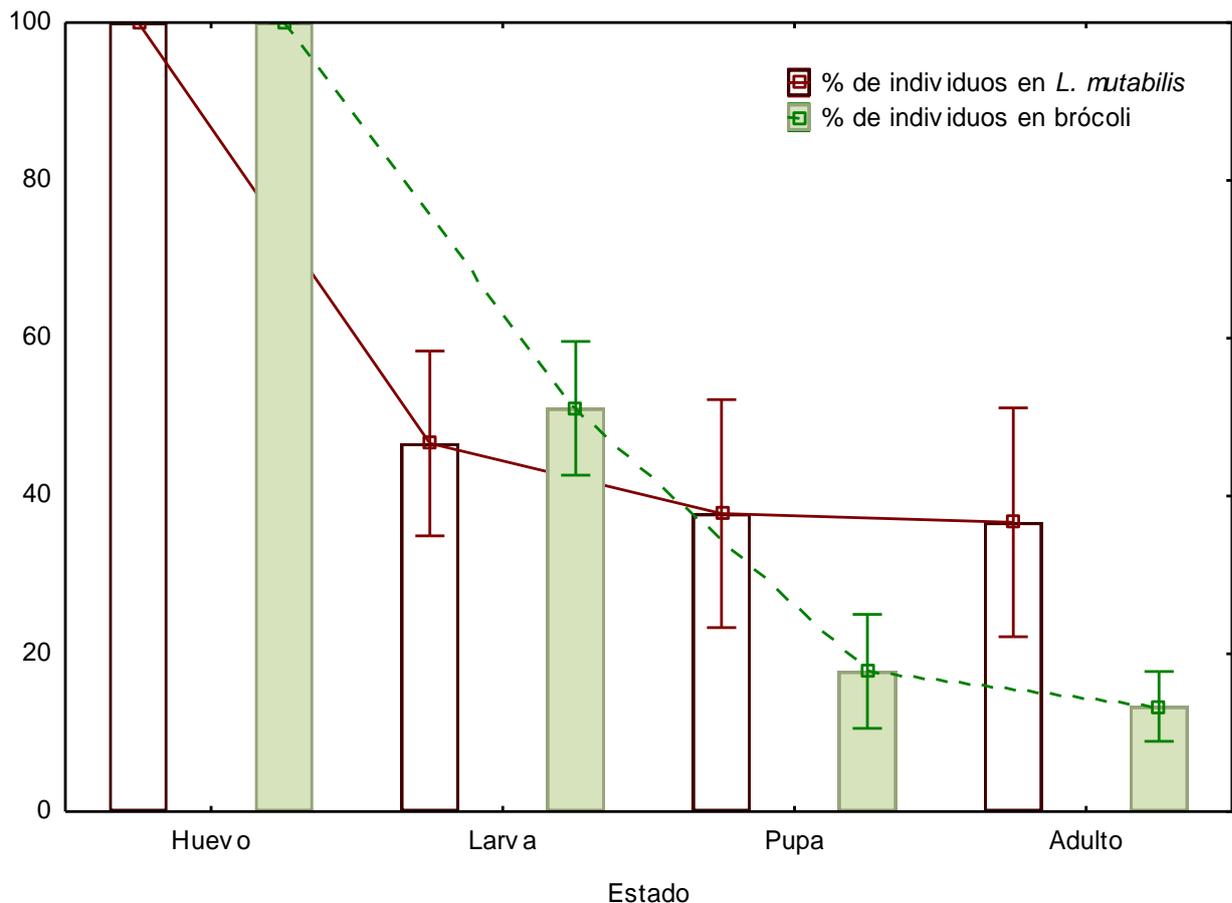
Tabla 2: Número promedio de pupas obtenidas en el ensayo de performance de la mosca de la semilla *D. platura*,

Variable	Plántulas de <i>L. mutabilis</i>	Plántulas de <i>B. oleracea</i>
Número de larvas	7.6 ± 0.68	7.8 ± 0.53
Número de pupas	$5.7 \pm 0.8^*$	$2.7 \pm 0.42^*$
Número de adultos	$5.5 \pm 0.84^*$	$2.0 \pm 2.26^*$
Peso de pupas (mg)	$6.7 \pm 3.3^*$	$3.3 \pm 0.05^*$

Nota: La tabla muestra el promedio \pm el error estándar del número de larvas, pupas y adultos y el peso de las pupas cuyos de la mosca de la semilla cuyos huevos fueron puestos en envases de plástico que contenían plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea*.

También debemos destacar que el 36.7% de los huevos criados en *L. mutabilis* llegaron al estado de adulto y la supervivencia de las moscas criadas en *B. oleracea* fue del 13.3% (Figura 13).

Figura 13. Porcentaje de supervivencia de la mosca de la semilla *D. platura* (estados de larva, pupa y adulto) criadas en plántulas de *B. oleracea* y *L. mutabilis*.



Nota: El experimento se inició con un número fijo de 10 huevos de *D. platura* por hospedero por repetición. Se denota como la mortalidad de la mosca de la semilla va incrementando a medida que van cambiando de estado.

3.2. Resultados de las pruebas de preferencia de la mosca de la semilla

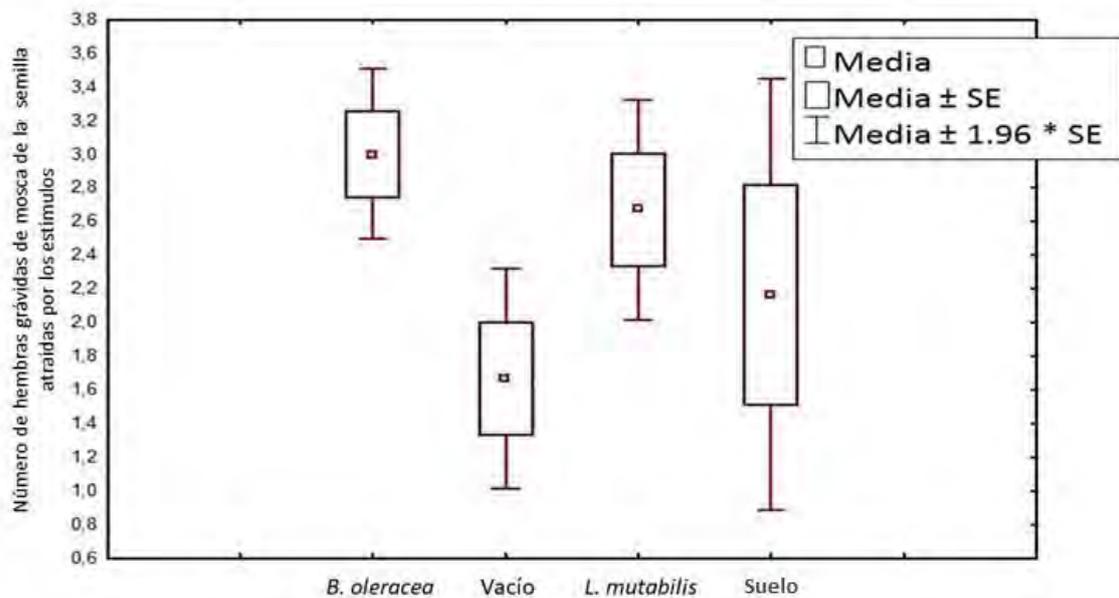
Para evaluar la preferencia de la mosca de la semilla por plántulas de *B. oleracea*, *L. mutabilis*, moscas grávidas criadas en las dichas plántulas y una dieta artificial (control) 6 grupos de 12 moscas adultas grávidas fueron puestas en un olfatómetro de 4 puertos y expuestas

a los siguientes estímulos: a) plántulas de *B. oleracea*, b) plántulas de *L. mutabilis*, c) suelo y d) frasco vacío. Obtuvimos los siguientes resultados:

3.2.1. Preferencia de las moscas adultas criadas en la dieta artificial

La prueba de Friedman ANOVA dio como resultado que las moscas criadas en la dieta artificial no tuvieron preferencia por el olor de *B. oleracea* y *L. mutabilis*, frasco vacío y suelo ($X^2 (N = 6, df = 3) = 0.087, p > 0.05$), por lo tanto, tampoco no fue necesario realizar las pruebas pareadas de Mann Whitney (Figura 14).

Figura 14. Preferencia de hembras grávidas de la mosca de la semilla criadas en la dieta artificial expuestas a los estímulos *B. oleracea*, vacío, *L. mutabilis* y suelo.

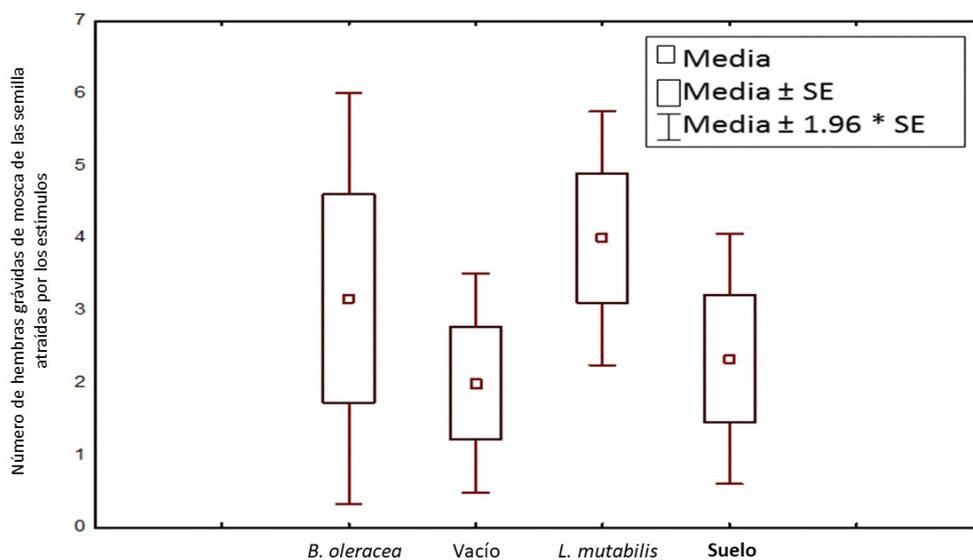


Nota: Se realizó una prueba de Friedman ANOVA, $X^2 (N = 6, df = 3) = 5.22$, que fue no significativa $p > 0.05$. Los puntos representan los promedios (medias) del número de adultos que se dirigieron a cada estímulo. Las cajas la variación del número de adultos emergidos de cada hospedero. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

3.2.3. Preferencia de las moscas adultas criadas en *Lupinus mutabilis*

De acuerdo a los resultados al aplicar la prueba el Friedman ANOVA, las moscas criadas en *L. mutabilis* no tuvieron preferencia por ninguno de los estímulos (*B. oleracea*, *L. mutabilis*, vacío o suelo) $X^2 (N = 6, df = 3) = 2.36, p > 0.05$, es decir estas se dirigían a todos los estímulos por igual. Por lo tanto, no fue necesario realizar las pruebas pareadas de Mann Whitney (Figura 15).

Figura 15. Preferencia de hembras grávidas de *D. platura* criadas en *L. mutabilis* expuestas a los estímulos *B. oleracea* (brócoli), vacío, *L. mutabilis* y suelo.



Nota: Se realizó una prueba de Friedman ANOVA, $X^2 (N = 6, df = 3) = 2.36$, que fue no significativa $p > 0.05$. Los puntos representan los promedios (medias) del número de adultos que se dirigieron a cada estímulo y quedaron atrapados en los envases de captura. Las cajas la variación del número de adultos que se dirigieron y fueron atrapados en los envases de captura. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

3.2.2. Preferencia de las moscas adultas criadas en *Brassica oleracea*

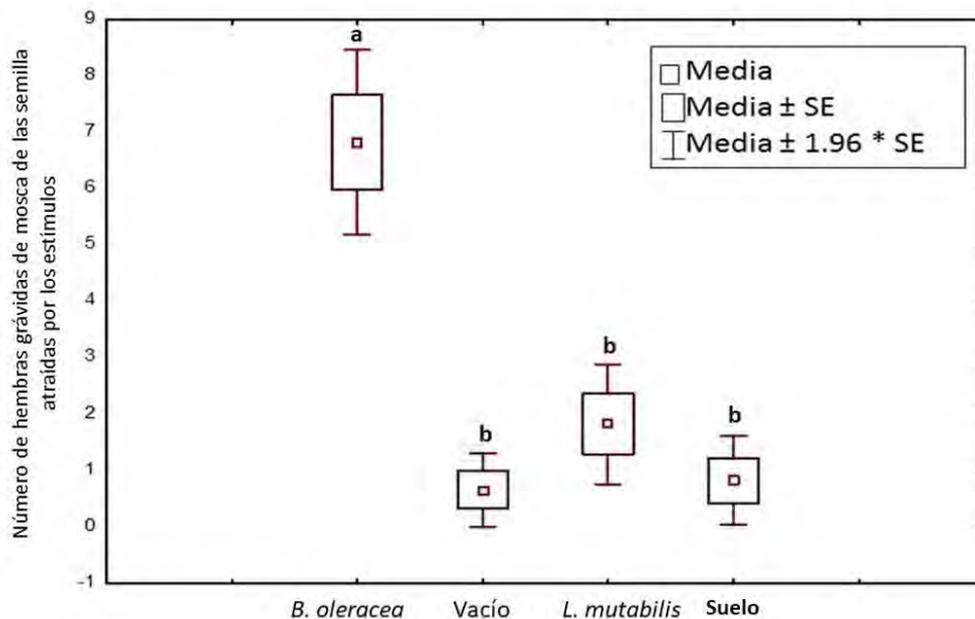
De acuerdo los resultados al aplicar la prueba de Friedman ANOVA, las moscas criadas en *B. oleracea* prefirieron alguno de los estímulos a los cuales fueron expuestas, $X^2 (N = 6, df = 3) = 11.94, p < 0.05$. Dado que los resultados muestran que al menos uno de los estímulos atrae más a las moscas grávidas criadas en *B. oleracea*, se realizó una prueba pareada de Mann

Whitney para determinar cuál o cuáles son los estímulos que atrajeron más a *D. platura*, criadas en *B. oleracea* los resultados fueron los siguientes:

3.3. Pruebas de Mann Whitney para determinar cuál o cuáles son los estímulos que atrajeron a las moscas adultas a *B. oleracea*, *L. mutabilis*, dieta artificial y envase vacío, número de moscas que se dirigieron al estímulo con plántulas de *B. oleracea*

El estímulo con que contenía el olor de plántulas de *B. oleracea* fue el preferido por las moscas adultas de *D. platura* criadas en *B. oleracea*, es decir, en este grupo de moscas presentan fidelidad al hospedero donde fueron criadas en comparación con los estímulos que contenían al olor de plántulas *L. mutabilis* (Mann Whitney $U = 0.5$, $n_b = n_l = 6$, $p < 0.05$), olor a suelo (Mann Whitney $U = 0.0$, $n_l = n_t = 6$, $p < 0.05$) y el envase vacío (Mann Whitney $U = 0.0$ $n_b = n_v = 6$, $p < 0.005$) (Figura 16).

Figura 16. Preferencia de hembras grávidas de *D. platura* criadas en *B. oleracea* expuestas a los estímulos *B. oleracea*, vacío, *L. mutabilis* y suelo.



Nota: Se realizó una prueba de Friedman ANOVA, $X^2 (N = 6, df = 3) = 11.94$, que fue significativa $p > 0.05$. Los puntos representan los promedios (medias) del número de adultos que se dirigieron a cada estímulo y quedaron

atrapados en los envases de captura. Las letras diferentes muestran cual o cuales estímulos fueron estadísticamente diferentes. Las cajas la variación del número de adultos que se dirigieron y fueron atrapados en los envases de captura. Las barras representan el error estándar ± 1.96 la desviación estándar (SE).

A continuación, se muestra un cuadro resumen mostrando los resultados de las pruebas de preferencia:

Tabla 3. Tabla resumen de resultados de las pruebas de preferencia.

Criada en:	Estímulos			
	<i>B. oleracea</i>	Vacío	<i>L. mutabilis</i>	Suelo
<i>B. oleracea</i>	5.17 \pm 0.79	1.17 \pm 0.40	1.33 \pm 0.67	1.17 \pm 0.40
<i>L. mutabilis</i>	3.16 \pm 1.45	2.0 \pm 0.77	4.0 \pm 0.89	2.33 \pm 0.88
Dieta Artificial	3.00 \pm 0.26	1.66 \pm 0.33	2.66 \pm 0.33	2.16 \pm 0.65

Nota: Se muestran los promedios \pm error estándar de la preferencia del número de moscas grávidas criadas en plántulas *B. oleracea* y *L. mutabilis* que se dirigieron y fueron atrapadas en los envases de captura de los estímulos: plántulas de *B. oleracea*, plántulas de *L. mutabilis* y controles (vacío sin olor y suelo solo). Se realizaron 6 réplicas del experimento por hospedero. Cada réplica consistía en 12 moscas grávidas expuestas a los olores. Los resultados en negrita son significativamente diferentes después de una comparación pareada de Mann Whitney.

Es necesario mencionar que en los experimentos con las hembras criadas en *L. mutabilis*, el brócoli fue la fuente de olor menos preferida (13.6%) en comparación con las otras tres fuentes, *L. mutabilis* (31.8%), suelo estéril (28.8%) y el envase vacío (25.8%) (Figura 11). Las respuestas de las hembras criadas en la dieta artificial fueron uniformes para todas las fuentes de olor: plántulas de *B. oleracea* (30.4%), suelo estéril (26.1%), *L. mutabilis* (23.2%) y envase vacío (20.3%).

DISCUSIÓN

Nuestro trabajo propuso poner a prueba la hipótesis de preferencia y performance en el sistema mosca de la semilla *L. mutabilis* y *B. oleracea*. De acuerdo a los resultados de las pruebas de olfatometría, solo las hembras adultas grávidas de la mosca de la semilla, *D. platura*, criadas en plántulas de *B. oleracea* prefirieron al hospedero en el cual se desarrollaron, es decir, el olor de las plántulas de *B. oleracea* para oviponer en comparación a los otros estímulos. Esto no fue cumplido por las hembras grávidas criadas en *L. mutabilis*, que no reconocieron a *L. mutabilis* como hospedero, pero al mismo tiempo ya no son capaces de reconocer a su hospedero conocido (*B. oleracea*). Según nuestro estudio, se podría sugerir que *D. platura* es naturalmente atraída para oviponer por las plántulas *B. oleracea* en condiciones tanto de invernadero (donde se inicia su cultivo) como de campo luego de ser trasplantadas y no por las plántulas de *L. mutabilis*. Dando soporte a nuestros resultados, Gouinguéné and Städler (2005) concluyeron que las moscas adultas de *D. platura* son atraídas por el glucosinolato sinigrina que se encuentra naturalmente en plantas de la familia Brassicaceae. Por lo tanto, la mosca de la semilla *D. platura* pudo ser atraída por la sinigrina que se encuentra en el *B. oleracea*, al pertenecer esta planta a la familia Brassicaceae. Existen otros estudios con especies congéneres de *D. platura* como el de Dindonis and Miller (1980) que concluyen que la mosca de la cebolla *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae) es atraída por el olor de plantas y plántulas de cebolla en estado de descomposición en comparación con plantas y plántulas sanas. Por otro lado, aunque nuestro estudio comprobó que *D. platura* es atraída por plántulas de *B. oleracea*, Finch (1989) propone que *D. platura* también es atraída por el olor de material vegetal en descomposición. Esto es corroborado por Guerra et al. (2017) que mediante pruebas de olfatometría encontraron que *D. platura* es atraída por residuos de brócoli en descomposición en comparación a semillas de *L. mutabilis*. Esto nos sugiere que *D. platura* es atraída no solo por un compuesto (e.g., Sinigrina) sino por otros relacionados a la descomposición de plantas

de la familia Brassicaceae. Se podría sugerir que las hembras grávidas de *D. platura* son atraídas por compuestos volátiles producidos por plántulas de *B. oleracea* var. *Italica* que son trasplantados en grandes cantidades en la provincia de Cotopaxi en Ecuador más no por las plántulas de *L. mutabilis*. En nuestros experimentos la mosca de semilla se desarrolló en 2 hospederos y la dieta artificial, si bien los que desarrollaron en *B. oleracea*, pudieron conservar su capacidad de reconocer a su hospedero, nos llama la atención de que los que desarrollaron en *L. mutabilis* y la dieta artificial ya no reconocieran *B. oleracea* como su hospedero primigenio. Se propone que los insectos especialistas o monófagos son mejores en tomar decisiones que los polífagos, como la mosca de la semilla, que tienen rangos más amplios de dietas. Esto permite a los especialistas estar más “sintonizados” con sus hospederos, por el contrario, el tener muchos hospederos dificulta el elegir al correcto tal cual probablemente pasó con nuestros sujetos de estudio criados en *L. mutabilis* y la dieta artificial.

En cuanto al desempeño de la mosca de la semilla, el número de larvas que se desarrollaron fue similar tanto en plántulas *B. oleracea* (brócoli) como en plántulas de *L. mutabilis* por lo tanto, se puede sugerir que *D. platura* tiene un desempeño similar en ambos hospederos. Este resultado fue inesperado ya que se consideraba que *D. platura* tendría un mejor desempeño en *B. oleracea* en comparación a *L. mutabilis* al ser un insecto que tiene preferencia por plantas de la familia Brassicaceae y con una menor capacidad de detoxificación de compuestos químicos de defensa en altas concentraciones como los alcaloides quinolizodínicos (e.g., Lupanina) que se presentan en *L. mutabilis* (Wink, 1992, 1998). Este resultado incluso cambia al encontrar un mayor número de pupas, peso de las pupas y número de adultos que se desarrollaron en *L. mutabilis* en comparación a *B. oleracea*. Esto nos sugiere que las plántulas de *L. mutabilis* son un hospedero de buena calidad para el desarrollo de *D. platura* en comparación a *B. oleracea*. Esto podría atribuirse a que el contenido de compuestos químicos

de defensa (alcaloides) disminuyen en más del 20 % durante el proceso de germinación de las semillas ya que las moléculas de nitrógeno de los alcaloides son reasignadas para la síntesis de proteínas y otros metabolitos primarios necesarios para el crecimiento de la planta (Wink & Witte, 1984). Este proceso de reasignación de recursos a crecimiento en vez de defensa en plántulas de *L. mutabilis* ayudaría a *D. platura* a obtener una mayor cantidad de proteínas en plántulas en crecimiento de *L. mutabilis* haciendo que tanto el peso de las pupas, número de pupas y número de adultos sea mayor. *L. mutabilis* es considerada como una planta altamente nutritiva por su alto contenido de proteínas (45%) y lípidos (19%) (Caicedo *et al.*, 2010) que, en este caso, estaría beneficiando el desarrollo de *D. platura*.

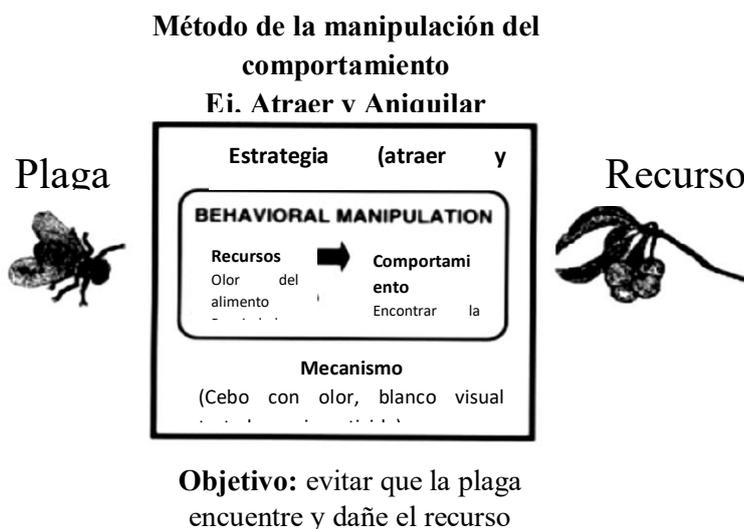
Resultados similares fueron encontrados por Guerra *et al.* (2017), en el cual el peso de las pupas de *D. platura* desarrolladas en semillas germinadas de *L. mutabilis* fue mayor en comparación a pupas desarrolladas en residuos de *B. oleracea*. La calidad de la planta hospedera es un determinante clave de las estrategias reproductivas de los insectos, haciéndolos más fecundos en comparación a plantas de una menor calidad (Awmack & Leather, 2002) por lo tanto asegurando el futuro de la progenie.

La mosca de la semilla *Delia platura* en el Ecuador es considerada una de las plagas más importantes del cultivo de *L. mutabilis* (Lomas *et al.*, 2012). Según nuestros resultados de las pruebas de preferencia, *D. platura* es atraída por el olor emitido por plántulas *B. oleracea* en comparación a plántulas de *L. mutabilis*, por lo tanto *D. platura* prefiere tal cual lo esperado a *B. oleracea* de la familia Brassicaceae como su hospedero. Por otro lado, *D. platura* no tiene un mejor desempeño en *B. oleracea*. Por lo tanto, según nuestros resultados no existe una relación positiva entre la preferencia y el desempeño de *D. platura* en *B. oleracea* tal cual lo propuesto por la hipótesis de preferencia performance propuesta por Valladares and Lawton (1991). Los estadios inmaduros de *D. platura* según nuestros estudios han demostrado una alta

capacidad de adaptación a nuevos hospederos. Por lo tanto, se podría sugerir que si tanto los adultos como los estados inmaduros de la mosca de la semilla siguen siendo expuestos a *L. mutabilis*, es probable que estos en el futuro desarrollen la capacidad de reconocer a *L. mutabilis* como un hospedero más. De esta forma la mosca de la semilla estaría ampliando su rango de hospederos.

De acuerdo a los resultados de preferencia, se podría tomar como una alternativa al control de *D. platura*, el uso de trampas cargadas con compuestos volátiles característicos del olor de las plántulas de *B. oleracea* como la sinigrina en conjunto con algún tipo de insecticida. El olor a la sinigrina atraería a las moscas grávidas y el insecticida eliminaría a las mismas al entrar en contacto con este. Esta propuesta va de acuerdo al método de manipulación de la conducta de los insectos dentro de la estrategia “atraer y aniquilar” propuestos por Foster & Harris (1997), cuyo objetivo es detener a la plaga de encontrar y dañar al recurso considerado importante, en este caso a *L. mutabilis* (Figura 16).

Figura 17. Método de manipulación conductual de insectos: atraer y aniquilar a la plaga.



Fuente: Foster & Harris 1997.

CONCLUSIONES

En esta tesis se planteo poner a prueba la siguiente hipótesis: las hembras grávidas de la mosca de la semilla *Delia platura* preferirán oviponer y tendrán un mejor desarrollo en plántulas de *Brassica oleracea* var. *Italica* en comparación a plántulas de *Lupinus mutabilis*. Esta hipótesis fue evaluada mediante pruebas de olfatometría (preferencia) y desarrollo de las larvas, pupas y adultos y el peso de las pupas en los mencionados hospederos (performance). En función a nuestros resultados concluimos que:

- 1) Que después de haber expuesto a 6 grupos de 12 hembras grávidas de *D. platura* criadas en una dieta artificial, plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea* y luego exponerlas a los estímulos: 1) plántulas de *L. mutabilis* var Andino 450, 2) plántulas de Brócoli, 3) un envase vacío (control 1) y 4) un envase con suelo (control 2), las hembras grávidas de la mosca de la semilla prefieren las plántulas de *B. oleracea* por sobre los otros estímulos. Las hembras grávidas adultas que desarrollaron en *L. mutabilis* no eligieron ningún hospedero. Por lo tanto, solo las moscas de la semilla *D. platura* que se desarrollaron en *B. oleracea* prefieren a su hospedero original, el brócoli *B. oleracea*.
- 2) Que después de haber evaluado la performance de la mosca de la semilla en plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea*, esta tiene un mejor desarrollo en plántulas de *Lupinus mutabilis*. Encontramos un mayor número de larvas, pupas y adultos y un mayor peso de pupas en las plántulas mencionadas en comparación a las plántulas de *Brassica oleracea*.

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis de preferencia performance de la mosca de la semilla en plántulas de *L. mutabilis* y *B. oleracea*.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios más profundos para determinar cuál o cuáles son los compuestos más específicos de las plántulas *Brassica oleracea var. Italica* que atraen a la mosca de la semilla, *Delia platura*, y de esta manera utilizarlos para manipular la conducta de la mosca de la semilla para su control.

Se recomienda hacer estudios en campo (condiciones naturales) y evaluar la preferencia y desempeño de la mosca de la semilla, *Delia platura*, por *Lupinus mutabilis* y *Brassica oleracea var. Italica* para confirmar los estudios realizados en condiciones controladas de laboratorio hechas en esta tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- Awmack C, Leather S. 2002.** Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* **47**: 817–844.
- Birke A, Aluja M. 2017.** Do mothers really know best? Complexities in testing the preference-performance hypothesis in polypahgous frugivores fruit flies. *Bulletin of Entomological Research*. **108**: 1-11.
- Caicedo C, Peralta E. 2001.** Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. *Boletín Técnico Estación Experimental Santa Catalina* **89**: 1–38.
- Caicedo C, Peralta E. 2001.** El Cultivo del chocho *Lupinus mutabilis* Sweet: Fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador. *INIAP -FUNDACYT P-BID*: 1–47.
- Caicedo C, Peralta E, Murillo A, Rivera M. 2010.** INIAP 450 ANDINO. Variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Boletín Técnico Estación Experimental Santa Catalina* **169**: 2.
- Charlery de la Masselière, M., Facon, B., Hafsi, A. et al. 2017.** Diet breadth modulates preference - performance relationships in a phytophagous insect community. *Sci Rep* **7**, 16934. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17231-2>
- Dindonis LL, Miller JR. 1980.** Host-finding responses of onion and Seedcorn flies to healthy and decomposing onions and several synthetic constituents of onion. *Environmental Entomology* **4**: 467–472.
- Finch S. 1989.** Ecological considerations in the management of *Delia* pest species in vegetable crops. *Annual Review of Entomology* **34**: 117–137.

- Foster SP, Harris MO. 1997.** Behavioral Manipulation Methods For Insect Pest-Management. *Annual Review of Entomology*: 123–146.
- Gall JL. 2010.** El brócoli en Ecuador: la fiebre del oro verde. Cultivos no tradicionales, estrategias campesinas y globalización. *Anuario Americanista Europeo*: 261–288.
- Geoff M, Gurr S, Wratten W, Snyder E. 2012.** *Biodiversity and insect pest: key issues for sustainable management*.
- Gill HK, Goyal G, Gillett-kaufman JL. 2013.** Seedcorn maggot, *Delia platura* (Meigen) (Insecta: Diptera: Anthomyiidae). *Entomology and Nematology Department, UF/IFAS extension EENY566*: 1–5.
- Gouinguéné SP, Städler E. 2005.** Comparison of the sensitivity of four *Delia* species to host and non-host plant compounds. *Physiological Entomology* **30**: 62–74.
- Gouinguéné SP, Städler E. 2006.** Oviposition in *Delia platura* (Diptera, Anthomyiidae): the role of volatile and contact cues of bean. *Journal of Chemical Ecology* **32**: 1399–413.
- Griffiths G. 1991.** *Flies of the Nearctic Region: Anthomyiidae* (GCD Griffiths, Ed.).
- Gripenberg S, Mayhew PJ, Parnell M, Roslin T.** A meta analysis of preference performance relationships in phytophagous insects. *Ecology letters* **13**: 383-393.
- Guerra PC, Keil K, Stevenson P, Mina D, Samaniego S, Peralta E, Mazon N, Chancellor T. 2017.** Larval performance and adult attraction of *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae) in a native and introduced crop. *Economic Entomology* **110**: 189–191.
- Harris CR, Svec HJ, Begg JA. 1966.** Mass rearing of root maggots under controlled environmental conditions: Seed-Corn maggot, *Hylemya cilicrura*, Bean Seed Fly, *H. liturata*, *Euxesta notata* and *Chaetopsis* sp. *Journal of Economic Entomology* **59**: 407–410.

- Heard TA. 2000.** Concepts in insect host-plant selection behavior and their application to host specificity testing host plant selection in phytophagous insects. In: Host specificity testing of exotic arthropod biological control agents: the biological basis for improvement in safety. 10.
- Hopkins RJ, van Dam NM, van Loon JA. 2009.** Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology* **54**: 57–83.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1996.** *Informe nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos fitogenéticos (Leipzig, 1996)*.
- Jacobsen S, Stephen S. 2002.** *Cultivo de granos andinos en Ecuador* (J Pavon and E Rosero, Eds.). Quito.
- Johnson SN, Birch NE, Gregory PJ, Murray PJ. 2006.** The ‘mother knows best’ principle: should soil insects be included in the preference–performance debate? *Ecological Entomology* **31**: 395–401.
- Lomas L, Mazon N, Rivera M, Peralta E. 2012.** Cuantificación del daño y alternativas para el control de la mosca de la semilla (*Delia platura* Meigen) en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), en Ecuador. *CdP8 McKnight foundation*: 27.
- López-Avila L, Rincon F. 2006.** Diseño de un olfatómetro de aire para medir respuestas olfativas de insectos de tamaño mediano y pequeño. *Corpoica* **7**: 61–65.
- Matthews R, Matthews J. 2010.** Chemical Communication. In: Insect behavior. 217–327.
- Petterson J. 1970.** An aphid attractant. I. Biological studies. *Entologia Escandinava* **1**.
- Pivnick KA, Jarvis BJ, Slater GP. 1994.** Identification of olfactory cues used in host-plant finding by diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of chemical ecology* **20**: 1407–1427.

- Price P. 1997.** Behavioral Ecology. In: *Insect Ecology*. 375–410.
- Price PW, Denno RF, Eubanks MD, Finke DL, Kaplan I. 2011.** *Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Renwick JAA. 1989.** Chemical ecology of oviposition in phytophagous insects. *Experientia* **45**: 223–228.
- Schoeneberger H, Gross R, Cremer HD, Elmadfa I. 1982.** Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *The Journal of nutrition* **112**: 70–6.
- Valladares G, Lawton JH. 1991.** Host-plant selection in the holly leaf-miner – does mother know best? *Journal of Animal Ecology* **60**: 227–240.
- Van-Alphen J, Jervis M. 1996.** Insect natural enemies: Practical approaches to their study and evaluation. In: *Foraging behavior*. 1–62.
- Vet LEM, van Lenteren JC, Heymans M, Meelis E. 1983.** An airflow olfactometer for measuring olfactory responses of hymenopterous parasitoids and other small insects. *Physiological Entomology*: 97–107.
- Visser H. 1986.** Host odour perception in phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* **31**: 121–144.
- Walter GH. 2003.** *Insect Pest Management and Ecological Research*.
- Wink M. 1992.** The role of quinolizidine alkaloids on plant-insect interactions. In: Bernays EA, ed. *Insect-Plant Interactions*. Florida: C R C Press, 131–166.
- Wink M. 1998.** Chemical ecology of alkaloids. In: *Alkaloids: biochemistry, ecology and medicinal applications*. New York: Plenum Press, 265–300.

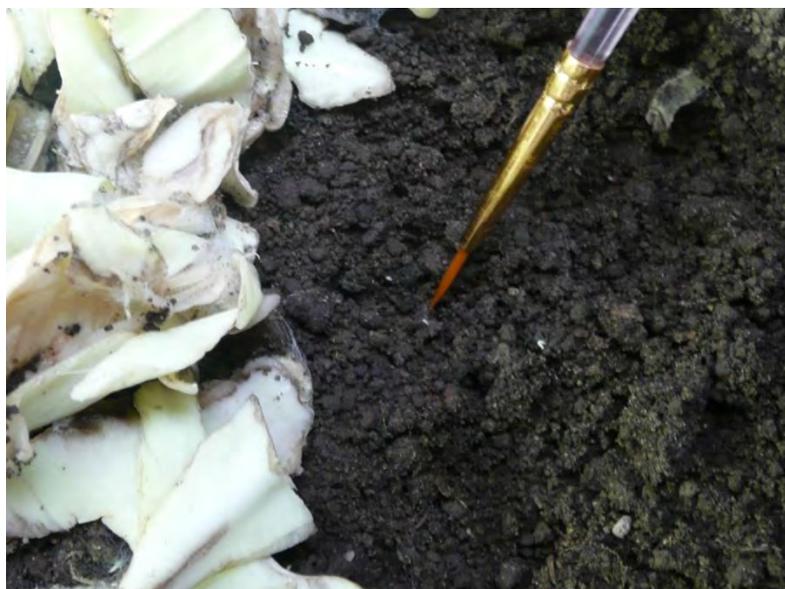
Wink M, Witte L. 1984. Quinolizidine alkaloids as nitrogen source of lupin seedlings and cell cultures. *Z. Naturforsch* **40c**: 767–775.

ANEXOS

Anexo 1. Huevos de la mosca de la semilla (*D. platura*) encima de tallos de del brócoli (*B. oleracea*).



Anexo 2. Huevos de la mosca de la semilla (*D. platura*) puestos encima del suelo y debajo de materia orgánica en descomposición. (Fuente propia).



Anexo 3. Larva de la mosca de la semilla (*D. platura*) mostrando ganchos negros en la boca.



Anexo 4. Larvas de la mosca de la semilla (*D. platura*) alimentándose cotiledones del tarwi (*L. mutabilis*).



Anexo 5. Pupas de la mosca de la semilla (*D. platura*) a lado de los restos del brócoli (*B. oleracea*) (sub crianza en laboratorio).



Anexo 6. Pupas de la mosca de la semilla (*D. platura*) colectadas de la crianza masal.



Anexo 7. Adultos de la mosca de la semilla (*D. platura*) en cámaras de crianza.



Anexo 8. Adulto de la mosca de la semilla (*D. platura*), parte ventral.



Anexo 9. Bandeja de crianza con dieta artificial puesta encima de suelo esterilizado



Anexo 10. Dieta artificial lista para ponerlas en las cámaras de crianza.



Anexo 11. Estación Experimental Santa Catalina, Quito-Ecuador.



Anexo 12. Lugar de colecta de pupas de la mosca de la semilla de campo totalmente devastado (100% de perdidas) en la parroquia de Canchagua en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi



Anexo 13. Pupas colectadas de *D. platura* en la parroquia de Canchagua en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi.



Anexo 14. Unidad experimental para pruebas de preferencia. Envase con 40 gr de suelo esterilizado, 3 plántulas de tarwi (*L. mutabilis*) y 20 huevos de la mosca de la semilla (*D. platura*).



Anexo 15. Registro de pupas de la mosca de la semilla (*D. platura*) en pruebas de desempeño



Anexo 16. **Conteo y separación de pupas criadas en tarwi (*L. mutabilis*) y brocoli (*B. oleracea*) para las pruebas de desempeño.**



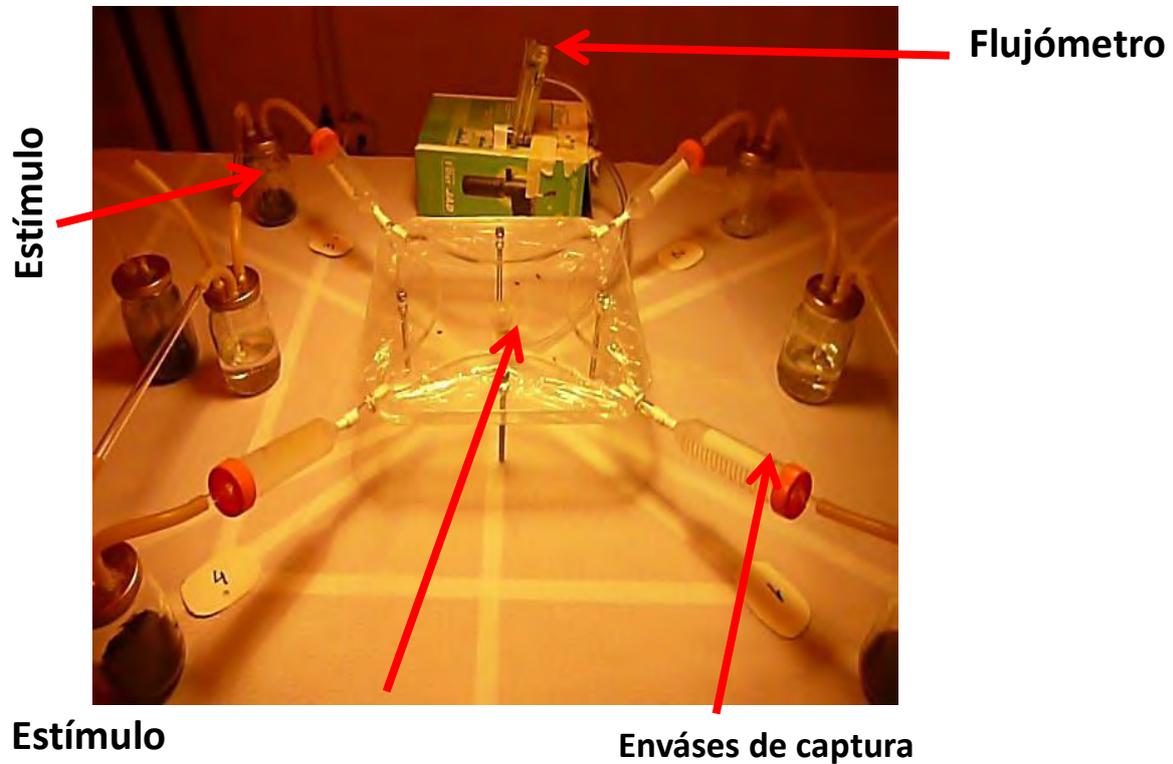
Anexo 17. Cámaras de crianza de *D. platura* en laboratorio de crianza del PRONALEG-GA, Estación Experimental Santa Catalina



Anexo 18. Cámara de crianza con adultos de *D. platura* mostrando bandejas de ovipostura



Anexo 19. Olfatómetro de 4 vías. Se muestra la arena donde son puestos los individuos de *D. platura* para las pruebas de preferencia que a su vez es conectada a los recipientes de captura y estos a los estímulos. La arena tiene un hoyo en la parte inferior.



Anexo 20. Montaje de olfactómetro de 4 vías antes de empezar las pruebas de olfatometría

