



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA ECOLOGÍA Y GESTIÓN

Polifenismo de *Pseudopogonogaster hebardii* Terra, 1982, y el efecto de este en su supervivencia.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

Autor:

JUAN ISAAC BRITO LUCERO

Director:

PABLO SEBASTIÁN PADRÓN MARTÍNEZ

Cuenca-Ecuador

2018

DEDICATORIA

A mi madre Sonia, por ser la persona más valiente e importante en mi vida.

A mis hermanos, mi tía Marcia y mi abuelo por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Sebastián Padrón por toda la ayuda y paciencia durante la realización de este proyecto, por la confianza y enseñanza que me brindó durante todo el tiempo de trabajo y por todo el conocimiento adquirido.

A Boris Tinoco y René Zúñiga por su apoyo, comentarios y la revisión de este documento.

A la Universidad del Azuay, por la ayuda brindada y por permitirme realizar este estudio en la Estación Científica el “Gullán”.

Al Ministerio del Ambiente por los permisos otorgados para la elaboración de mi estudio.

A mis amigos, quienes fueron parte fundamental durante toda mi carrera a lo largo de estos años.

A mis hermanos, Pedro, Ma Rosa y Gabriel quienes son el motor de mi vida.

Finalmente a mi madre Sonia, mi tía Marcia y mi abuelo Eugenio, gracias a ellos fue posible todo mi estudio en la Universidad, agradezco por todo el amor y la confianza que depositaron en mí, son la base para mi crecimiento profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	1
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA.....	7
2.1 Área de estudio.....	7
2.2 Colección de Especímenes	8
2.3 Descripción de morfos	9
2.4 Especímenes	10
2.5 Experimento Detección por Aves.....	13
2.6 Experimento de Detección en Computadora.....	15
2.7 Experimento Efectividad en captura de Presas	18
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	20
3.1 Descripción	20
3.2 Descripcion de Morfos	22
3.2.1 <i>Morfo Liquen Blanco (MLBB)</i>	23

3.2.2	<i>Morfo Liquen Verde (MLV)</i>	24
3.2.3	<i>Morfo Musgo Verde (MM)</i>	26
3.2.4	<i>Morfo Liquen Blanco y Negro (MLB)</i>	28
3.3	Descripción de Instares	29
3.3.1	<i>1er Instar (n10)</i>	29
3.3.2	<i>2do Instar (n8)</i>	30
3.3.3	<i>3er Instar (n2)</i>	31
3.3.4	<i>4to Instar (n2)</i>	32
3.3.5	<i>5to Instar (n1)</i>	33
3.3.6	<i>6to Instar (n2)</i>	34
3.4	Análisis estadísticos	35
3.4.1	<i>Experimento de Detección por Aves</i>	35
3.4.2	<i>Experimento de Detección por Computadora</i>	35
3.4.3	<i>Experimento de Caza</i>	39
 CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN		42
4.1	Experimento de detección por Aves.....	42
4.2	Experimento detección por Computadora.....	44
4.3	Experimento Efectividad en captura de presas.....	45
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
REFERENCIAS		48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Área de estudio, bosques de la estación Científica “El Gullán”.....	7
Figura 2.2 Mapa de la Estación Científica “El Gullán”.....	8
Figura 2.3 Terrarios utilizados para la crianza de los especímenes colectados.....	9
Figura 2.4.1 Medida longitud del cuerpo.....	10
Figura 2.4.2 Medida longitud del pronoto.....	11
Figura 2.4.3 Medida longitud de la Coxa.....	11
Figura 2.4.4 Medida longitud del Fémur.....	12
Figura 2.4.5 Medida longitud de la Tibia.....	12
Figura 2.4.6 Medida longitud de alas.....	13
Figura 2.5.1 Modelo morfo musgo.....	15
Figura 2.5.2 Modelo morfo liquen blanco y negro.....	15
Figura 2.6 (A) MM en liquen blanco. (B) MLBN en liquen blanco. (C) MLBN en musgo. (D) MM en musgo.....	16
Figura 3.1 Foto mantis macho.....	20
Figura 3.2 Ala anterior metatorácica.....	21
Figura 3.3 Ala posterior mesotorácica.....	22
Figura 3.4.1 Morfo Liquen Blanco.....	23
Figura 3.4.2 Morfo Liquen Verde.....	24
Figura 3.4.3 Morfo Musgo.....	26
Figura 3.4.4 Morfo Liquen Blanco y Negro.....	28
Figura 3.5.1 Mantis 1er Instar.....	30
Figura 3.5.2 Mantis 2do Instar.....	31
Figura 3.5.3 Mantis 3er Instar.....	32
Figura 3.5.4 Mantis 4to Instar.....	33
Figura 3.5.5 Mantis 5to Instar	34
Figura 3.5.6 Mantis 6to Instar.....	35

Figura 3.6.1 Comparación de medias para el Experimento 1 y 2.....36

Figura 3.6.2 Comparación de medias para el Experimento 3 y 4.....38

Figura 3.7 Experimento de caza.....40

Figura 3.8 Comparación del tiempo de caza en cada uno de los individuos, Individuo 1 (Morfo liquen blanco y negro en musgo), Individuo 2 (Morfo liquen blanco y negro en liquen blanco), Individuo 3 (Morfo liquen blanco y negro en musgo), Individuo 4 (Morfo liquen blanco y negro en liquen blanco).....40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Pruebas de efecto intra-sujetos de los diferentes cocientes.....	37
Tabla 3.2 Pruebas de efectos intra-sujetos en los experimentos 3 y 4.....	39
Tabla 3.3 Prueba intra-sujetos con los diferentes cocientes.....	41
Tabla 3.4 Prueba de esfericidad de Mauchly.....	41

POLIFENISMO DE *PSEUDOPOGONOGASTER HEBARDI* TERRA, 1982, Y EL EFECTO DE ESTE EN SU SUPERVIVENCIA.

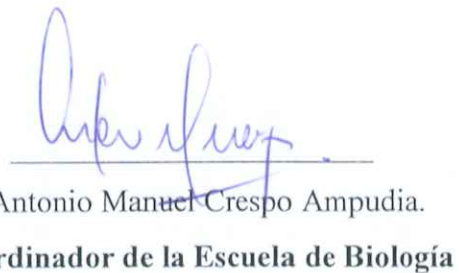
RESUMEN

El polifenismo es un fenómeno poco estudiado en insectos y común entre especies que usan el camuflaje como defensa. Se estudia este fenómeno en *Pseudopogonogaster hebaridi* Terra, 1982 realizando por primera vez experimentos de detección con 2 morfos diferentes en humanos y aves. Además, se realizó un experimento de captura de presas con *Musca domestica* y se describe los 4 morfos más comunes en el área de estudio. Los resultados en humanos muestran gran diferencia en los morfos que contrastan con el fondo a diferencia del experimento con aves. No existió diferencia en el tiempo de caza con *Musca domestica*.

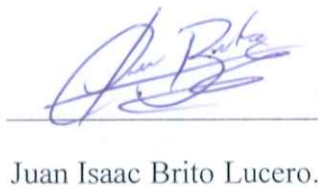
Palabras clave: Polifenismo, *Pseudopogonogaster*, detección, morfos, descripción.



Pablo Sebastián Padrón Martínez.
Director del Trabajo de Titulación



Antonio Manuel Crespo Ampudia.
Coordinador de la Escuela de Biología



Juan Isaac Brito Lucero.

Autor

**POLYPHENISM OF PSEUDOPOGONOGASTER HEBARDI TERRA 1982, AND ITS
EFFECT ON ITS SURVIVAL.**

ABSTRACT

Polyphenism is a phenomenon little studied in insects and common among species that use camouflage as a defense. This phenomenon is studied in *Pseudopogonogaster hebardii* Terra, 1982, carrying out for the first time detection experiments in humans and birds with 2 different morphs. In addition, a prey capture experiment was conducted with *Musca domestica*, a house fly; and the 4 most common morphs in the study area were described. The results in humans showed great differences in morphs that contrast with the background; however, the results in experiments with birds showed dissimilarity. There was no difference with *Musca domestica* in hunting time.


Keywords: *Polyphenism, Pseudopogonogaster*, detection, morphs, description.



Pablo Sebastián Padrón Martínez.
Thesis Director



Antonio Manuel Crespo Ampudia
Biology School Coordinator



Juan Isaac Brito Lucero.
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se tuvo como objetivos, describir y estudiar el polifenismo en una mantis liquen de la especie *Pseudopogonogaster hebaridi* Terra, 1982 en el sur de los Andes ecuatorianos. Para lo cual se describió los estados de desarrollo y los diferentes morfos expresados. Además, se seleccionaron los morfos Morfo Liquen Blanco y Negro (MLBN) y Morfo Musgo (MM) para realizar dos experimentos diferentes de detección por parte de depredadores (aves y humanos), y un experimento en el que se evaluó la efectividad de predación de uno de los morfos más comunes MLBN sobre *Musca domestica*. Esta investigación se realizó en la Estación Científica El Gullán. Como resultados se presenta la descripción de los diferentes morfos y los diferentes estados de desarrollo. En los experimentos, se encontró diferencia significativa en el tiempo de detección por parte de humanos en el experimento de computadora, en el que el tiempo fue mayor para el morfo que se asemejaba al sustrato (MLBN en liquen y MM en musgo) a diferencia del morfo que contrastaba con el sustrato, sin embargo en el experimento con aves no se registró intentos de predación, al igual que en el experimento de caza no se encontró ninguna diferencia significativa a pesar de contrastar el morfo con el sustrato, no existió diferencia en el tiempo de predación.

Juan Isaac Brito Lucero

Trabajo de Titulación

Padrón Martínez Pablo Sebastián, Ph.D

Noviembre 2017

POLIFENISMO DE *PSEUDOPOGONOGASTER HEBARDI* TERRA, 1982, Y EL EFECTO DE ESTE EN SU SUPERVIVENCIA.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

El orden Mantodea incluye insectos de gran importancia biológica (Mariño, 2011). En lo que refiere a su taxonomía, anteriormente se lo incluyó en el orden Blattodea (cucarachas) (Agudelo et al., 2007), pero nuevas evidencias basadas en caracteres morfológicos y moleculares (Legendre et al., 2015), indican que Mantodea es un grupo monofilético, relacionado con los órdenes Blattodea e Isoptera (termitas), que se originó aproximadamente hace unos 200 Millones de años en la era Mesozoica entre los límites de los periodos Triásico y Jurásico (Legendre et al., 2015). En cuanto a su diversidad, actualmente se reconocen aproximadamente 2500 especies, distribuidas en 15 familias (Svenson et al., 2015), presentes en la gran mayoría de ecosistemas y dentro de un amplio rango altitudinal, que pueden ir desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altitud (Agudelo et al., 2007), presentando mayor diversidad en zonas intertropicales (Torres, 2015). Para Ecuador se han registrado alrededor de 63 especies (Ayala, 1998), aunque se cree que existan muchas más especies no descritas, especialmente en las estribaciones de los Andes y en áreas aisladas (Battiston & Picciau, 2008). Dentro del orden Mantodea existen algunas especies que se caracterizan por presentar polifenismo. El polifenismo es un fenómeno muy conocido y poco estudiado en insectos, se sabe que el genoma de algunas

especies tiene la capacidad de expresar distintos fenotipos durante su etapa de desarrollo y adultez, como respuesta a cambios en el ambiente (Corona et al., 2016). Lo cual ha permitido que se puedan adaptar a cambios ambientales y tener mayor éxito (Simpson et al., 2011). El polifenismo es un fenómeno al cual se le atribuye en gran parte el éxito evolutivo de los insectos, al permitirles separar el uso de recursos entre sus diferentes estados de desarrollo. Sin embargo, sus causas, efectos e implicaciones aún no están claras. Estudiar este fenómeno es de suma importancia para entender las adaptaciones locales de los organismos, los cambios evolutivos en respuesta a cambios ambientales y para identificar los factores que permiten que se dé y se mantenga el polifenismo. Nosotros en esta investigación estudiamos el efecto de dos morfos: Morfo MLBN y MM presentes en *Pseudopogonogaster hebaridi*, en su supervivencia, en dos microhábitats distintos en la Estación Científica El Gullán. Los resultados obtenidos por medio de esta investigación, nos pueden ayudar a comprender un poco más los efectos de este fenómeno ampliamente distribuido entre los insectos pero muy poco estudiado y comprendido.

La gran variación en coloración y morfología (Agudelo et al., 2007) es otra característica que sobresale en las mantis, y es algo que ha llamado la atención de coleccionistas e investigadores (Agudelo & Chica, 2002). Esta variación es el resultado de adaptaciones en el tiempo, las cuales se traduce en un incremento de su *fitness*, al permitirles mejorar la capacidad de capturar presas y la reducción de detectibilidad por parte de sus predadores (Ariza et al., 2012). En los trópicos es donde más ejemplos de esta diversidad de formas y colores puede ser encontrada, géneros neotropicales como *Pogonogaster* Rehn, 1918 y *Pseudopogonogaster* Beier, 1942, son ejemplos claros en los cuales se presentan patrones de coloración que se mimetizan con su ambiente, poseen lóbulos abdominales que incrementan sustancialmente la capacidad de camuflaje (Agudelo, 2007), lo cual las hace imperceptibles en el sustrato en el que se encuentran (Rivera et al., 2011). Cada morfo se especializa en un sustrato específico, haciéndolas muy selectivas sobre el lugar en el que se encuentran y camuflan, evitando, por lo tanto, sustratos que no coincidan con su coloración y forma (Bond, 2007). Estos dos géneros pertenecen a la familia Thespidae (Agudelo et al., 2007), en la cual se incluyen 45 géneros, el género *Pseudopogonogaster* Beier, 1942 sobresale por su polifenismo (Ariza et al., 2012).

Las especies del género *Pseudopogonogaster*, son insectos generalistas, que prefieren la parte baja de la vegetación, aquí ellos se camuflan entre líquenes, musgos y epífitas en los bosques nubosos de los Andes Tropicales que se encuentran entre los 1500 a 3500 msnm (Rivera et al., 2011). Las especies dentro de este género de mantis son de tamaño pequeño y coloración variable (Ehrmann & Kocak, 2009); además, poseen un abdomen multilobular, con colores similares al sustrato en el que se encuentran (Blanco & Salazar, 2015). Se sabe, que éste género es endémico de Colombia, Ecuador y Perú, en donde se han registrado 6 especies, *P. iquaquensis* Carrejo & Salazar, 2002 en Colombia; *P. mucosa* Salazar, 2000, en Colombia; *P. marulandae* Salazar, 2002, en Colombia; *P. mirabilis* Beier, 1942, en Ecuador; *P. hebaridi* Terra, 1982 en Ecuador, y *P. kanjaris* Rivera & Yagui, 2011, en Perú.

En 2011, Rivera, et al., publicó una revisión del género *Pseudopogonogaster* Beier, 1942, en esta se fusiono el género *Calopteromantis* Terra, 1982 dentro de *Pseudopogonogaster*, por lo que *C. hebaridi* Terra, 1982 y *C. marulandae* Salazar, 2002 fueron transferidas al género *Pseudopogonogaster*. Finalmente, en este artículo se describió una nueva especie para el Perú *P. kanjaris* Rivera, 2011. En lo que refiere a Ecuador hasta el momento solo dos especies han sido registradas, *P. hebaridi* y *P. mirabilis*. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de encontrar nuevas especies especialmente en áreas montañosas de difícil acceso. (Rivera et al., 2011).

Una característica muy interesante y que a la vez ha complicado la taxonomía de este grupo de mantis, es que son polifénicas, es decir que se pueden encontrar diferentes morfos (variaciones cromáticas) (Rivera et al., 2011), en un mismo individuo durante su desarrollo. Aunque este polifenismo es conocido en varias especies, únicamente ha sido descrito para dos especies *P. kanjaris* de Perú (Rivera et al., 2011), y para *P. iquaquensis* de Colombia (Salazar & Carrejo, 2002).

Se conoce que el polifenismo en insectos está controlado por señales neuroquímicas y hormonas del desarrollo que a su vez controlan la metamorfosis (Simpson et al., 2011).

El polifenismo provee ventajas evolutivas notorias, al permitir a los organismos ser más eficientes al momento de capturar presas, o esconderse de predadores, los cuales dependen principalmente de estímulos visuales para encontrar a su presa (Beatty et al., 2004). Esto ha

causado que ciertos predadores solo especialicen en presas que no demanden mucho tiempo en poder ser encontradas (Bond, 2007), esto puede incluso determinar un tipo específico de captura por parte de los predadores, es decir que estos aprendan a cazar únicamente ciertas presas basados en las experiencias de éxito y fracaso, su búsqueda funciona a manera de filtro en la que se determina que elementos serán detectados y cuáles serán pasados por alto. Para evaluar la energía de detección se tiene que tomar en cuenta el nivel de camuflaje del individuo, la complejidad del sustrato en el que se encuentra y el tiempo de búsqueda (Bond, 2007). Los depredadores son capaces de evaluar esta energía invertida en la caza de presas de forma independiente, ya que generalmente evitan fenotipos difíciles de encontrar y prefieren la alimentación de presas con características más distinguibles al resto (móviles y coloridas) (Beatty et al., 2004). Debido a esto, es posible que exista una disminución de predación en poblaciones que presentan polifenismo, ya que los depredadores pueden tardar más tiempo en discriminar y aprender a identificar un morfo que visualmente es muy similar a varios sustratos a diferencia de uno que sea monomórfica. Esta preferencia por parte de los depredadores a presas monomórficas facilita la evolución de formas miméticas. (Beatty et al., 2004). Debido a que los depredadores pueden buscar más de un morfo a la vez, pero esto requiere de un proceso de información más largo y complejo, a diferencia de las presas que son monomórficas; lo que se traduce en menor eficiencia al intentar buscar presas que presentan más de un morfo por la cantidad de energía requerida (Wennersten & Forsman, 2016); es por lo tanto posible que los depredadores ajustan su tasa de búsqueda de acuerdo si una presa es polimórfica o monomórfica (Glanville & Allen, 1997).

La densidad poblacional es otro factor que tiene relación con la tasa de captura por parte de depredadores, es más probable que especies con altas densidades poblacionales puedan ser detectadas más fácilmente que otras, los depredadores tienden a concentrarse en formas más abundantes (Bond, 2007). En el caso de *Pseudopogonogaster hebaridi*, al ser una especie polifénica es posible que su densidad no esté regulada por predadores, sino por parásitos u otros factores que afecten su supervivencia. En poblaciones en donde existen más de un morfo se evidencia la disminución de presión por predadores y por lo tanto una mejor supervivencia de estas. (Wennersten & Forsman, 2016)

El polifenismo es un fenómeno común entre especies que usan al camuflaje como su

principal defensa, siendo estas especies altamente imperceptibles en coloración y formas. Varios estudios con saltamontes, (Tsurui, et al., 2010; Karspeck, et al., 2013); isópodos (Merilaita, 2011) y arañas (Brewer et al., 2014), han demostrado el papel importante que juegan las características del hábitat en el cual las especies se desarrollan sobre el polifenismo. En estos se ha encontrado que el riesgo de predación en los diferentes morfos es altamente dependiente de la coloración del sustrato, (Tsurui, et al., 2010; Merilaita, 2011; Brewer et al., 2015). La coloración del sustrato permite que las presas se confundan de mejor manera con el ambiente reduciendo así su vulnerabilidad, esto se conoce como polifenismo especializado, en el cual la diversidad de morfos está limitada por los distintos sustratos (Bond, 2007). Knill & Allen, (1995) señalan que el morfo más adecuado (menor riesgo de predación), va a ser determinado por las características visuales del hábitat, y en el caso de hábitats heterogéneos, serán determinados por el microhábitat y la proporción de este en el hábitat en general (Tsurui et al., 2010).

Basado en esto podemos pensar que la selección natural favorecerá las adaptaciones locales en ambientes ampliamente heterogéneos, como es el caso de los bosques en los Andes tropicales, en los que en cada metro cuadrado de vegetación se puede encontrar una alta diversidad de vegetación. Esto sumado a otros factores (tiempo, aislamiento, variabilidad genética, competencia etc.) y presiones selectivas, pueden resultar en especiación. (Tsurui et al., 2010). Además, las especies polifénicas tienen la ventaja de adaptarse a diferentes microhábitats, lo cual puede permitir que estas puedan colonizar diferentes hábitats y por lo tanto influye de manera positiva en la expansión del rango de distribución de estas lo cual puede causar aislamiento, que es un coadyuvante importante para la especiación (Wennersten & Forsman, 2016).

Para la determinación de la significancia adaptativa del polifenismo en insectos algunas hipótesis han sido propuestas. Dentro de estas las más importantes son: la *hipótesis neutra*, esta indica que los diferentes morfos proveen el mismo efecto en protección independientemente del microhábitat que ocupen. La *hipótesis de heterogeneidad de microhábitat*, en esta cada morfo tiene ventajas adaptativas dentro del microhábitat específico y es por eso que especies que utilizan el camuflaje en ambientes heterogéneos tienden a ser polifénicas. Finalmente, la *hipótesis diferencial*, esta asume un grado de

diferencia entre los costos que pueden tener los diferentes morfos de una especie, por lo tanto, en esta se asume que existen diferentes costos debido al grado de camuflaje los cuales afectan componentes adaptativos como la reproducción, termorregulación, etc. (Tsurui et al., 2010)

Para evaluar la significancia adaptativa del polifenismo, se decidió trabajar con los dos morfos más comunes de la especie de mantis *P. hebaridi*, los cuales están presentes en los bosques de la Estación Científica El Gullán. Se evaluó si existen efectos en la supervivencia de esta mantis, asociados a los diferentes morfos en diferentes microhábitats. Para esto se realizó experimentos en los cuales se evalúa el éxito de captura y el de evasión de predadores. Además, se realizó la descripción de 4 morfos incluyendo 2 que no fueron utilizados en los experimentos, Morfo Liquen Verde (MLV) y Morfo Liquen Blanco (MLB)

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio:

La fase de campo de este proyecto se realizó en la Estación Científica El Gullán propiedad de la Universidad del Azuay, que se encuentra localizada al sur-este de la provincia del Azuay, en el cantón Nabón, parroquia Las Nieves, a 75 Km. aproximadamente de la ciudad Cuenca, en la vía a Loja, la estación está en las siguientes coordenadas, 3^o 22' 60 S 79^o 12' 0 W. Su rango altitudinal está entre los 2800 y 3200 metros sobre el nivel del mar. La estación científica tiene un área aproximada de 120 ha. Dentro de esta se pueden distinguir tres diferentes formaciones vegetales como, Bosque Siempre-Verde Montano Alto, Bosque de Neblina Montano y Páramo Herbáceo. Adicional a esto, existen plantas introducidas como pino, ciprés y pastizales que son el resultado de actividades humanas como el pastoreo, quemas y deforestación. Finalmente, existe vegetación en estado de sucesión luego de actividades antropogénicas (Fig. 1 y Fig. 2).

La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de entomología de la Escuela de Biología, Ecología y Gestión de la Universidad del Azuay en Cuenca.



Figura 2.1 Área de estudio, bosques de la estación Científica “El Gullán”

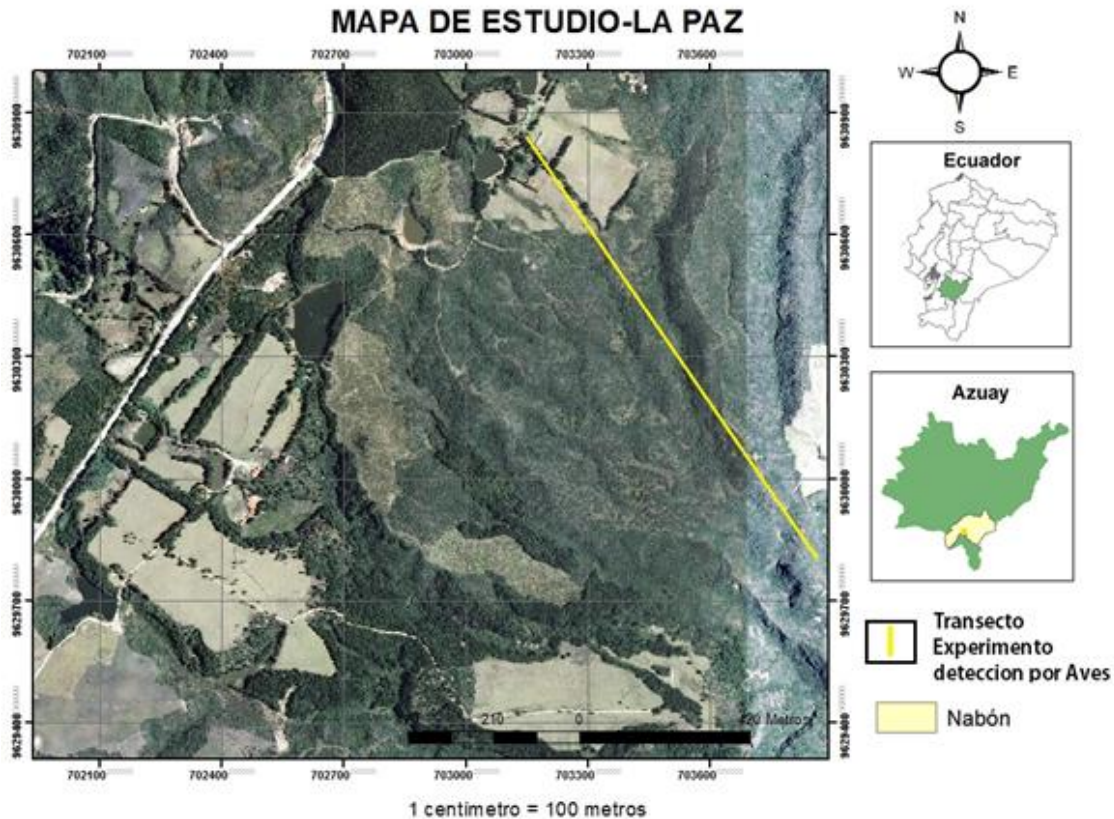


Figura 2.2 Mapa de la Estación Científica “El Gullán”

2.2 Colección de Especímenes

Todos los especímenes fueron colectados en la Estación Científica el Gullán, en la Paz. Estos fueron colectados en vegetación arbustiva y en arboles de pino, se realizó una búsqueda intensiva en los lugares que tenían líquenes o musgos. Todos los especímenes colectados fueron depositados en el laboratorio de Entomología de la Universidad del Azuay para su observación y descripción. A cada uno se le asignó un código único para su crianza, cuando un espécimen moría este se preservó en tubos Eppendorf con alcohol al 95% y con un código único del museo.

Se colectaron 60 especímenes de mantis pertenecientes a dos morfos MLBN y MM. Estos fueron mantenidos en cautiverio en terrarios individuales, y conservados en vitrinas con

suficiente luz y a temperatura ambiente (15°C aproximadamente) en tarrinas plásticas transparentes con orificios en la tapa (Fig. 3); en los terrarios se puso el sustrato, líquenes, musgos y pedazos de troncos pequeños para simular su hábitat natural. Cada semana se las alimentó con moscas o grillos, y se procedió a humedecer el ambiente con un pequeño aspersor, y se realizó la limpieza y desinfección de los terrarios para evitar enfermedades. Cada terrario tenía un código único (MAN-0001), del espécimen colectado, este se registró en la base de datos.



Figura 2.3 Terrarios utilizados para la crianza de los especímenes colectados.

2.3 Descripción de morfos

Se describieron los cuatro morfos, Morfo Liquen Blanco (MLB), Morfo Liquen Verde (MLV), Morfo Liquen Blanco y Negro (MLBN) y Morfo Musgo (MM). Para esto se usaron 21 especímenes presentes en la colección de entomología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay, de estos 18 fueron hembras y 3 correspondieron a machos, a estos se los tomó fotos de alta resolución en vista lateral y dorsal. También, se fotografió algunas características morfológicas importantes que permitieron recopilar medidas de las estructuras a ser usadas en las descripciones y para la realización de ilustraciones. Para la revisión y descripción de características morfológicas, se utilizó un estereomicroscopio Olympus SZ61; para poder observar con mayor claridad cada una de las estructuras, como el número de espinas, presencia de pelos, etc. Posterior a esto el espécimen fue montado y preservado en la colección. La terminología usada para la descripción de los morfos siguió lo establecido por Salazar & Carrejo 2002 y por Rivera et al 2011.

2.4 Especímenes

Los especímenes utilizados para la descripción de los morfos estaban preservados en alcohol al 96% y solo se usó los que se encontraban en etapa adulta. En cuanto a las medidas se realizó la fotografía de las muestras en posición dorsal y lateral en un fondo blanco con referencia en una escala en mm, y posteriormente a esto, se utilizó el programa Image J (<https://imagej.nih.gov/ij/>) para poder medir con exactitud cada una de las partes examinadas en mm.

Las medidas que se tomaron fueron las siguientes:

Longitud del cuerpo: Medida tomada desde el borde superior de la cabeza de la muestra hasta el borde inferior del cuerpo (parte terminal del abdomen) en su vista posterior.

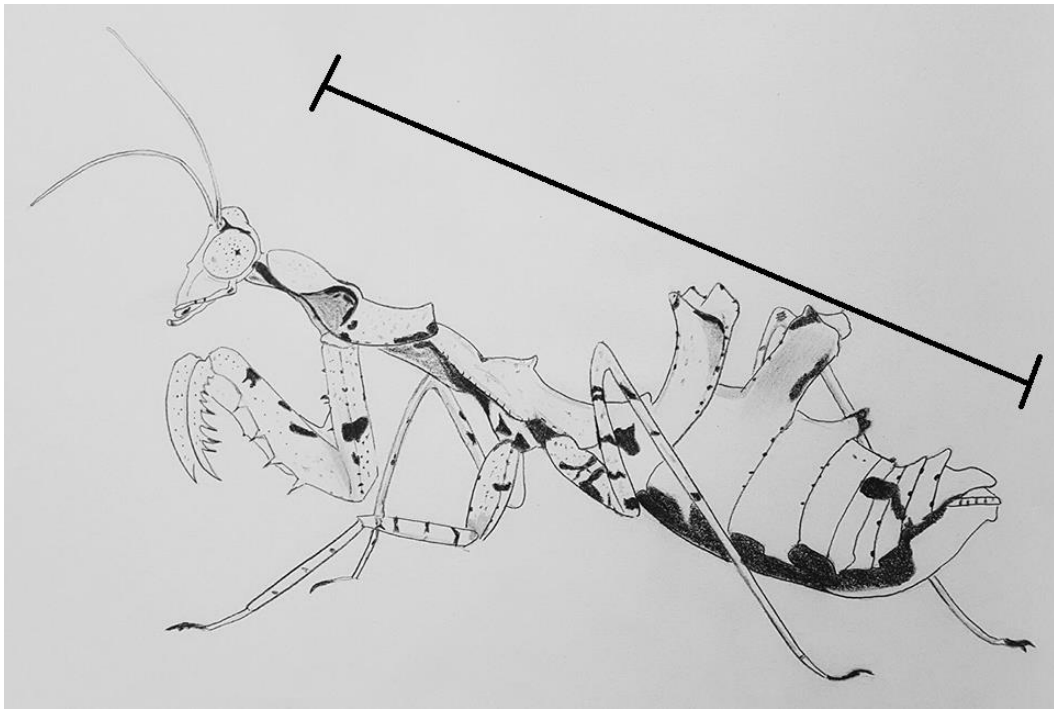


Figura 2.4.1 Medida longitud del cuerpo

Longitud del Pronoto: Longitud tomada desde la unión con la cabeza hasta la parte final de la misma.

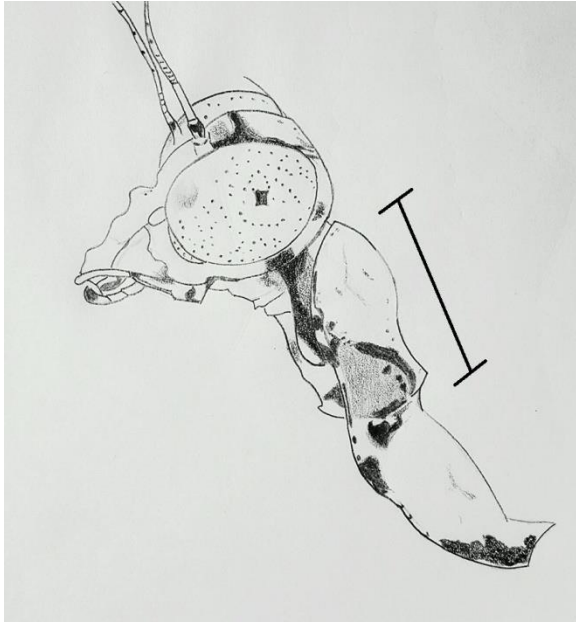


Figura 2.4.2 Medida longitud del pronoto

Longitud de la Coxa: Longitud de la extremidad desde el borde de unión con el cuerpo a la unión con el fémur.

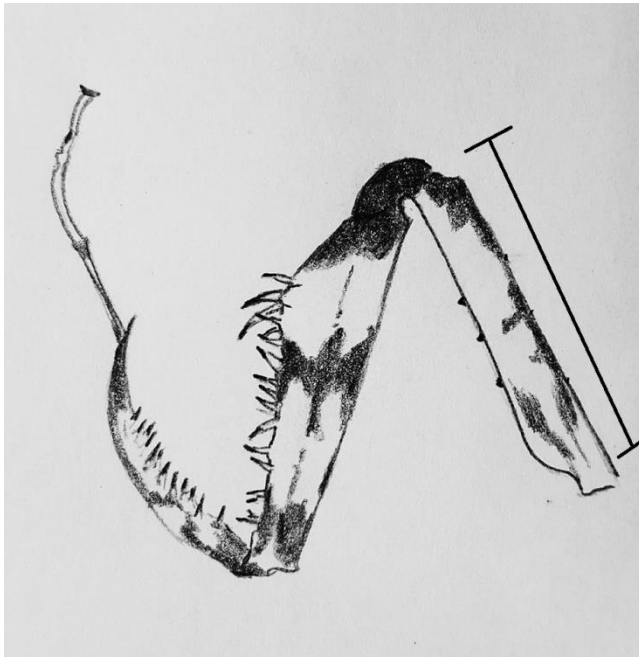


Figura 2.4.3 Medida longitud de la Coxa

Longitud del Fémur: Longitud de la extremidad desde el borde de unión con la coxa hasta la unión con la tibia.

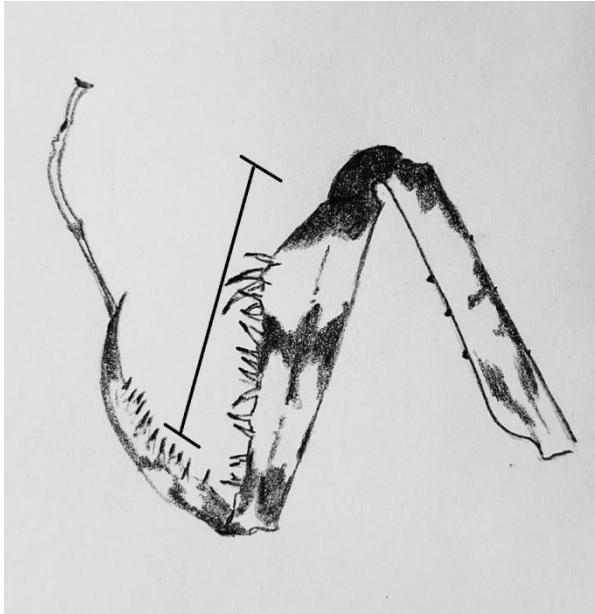


Figura 2.4.4 Medida longitud del Fémur

Longitud del Tibia: Longitud de la extremidad desde el borde de unión con el fémur hasta la unión del tarso.

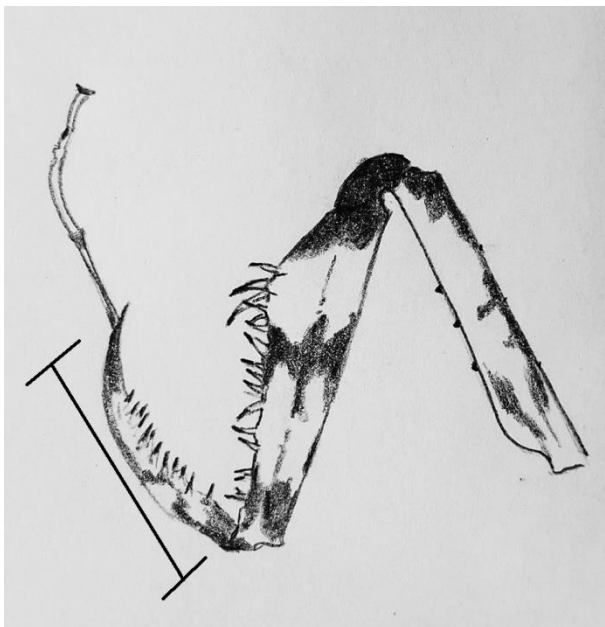


Figura 2.4.5 Medida longitud de la Tibia

Longitud de las Alas: Longitud desde el borde superior del ala, hasta la parte distal de la misma. (Ala mesotorácica o metatorácica)

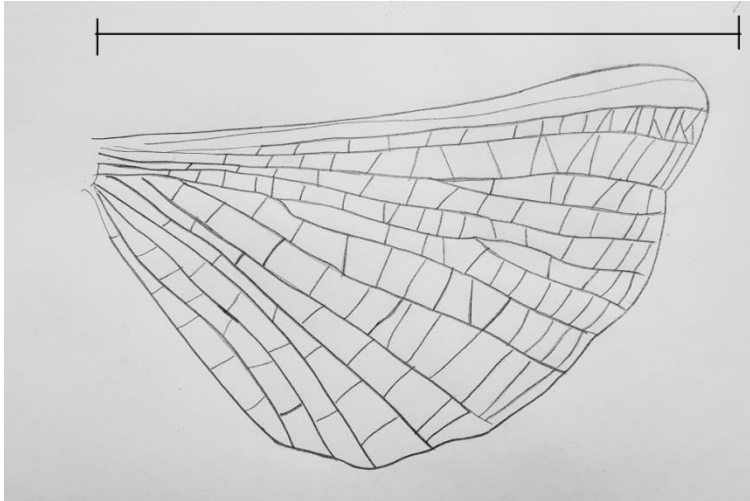


Figura 2.4.6 Medida longitud de alas.

La coloración fue evaluada mediante la comparación con la clasificación de colores de Pantone (sistema de identificación, comunicación y comparación del color /www.pantone.com). Se ha tomado en cuenta la coloración en estado vivo de los diferentes morfos mediante fotografía de los mismos en un fondo blanco y en luz natural.

2.5 Experimento Detección por Aves

En los experimentos de detección, los modelos utilizados fueron únicamente con hembras, ya que son las más abundantes (en muestreos previos se encontraron 30 hembras y únicamente un macho). Para esta investigación actualmente se cuenta con un permiso de investigación emitido por el Ministerio del Ambiente. (N.102-2016-DPMA/M)

Se fotografiaron 2 especímenes (1 de cada morfo) para la realización de modelos en papel y también para la descripción de los morfos de *P. hebaridi*.

Para evaluar el efecto del polifenismo en la efectividad de detección por parte de las aves en diferentes microhábitats, se utilizaron las imágenes de los dos morfos MLBN y MM, estas fotos fueron tomadas con luz natural y bajo las mismas condiciones de iluminación en

el campo en un fondo blanco. A partir de estas fotos y con las medidas del tamaño de los especímenes se realizó réplicas de los morfos, para esto se imprimió a color en una impresora láser en alta resolución en papel resistente a condiciones ambientales de la marca Rite in the Rain All-Weather. Se imprimieron 16 modelos de papel para cada morfo, 32 en total. Luego se procedió a cortarlos eliminando todas las partes que no pertenezcan a los especímenes. Estos modelos fueron usados para el experimento de detección por aves en el campo.

Para el experimento con aves, a los modelos, se adicionó una capa delgada en la parte posterior de plastilina no toxica, la intención de esto fue que en caso de que existiera un intento de predación las marcas del pico de las aves serían visibles esta es una metodología ampliamente usada para este tipo de experimentos (Boulton & Cassey 2006) pero cabe mencionar que es la primera vez que se realiza en mantis.

En cada día de experimento se pusieron estos modelos en diferentes microhábitats a lo largo del área de estudio, 8 modelos de MLBN en liquen blanco y los modelos restantes en musgo, al igual que los modelos de MM, 8 fueron ubicados en liquen blanco y 8 en musgo a lo largo del área de estudio. Estos modelos estaban en posición natural y se ubicaban en lugares que tengan gran visibilidad, estos permanecieron desde las 9:00 am hasta las 16:00 pm, luego de este tiempo se revisaban si existieran marcas en la plastilina (Fig. 10 y 11). En total se realizaron 4 repeticiones en diferentes semanas; las muestras con plastilina se revisaban y se dejaban en el mismo sitio hasta el próximo muestreo por un posible intento de predación, de esta forma se permitía que exista mayor oportunidad de predación por aves.



Figura 2.5.1 Modelo morfo musgo



Figura 2.5.2 Modelo morfo liquen blanco y negro

2.6 Experimento de Detección en Computadora

Una metodología que ha sido muy utilizada en experimentos de detección de predadores (Birgitta et al 2007, Bond & Kamil 2002, Kaperstam et al 2013), es la de detección de morfos en diferentes microhábitats en una pantalla de computadora. Para esto se tomaron 4 fotografías de cada morfo de especímenes vivos en el campo, primero se puso a cada morfo en el microhábitat que corresponde MLBN en liquen blanco y negro al MM en musgo y luego MLBN en musgo y MM en liquen blanco y negro, al final se obtuvo 8 imágenes del mismo tamaño, resolución y condiciones de luz, estas imágenes finales fueron usadas para los experimentos de detección en computadora.

Luego, se seleccionaron 120 personas al azar de diferentes edades. A cada uno se les mostró inicialmente imágenes digitales de diferentes especies de mantis, cada persona vio 5 imágenes diferentes durante 15 segundos; luego se les mostró en la pantalla de la computadora las diferentes imágenes de los morfos estudiados y la persona tuvo que señalar donde estaba la mantis, para cada imagen se tuvo un tiempo de 60 segundos. El tiempo que tardaba y la efectividad de su elección fueron anotados.

Cada persona tuvo que ver 4 fotos (Fig. 12). Al final se obtuvieron 480 datos que fueron usados para los análisis estadísticos. Cada persona solo realizó este experimento una sola vez.

Para el análisis de efectividad en detección de mantis por computadora se realizó un

ANOVA de medidas repetidas (repeated measures anova) en IBM SPSS Statistics 2.0 ya que es un análisis que se utiliza comúnmente en el diseño de medidas repetidas que nos brinda una muestra más clara de nuestros resultados.



A



B



C



D

Figura 2.6 (A) MM en líquen blanco. (B) MLBN en líquen blanco. (C) MLBN en musgo. (D) MM en musgo.

2.7 Experimento Efectividad en captura de Presas

Para evaluar el efecto del polifenismo en la efectividad de captura de presas en diferentes microhábitats, se realizó experimentos en terrarios, evaluando el tiempo que se tarda una mantis en capturar una presa en diferentes microhábitat. Para esto, 3 días antes del experimento se les suspendió la alimentación a las mantis a ser evaluadas, esto se hizo para incentivar el estímulo de cacería ya que si estuvieran alimentadas esto podría afectar el resultado porque el espécimen puede simplemente no estar dispuesto a atacar la presa. Los experimentos se realizaron en terrarios plásticos de 20 x 12 x 12 cm. Estos tenían diferentes sustratos, líquenes y musgos. Las mantis fueron colocadas en los terrarios por 15 minutos antes de los experimentos, esto permitió que se adapten al lugar, luego de transcurrido este tiempo se introdujo una mosca en el terrario, y se registró el tiempo que le tomó capturarla a partir del tiempo de detección de la mosca, ya que a partir de la detección existe actividad en el intento de caza por parte de las mantis, si en 1 hora no ocurría predación se suspendía el experimento y se anotaba como resultado fallido. En total se realizaron 10 experimentos

por cada individuo, 40 en total (únicamente 4 especímenes MLBN), 2 individuos en líquen blanco e igualmente 2 individuos MLBN en musgo fueron evaluados, únicamente este morfo (MLBN) en etapas adultas debido a que no se pudo conseguir especímenes de los otros morfos para este experimento, esto se realizó durante 3 semanas. Al final tuvimos 40 datos, 10 por cada individuo.

Individuo 1: MLBN en musgo

Individuo 2: MLBN en líquen

Individuo 3: MLBN en musgo

Individuo 4: MLBN en líquen

Las presas utilizadas en este experimento fueron moscas (*Musca domestica*) debido a que son especies muy fáciles de coleccionar y son parte de la dieta de las mantis en condiciones naturales. (Mariño, 2011).

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 Descripción

Macho (n3)



Figura 3.1 Foto mantis macho.

Coloración: La coloración del cuerpo es marrón (RGB 150-75-0) con un gran número de manchas negras (RGB 0-0-0).

Medidas: Largo del cuerpo 18.15 mm (s=3.11), pronoto 1.74 mm (s=0.05), coxa delantera 4.34 mm (s=0.08), fémur delantero 5.49 mm (s=0.12), tibia delantera 2.65 mm (s=0.06), coxa mesotorácica 1.76 mm (s=0.05), fémur mesotorácico 5.52 mm (s=0.08), tibia mesotorácica 5.60 mm (s=0.05), coxa metatorácica 1.75 mm (s=0.04), fémur metatorácico 6.56 mm (s=0.05), tibia metatorácica 8.13 mm (s=0.03), ala mesotorácica 25.18 mm (s=0.06), ala metatorácica 23.39 mm (s=0.06). Cabeza triangular, 2.91 mm (s=0.07) de ancho y pronoto 1.14 mm (s=0.02). Antenas filiformes; escapo, pedicelo y los cuatro flagelómeros de coloración igualmente marrón incluyendo la parte distal de la antena. Tórax: Pronoto corto y sólido, se caracteriza por ser más largo que ancho, posee diminutos

pelos localizados sobre todo en las manchas oscuras. La dilatación supracoxal muy visible y desarrollada. Prozona subdividida en dos áreas bulbosas (claramente definida en su vista lateral). Coxa con 5 dentículos negros en su parte anterior y ausentes en su parte posterior; en algunos casos se observa en lugar de dentículos unos diminutos pelos negros. Fórmula de espinas: F (Fémur)=15IS (Espinass internas) /5ES (Espinass externas/4DS (Espinass discoidales); T (Tibia)=10IS (Espinass internas) /7ES (Espinass externas). Las patas metatorácicas por lo general fémur y tibia más largas que las mesotorácicas y delanteras. Metatarsos medios y traseros en relación 1/3 con los tarsómeros. Alas mesotorácicas hialinas con su superficie compuesta de numerosas manchas de color marrón, mientras que las alas metatorácicas igualmente hialinas pero en su mayor parte carentes de manchas. Abdomen cilíndrico, tergitos (Segmentos del abdomen) de color marrón y más ancho es su parte media.

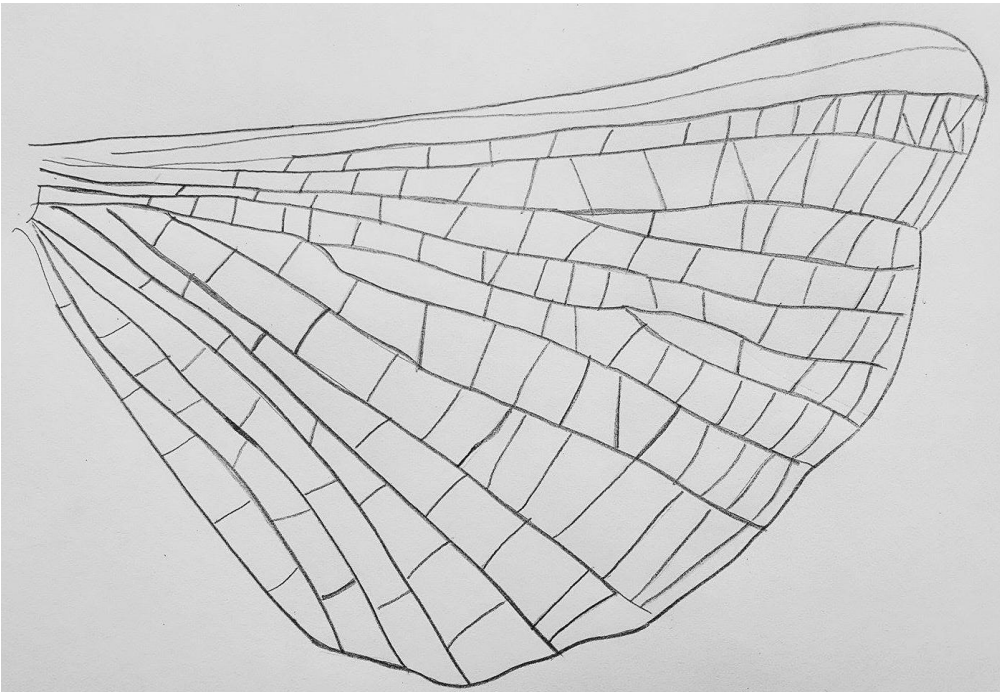


Figura 3.2 Ala anterior metatorácica.

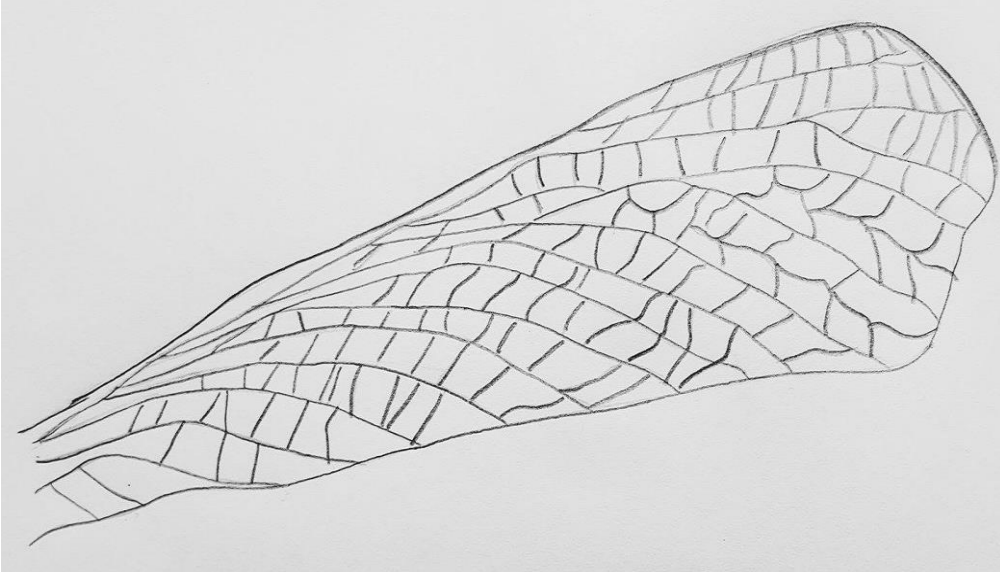


Figura 3.3 Ala posterior mesotorácica.

3.2 Descripción de Morfos

El morfo se refiere a una variedad fenotípica presente en una misma especie. (Checa, 2007) En el caso de *P. hebaridi* se han identificado en nuestro sitio de estudio 4 morfos, los cuales presentan una fuerte semejanza al tipo de sustrato en el que se encuentran, en este caso similares a diferentes especies de líquenes y/o musgos. Para nuestro estudio se describen el Morfo Liquen Blanco (mantis que se asemeja al género de liquen *Arctoparmelia* Hale 1986) Morfo Musgo Verde, Morfo liquen Verde, y Morfo Liquen Blanco y Negro que mimetiza al liquen de género *Everniastrum* Sipman, 1986, todas estas descripciones son basadas en hembras en las que se expresan estos morfos.

3.2.1 Morfo Liquen Blanco (MLB) (n2)



Figura 3.4.1 Morfo Liquen Blanco

La coloración del cuerpo es blanco en su mayoría (RGB 255-255-241) Medidas: Largo del cuerpo 21.05 mm (s=0.18), pronoto 2.13 mm (s=0.07), coxa delantera 4.77 mm (s=0.12), fémur delantero 6.65 mm (s=0.09), tibia delantera 3.67 mm (s=0.12), coxa mesotorácica 1.59 mm (s=0.05), fémur mesotorácico 5.33 mm (s=0.07), tibia mesotorácica 5.47 mm (s=0.07), coxa metatorácica 1.69 mm (s=1.55), fémur metatorácico 6.13 mm (s=0.04), tibia metatorácica 6.24 mm (s=0.05). Cabeza triangular, 3.76 mm (s=0.01) de ancho y pronoto 1.37 mm (s=0.07). Antenas filiformes; escapo, pedicelo y los cuatro flagelómeros de coloración granate (RGB 128-0-0) incluyendo la parte distal de la antena. Tórax: Pronoto corto y sólido, se caracteriza por ser más largo que ancho, posee diminutos pelos localizados sobre todo en las manchas oscuras. La dilatación supracoxal muy visible y desarrollada. Prozona subdividida en dos áreas bulbosas (claramente definida en su vista lateral). Coxa ausente de dentículos en la parte anterior y posterior; en algunos casos se observa en lugar de dentículos unos diminutos pelos negros. Fórmula de espinas: F (Fémur)=13IS (Espinass internas) /5ES (Espinass externas/4DS (Espinass discoidales); T (Tibia)=10IS (Espinass internas)/6ES (Espinass externas). Las patas metatorácicas por lo general fémur y tibia más largas que las mesotorácicas y delanteras. Metatarsos medios y

traseros en relación 1/3 con los tarsómeros. Abdomen cilíndrico, tergitos (Segmentos del abdomen) de color marrón y más ancho es su parte media.

La mayor parte del cuerpo es blanco, sin embargo, presenta tonalidades verde claro (RGB 127-255-0), en su vista anterior una mayor coloración de verde, sobre todo en la parte anterior del pronoto. Fémur y tibia de sus patas delanteras con manchas verdes a lo largo de las extremidades y acompañado de pequeñas manchas negras y marrones, parte final de las espinas de coloración escarlata (RGB 255-36-0). Fémur y tibia de las patas mesotorácicas y metatorácicas cubiertas en un 30 % aproximadamente de manchas igualmente verde claras. El abdomen en su parte anterior con su mayor parte cubierta de manchas negras, sobre todo en los primeros tergitos. Lóbulos abdominales blancos con manchas negras en su periferia. Cercos verdes.

3.2.2 Morfo Liquen Verde (MLV) (n3)

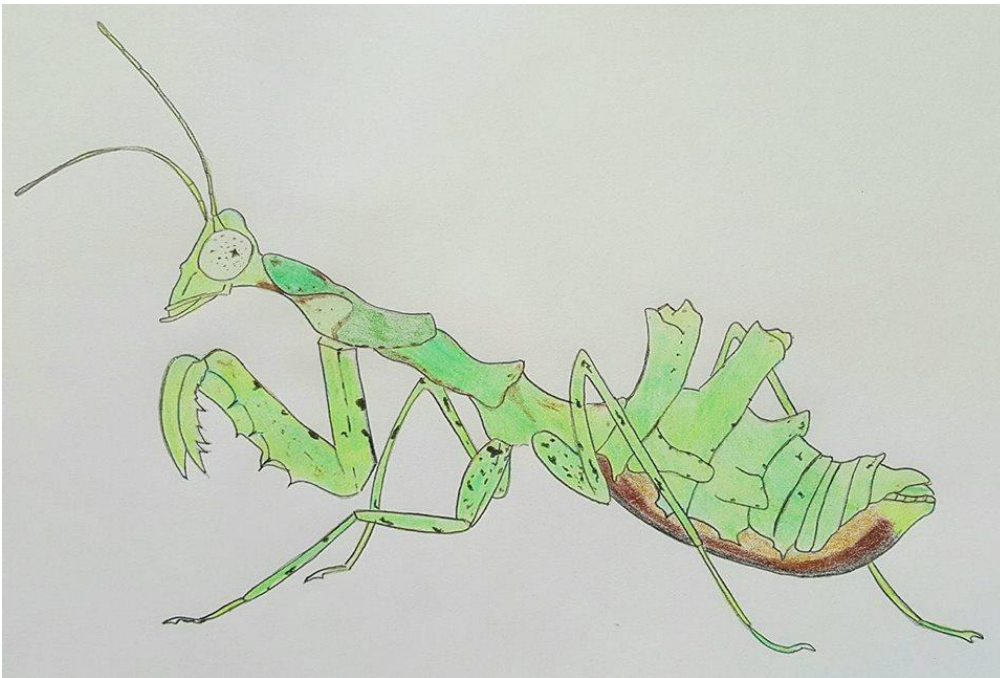


Figura 3.4.2 Morfo Liquen Verde

La coloración del cuerpo es verde en su mayoría (RGB 127-255-0) Medidas: Largo del

cuerpo 19.875 mm (s=0.84), pronoto 2.125 mm (s=0.05), coxa delantera 5.189 mm (s=0.07), fémur delantero 6.919 mm (s=0.02), tibia delantera 3.727 mm (s=0.02), coxa mesotoráxica 1.75 mm (s=0.06), fémur mesotoráxico 5.25 mm (s=0.04), tibia mesotoráxica 4.825 mm (s=0.06), coxa metatoráxica 1.879 mm (s=0.04), fémur metatoráxico 6.111 mm (s=0.03), tibia metatoráxica 6.503 mm (s=0.03). Cabeza triangular, 3.375 mm (s=0.04) de ancho y pronoto 1.625 mm (s=0.03). Antenas filiformes; escapo de coloración amarilla (RGB 253-232-15), pedicelo y los cuatro flagelomeros de coloración marrón (RGB 150-75-0) incluyendo la parte distal de la antena. Tórax: Pronoto corto y sólido, se caracteriza por ser más largo que ancho, posee diminutos pelos localizados sobre todo en las manchas oscuras. La dilatación supracoxal muy visible y desarrollada. Prozona subdividida en dos áreas bulbosas (claramente definida en su vista lateral). Coxa ausente de dentículos en la parte anterior y posterior; en algunos casos se observa en lugar de dentículos unos diminutos pelos negros. Fórmula de espinas: F (Fémur)=13IS (Espinass internas) /5ES (Espinass externas/4DS (Espinass discoidales); T (Tibia)=10IS (Espinass internas)/6ES (Espinass externas). Metatarso delantero x número de veces más largo que los tarsómeros. Las patas metatoráxicas por lo general fémur y tibia más largas que las mesotoráxicas y delanteras. Metatarsos medios y traseros en relación x con los tarsómeros. Abdomen cilíndrico, tergitos (Segmentos del abdomen) de color verde oscuro (RGB 0-255-0) y más ancho es su parte media.

La mayor parte del cuerpo es verde, sin embargo, presenta tonalidades verdes oscuras, cabeza y pronoto verdes claro (RGB 127-255-0) al igual que en su vista anterior. Coxa delantera en su parte posterior con 2 manchas negras bien diferenciadas (RGB 0-0-0). Fémur y tibia delanteros con manchas verdes oscuras a lo largo de las extremidades y acompañado de pequeñas manchas amarillas (RGB 253-232-15), parte final de las espinas de coloración escarlata (RGB 255-36-0). Fémur y tibia de las patas mesotoráxicas y metatoráxicas cubiertas en un 30 % aproximadamente de manchas marrones. La mayor parte anterior del cuerpo de coloración magenta pálido (RGB 230-230-250) incluyendo tórax y abdomen. El abdomen en su parte posterior de coloración verde oscuro cubierta de pequeñas manchas amarillas, sobre todo en los lóbulos abdominales. Cercos verdes.

3.2.3 Morfo Musgo Verde (MM) (n3)



Figura 3.4.3 Morfo Musgo

La coloración del cuerpo es verde oscuro en su mayoría (RGB 96-91-18) con un 40% de su cuerpo de color marrón oscuro (RGB 109-67-30) Medidas: Largo del cuerpo 18.37 mm (s=0.07), pronoto 2.5 mm (s=0.26), coxa delantera 5.31 mm (s=0.04), fémur delantero 6.38 mm (s=0.01), tibia delantera 2.92 mm (s=0.07), coxa mesotorácica 1.62 mm (s=0.04), fémur mesotorácico 5.33 mm (s=0.08), tibia mesotorácica 5.44 mm (s=0.04), coxa metatorácica 2.12 mm (s=0.06), fémur metatorácico 5.55 mm (s=0.10), tibia metatorácica 6.88 mm (s=0.05). Cabeza triangular, 3.750 mm (s=0.05) de ancho y pronoto 1.125 mm (s=0.05). Antenas filiformes; escapo de coloración café oscuro (RGB 109-67-30), al igual que el pedicelo y los cuatro flagelómeros, incluyendo la parte distal de la antena. Tórax: Pronoto corto y sólido, se caracteriza por ser más largo que ancho, posee diminutos pelos localizados sobre todo en las manchas oscuras.

La dilatación supracoxal muy visible y desarrollada. Prozona subdividida en dos áreas bulbosas (claramente definida en su vista lateral). Coxa ausente de dentículos en la parte anterior y posterior; en algunos casos se observa en lugar de dentículos unos diminutos pelos negros. Fórmula de espinas: F (Fémur)=13IS (Espinass internas) /5ES (Espinass

externas/4DS (Espinass discoidales); T (Tibia)=10IS (Espinass internas)/6ES (Espinass externas). Las patas metatorácicas por lo general fémur y tibia más largas que las mesotorácicas y delanteras. Metatarsos medios y traseros en relación 1/3 con los tarsómeros. Abdomen cilíndrico, tergitos (Segmentos del abdomen) de color verde oscuro (RGB 0-255-0) y más ancho es su parte media.

La mayor parte del cuerpo es verde oscuro, con un gran porcentaje de zonas de color marrón oscuro al igual que en su vista anterior, gran parte de su cuerpo a la vez está caracterizada por la presencia de zonas de color amarillo pálido (RGB 251-221-122). Cabeza y pronoto con predominancia de verde oscuro. Coxa delantera en su parte posterior con manchas de color negro diferenciadas. Fémur delantero con manchas verde oscuras, sobre todo en la unión con la tibia. Tibias delanteras con manchas verdes, sin embargo la mayoría de su coloración es amarillo pálido, parte final de las espinas de coloración escarlata (RGB 255-36-0). Fémur mesotorácico y metatorácico con predominancia de marrón, mientras que las tibias de las patas mesotorácicas y metatorácicas cubiertas en un 70 % aproximadamente de manchas amarillas pálidas. La mayor parte anterior del cuerpo de coloración marrón oscuro incluyendo tórax y abdomen. El abdomen en su parte posterior de coloración verde oscuro cubierta de grandes manchas marrones, sobre todo en los lóbulos abdominales. Cercos verdes.

3.2.4 Morfo Liquen Blanco y Negro (MLBN) (n3)

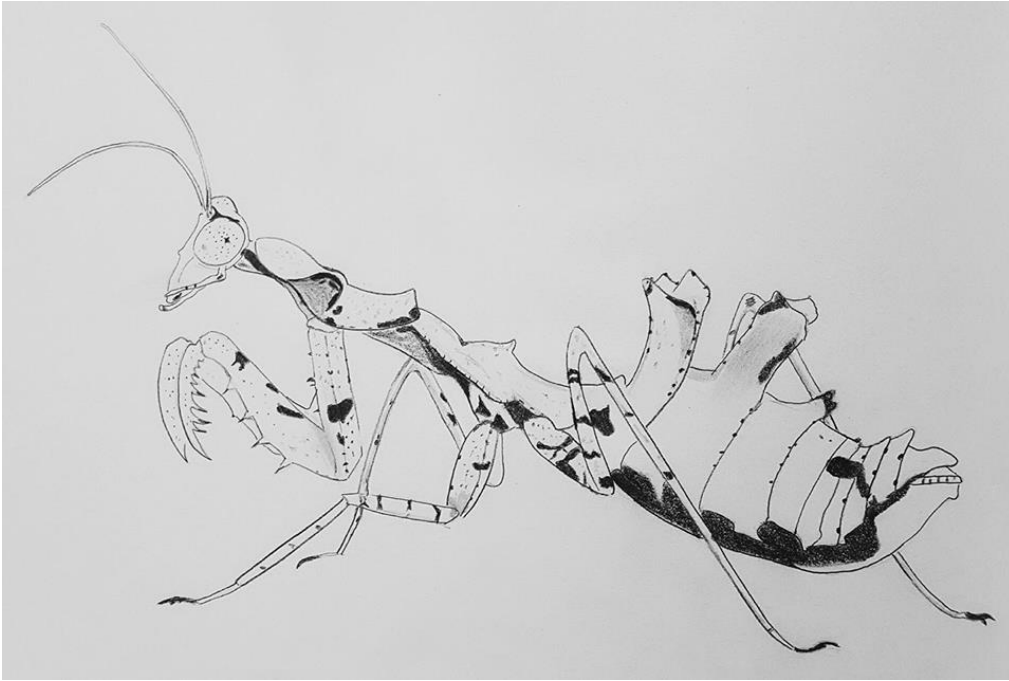


Figura 3.4.4 Morfo Liquen Blanco y Negro

Medidas: Largo del cuerpo 20.11 mm (s=1.12), pronoto 2 mm (s=0.53), coxa delantera 4.62 mm (s=0.06), fémur delantero 6.22 mm (s=0.05), tibia delantera 3.28 mm (s=0.05), coxa mesotorácica 1.39 mm (s=0.05), fémur mesotorácico 4.44 mm (s=0.07), tibia mesotorácica 4.51 mm (0.06), coxa metatorácica 1.57 mm (s=0.06), fémur metatorácico 5.5 mm (s=0.09), tibia metatorácica 6.07 mm (s=0.07). Cabeza triangular, 3.2 mm (s=0.32) de ancho y pronoto 1.2 mm (0.07). Antenas filiformes; escapo de coloración café oscuro (RGB 109-67-30), al igual que el pedicelo y los cuatro flagelómeros, incluyendo la parte distal de la antena.

Tórax: Pronoto corto y sólido, se caracteriza por ser más largo que ancho, posee diminutos pelos localizados sobre todo en las manchas oscuras. La dilatación supracoxal muy visible y desarrollada. Prozona subdividida en dos áreas bulbosas (claramente definida en su vista lateral).

Coxa ausente de dentículos en la parte anterior y posterior; en algunos casos se observa en lugar de dentículos unos diminutos pelos negros. Fórmula de espinas: F (Fémur)=13IS

(Espinass internas) /5ES (Espinass externas/4DS (Espinass discoidales); T (Tibia)=10IS (Espinass internas)/6ES (Espinass externas).

Las patas metatorácicas por lo general fémur y tibia más largas que las mesotorácicas y delanteras. (Imagen 15 y 16) Metatarsos medios y traseros en relación 1/3 con los tarsómeros. Abdomen cilíndrico, tergitos (Segmentos del abdomen) de color verde oscuro (RGB 0-255-0) y más ancho es su parte media.

La coloración del cuerpo es blanca en su mayoría (RGB 255-255-241) con un 40% de su cuerpo aproximadamente de color negro (RGB 0-0-0) en su parte ventral. Cabeza únicamente la parte superior, de color negro y pronoto con un 50% de color negro en su parte interna. Coxa delantera en su parte posterior con manchas de color negro diferenciadas, y en su mayor parte de igual manera blanco. Fémur delantero con un bajo porcentaje de manchas negras, sobre todo en la parte media. Tibias delanteras completamente blancas a excepción de la parte final de las espinas de coloración escarlata (RGB 255-36-0). Coxas mesotorácicas y metatorácicas en su mayoría blancas, fémur mesotorácico y metatorácico con predominancia blanca, sin embargo, se caracteriza por la presencia de 4 manchas negras a manera de anillo; las tibias de las patas mesotorácicas y metatorácicas cubiertas en un 90 % de color blanco, el resto pequeñas manchas oscuras. La mayor parte anterior del cuerpo de coloración negra incluyendo tórax y abdomen. El abdomen en su parte posterior de coloración blanca, únicamente manchas negras en los bordes de los lóbulos abdominales. (Imagen 17) Cercos blancos y negros.

3.3 Descripción de Instares

3.3.1 Primer Instar (n10)

Longitud del cuerpo 4.59 mm (s=0.21), pronoto 0.64 mm (s=0.07), coxa delantera 1.27 mm (s=0.10), fémur delantero 1.6045 mm (s=0.05), tibia delantera 0.8235 mm (s=0.05), coxa mesotorácica 0.43 mm (s=0.05), fémur mesotorácico 1.62 mm (s=0.05), tibia mesotorácica 1.73 mm (s=0.05), coxa metatorácica 0.52 mm (s=0.04), fémur metatorácico 2.48 mm (s=0.04), tibia metatorácica 2.88 mm (s=0.04), ancho de la cabeza 1.11 mm (s=0.04), ancho pronoto 0.35 mm (s=0.04).

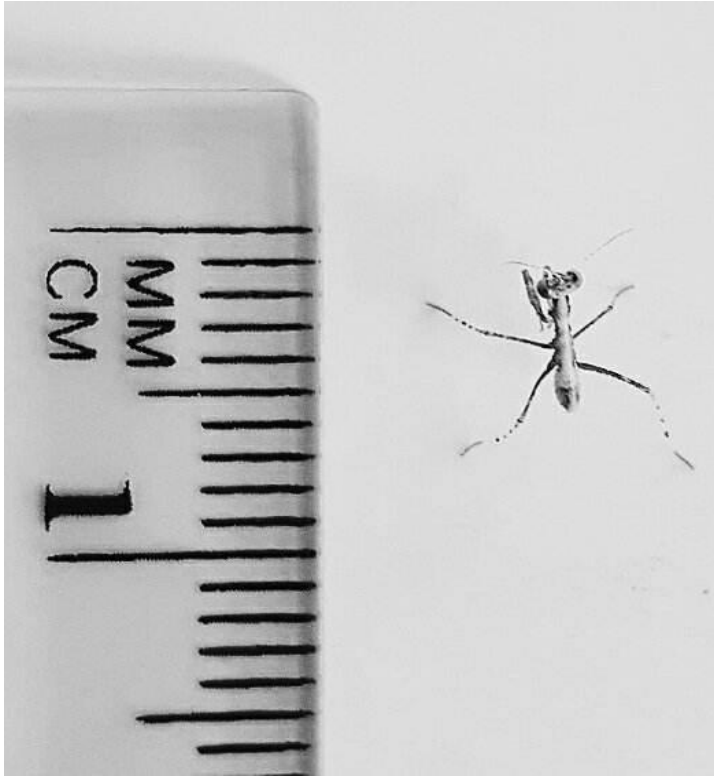


Figura 3.5.1 Mantis 1er Instar

3.3.2 Segundo Instar (n8)

Longitud del cuerpo 5.997 mm (s=0.10), pronoto 0.8 mm (s=0.09), coxa delantera 1.81 mm (s=0.05), fémur delantero 2.52 mm (s=0.05), tibia delantera 1.29 mm (s=0.10), coxa mesotorácica 0.67 mm (s=0.07), fémur mesotorácico 2.16 mm (s=0.07), tibia mesotorácica 2.96 mm (s=0.15), coxa metatorácica 0.81 mm (s=0.05), fémur metatorácico 2.69 mm (s=0.07), tibia metatorácica 3.05 mm (s=0.06), ancho de la cabeza 1.33 mm (s=0.06), ancho pronoto 0.5 mm (s=0.06).



Figura 3.5.2 Mantis 2do Instar

3.3.3 Tercer Instar (n2)

Longitud del cuerpo 8.12 mm ($s=0.07$), pronoto 1.19 mm ($s=0.02$), coxa delantera 2.69 mm ($s=0.05$), fémur delantero 3.10 mm ($s=0.02$), tibia delantera 1.72 mm ($s=0.02$), coxa mesotorácica 0.71 mm ($s=0.08$), fémur mesotorácico 2.78 mm ($s=0.02$), tibia mesotorácica 2.92 mm ($s=0.02$), coxa metatorácica 0.83 mm ($s=0.02$), fémur metatorácico 3.85 mm ($s=0.04$), tibia metatorácica 3.78 mm ($s=0.01$), ancho de la cabeza 1.97 mm ($s=0.02$), ancho pronoto 0.53 mm ($s=0.02$).

La coloración negra del cuerpo es en general más pálida que los instares superiores, en su parte ventral no existe mucha presencia de manchas negras. En la cabeza únicamente existe una línea negra pronunciada, las patas delanteras, medias e inferiores igualmente están caracterizadas por colores negros pálidos. En la parte media del abdomen casi no existen manchas negras. No existe desarrollo de los lóbulos abdominales.

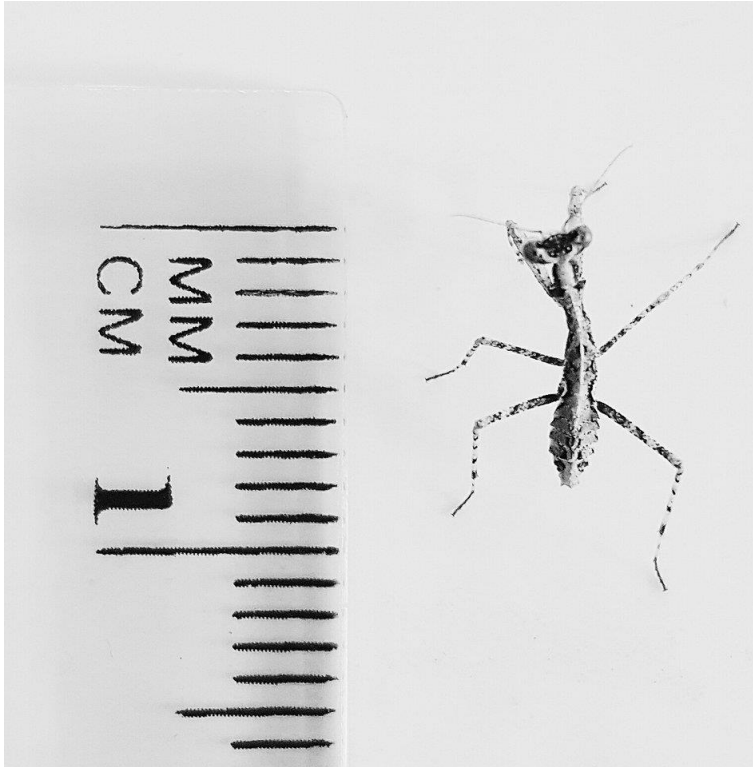


Figura 3.5.3 Mantis 3er Instar

3.3.4 Cuarto Instar (n2)

Longitud del cuerpo 9.27 mm ($s=0.18$), pronoto 1.33 mm ($s=0.01$), coxa delantera 3.22 mm ($s=0.08$), fémur delantero 4.45 mm ($s=0.08$), tibia delantera 1.8 mm ($s=0.09$), coxa mesotorácica 0.73 mm ($s=0.07$), fémur mesotorácico 2.96 mm ($s=0.01$), tibia mesotorácica 3.23 mm ($s=0.04$), coxa metatorácica 0.97 mm ($s=0.02$), fémur metatorácico 3.9 mm ($s=0.04$), tibia metatorácica 3.87 mm ($s=0.02$), ancho de la cabeza 2.26 mm ($s=0.01$), ancho pronoto 0.77 mm ($s=0.07$).

Coloración negra del cuerpo más concentrada. En la cabeza la línea negra desciende hacia el inicio de la unión con el pronoto, líneas negras de las patas delanteras, medias e inferiores más pronunciadas. En el abdomen la coloración negra se aproxima hacia la parte media. Diferenciación de los lóbulos abdominales.



Figura 3.5.4 Mantis 4to Instar

3.3.5 Quinto Instar (n2)

Longitud del cuerpo 11.417 mm (s=0.05), pronoto 1.6 mm (s=0.04), coxa delantera 3.29 mm (s=0.04), fémur delantero 4.45 mm (s=0.07), tibia delantera 2.67 mm (s=0.01), coxa mesotorácica 0.82 mm (s=0.04), fémur mesotorácico 3.51 mm (s=0.05), tibia mesotorácica 3.47 mm (s=0.04), coxa metatorácica 0.95 mm (s=0.05), fémur metatorácico 3.90 mm (s=0.56), tibia metatorácica 3.71 mm (s=0.08), ancho de la cabeza 2.6 mm (s=0.14), ancho pronoto 0.8 mm (s=0.07).



Figura 3.5.5 Mantis 5to Instar

3.3.6 Mantis adulta (n2)

Longitud del cuerpo 21.05 mm (s=0.22), pronoto 2.12 mm (s=0.04), coxa delantera 4.77 mm (s=0.05), fémur delantero 6.64 mm (s=0.02), tibia delantera 3.67 mm (s=0.08), coxa mesotorácica 1.59 mm (s=0.07), fémur mesotorácico 5.33 mm (s=0.05), tibia mesotorácica 5.47 mm (s=0.01), coxa metatorácica 1.69 mm (s=0.04), fémur metatorácico 6.13 mm (s=0.02), tibia metatorácica 6.24 mm (s=0.04), ancho de la cabeza 3.76 mm (s=0.02), ancho pronoto 1.37 mm (s=0.02).

Coloración negra de su parte ventral más concentrada. Líneas negras bien diferenciadas en sus patas delanteras. Lóbulos abdominales negros y bien desarrollados con mayor presencia de manchas negras hacia la parte media del abdomen. Incremento significativo de todas las estructuras corporales.



Figura 3.5.6 Mantis 6to Instar

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

3.4.1 Experimento de Detección por Aves

Para el análisis del experimento de detección por depredadores con aves no se obtuvo ningún resultado positivo (presencia de marcas en la plastilina de los modelos), a pesar que los modelos no fueron removidos, no se registró intento de predación en las muestras, por lo tanto se descarta el análisis a este experimento.

3.4.2 Experimento de Detección por Computadora

Para la realización del análisis, los datos de tiempo obtenidos fueron cambiados a escala logarítmica para que de esta forma exista normalidad en ellos.

Experimento 1-2 (MLBN-LB) (MLBN-M)

Los resultados obtenidos entre los experimentos 1 y 2 (120 c/u), muestran gran diferencia, debido a que en el experimento 1 ($x=18.41$, $s=14.8$) el tiempo obtenido fue significativamente mayor al experimento 2 ($x=2.24$, $s=1.27$).

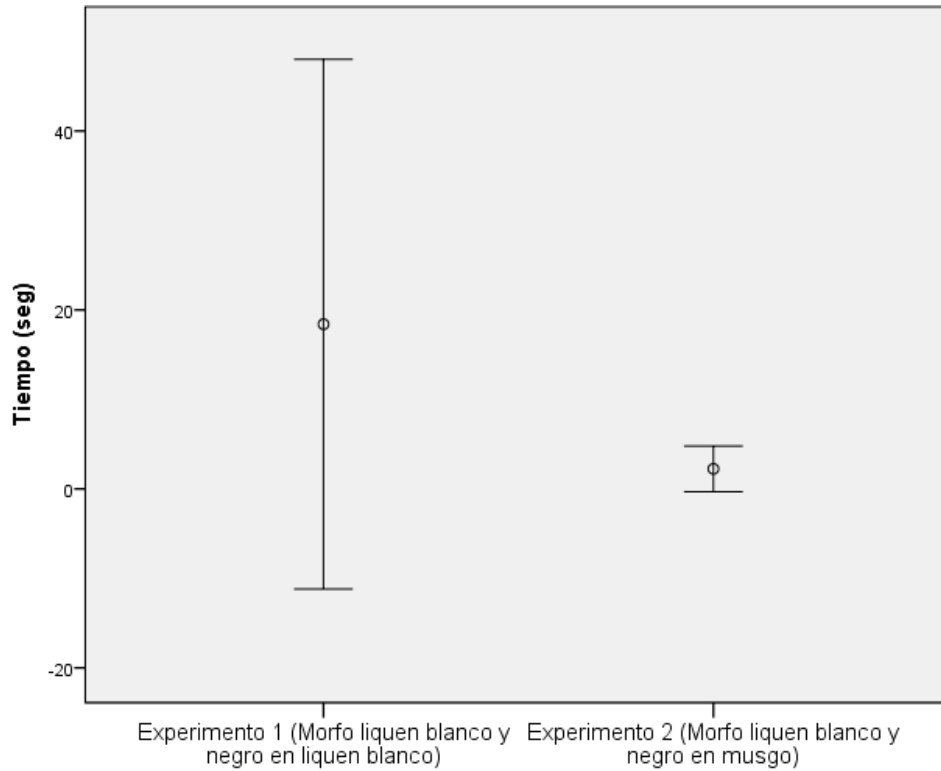


Figura 3.6.1 Comparación de medias para el Experimento 1 y 2

La estadística descriptiva realizada muestra gran diferencia en las medias de tiempo (Tabla 1). Cuando comparamos el tiempo de detección de los diferentes morfos, podemos observar que existe una diferencia significativa en la respuesta que las personas muestran a los morfos que contrastan con el sustrato $F(1.0,119.0) = 582.46$, $p < 0.05$ es decir entre el Experimento 1 ($N=120$) (Morfo liquen blanco en sustrato liquen) y el Experimento 2 ($N=120$) (Morfo liquen blanco en sustrato musgo).

El test de esfericidad de Mauchly también ayudó a contrastar las diferencias existentes en nuestro estudio $p < 0.05$ ya que se ajustan a los cocientes de Greenhouse-Geisser ($p < 0.05$), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa de que existen diferencias

estadísticamente significativas entre los 2 experimentos (Tabla 2). Es decir, el MBN fue más difícil de detectar en líquen blanco que en musgo, en el que contrastaba mucho más debido a la diferencia de color.

Tabla 3.1 Pruebas de efecto intra-sujetos de los diferentes cocientes

Origen		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	• Greenhouse-Geisser	40.988	1.00	40.998	582.461	.000
Error (Tiempo)	• Greenhouse-Geisser	8.374	119	.070		

Experimento 3-4 (MM-LB) (MM-m)

Los resultados obtenidos entre los experimentos 3 y 4 (120 c/u), muestran de igual manera, gran diferencia, debido a que en el experimento 3 ($x=3.60$, $s=3.20$) el tiempo obtenido fue significativamente menor al experimento 4 ($x=12.31$, $s=11.16$).

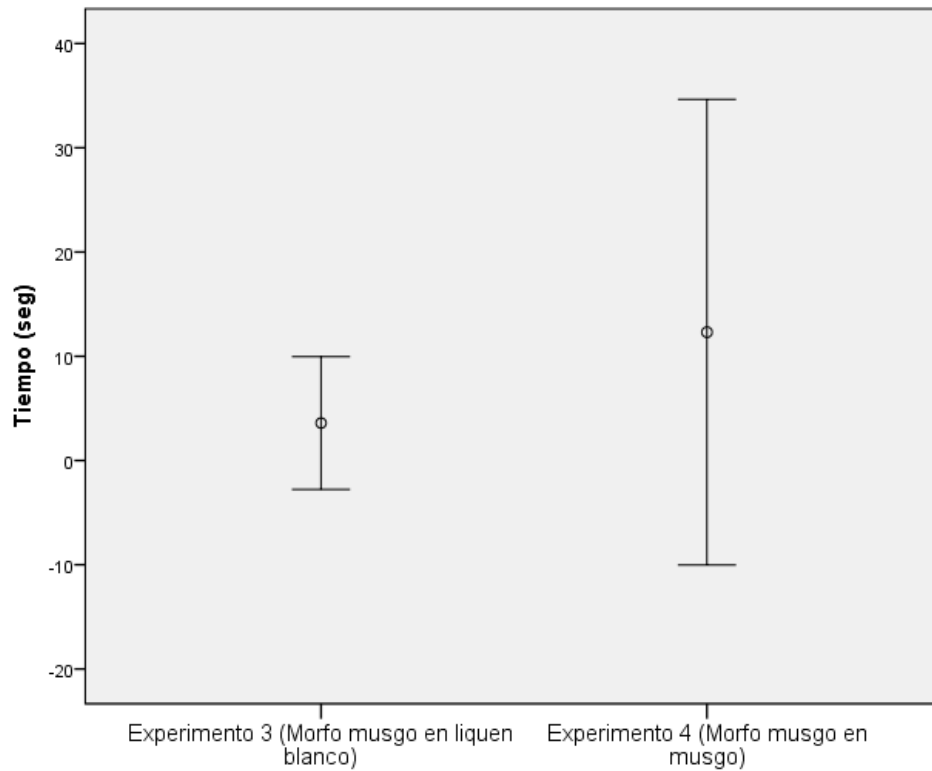


Figura 3.6.2 Comparación de medias para el Experimento 3 y 4

La estadística descriptiva para el experimento 3 y 4 muestra gran diferencia en las medias de tiempo, siendo así mayor para el Experimento 4 (Tabla 3). Cuando comparamos el tiempo de detección de los diferentes morfos, podemos observar que existe una diferencia significativa en la respuesta que las personas muestran a los morfos que contrastan con el sustrato, en este caso el MM con su propio sustrato $F(1.0,119.0)=148.28, p<0.05$ tiene mayor dificultad para su detección ($N=120$) a diferencia del Experimento 3 ($N=120$) (MM en sustrato líquen).

El test de esfericidad de Mauchly al igual que en el experimento 1 y 2 también ayudó a contrastar las diferencias existentes en el estudio $p<0.05$, los cocientes de Greenhouse-Geisser ($p<0.05$), se ajustan de igual manera que en el primer caso, rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa de que existen diferencias estadísticamente significativas entre los 2 experimentos. (Tabla 4).

Tabla 3.2 Pruebas de efectos intra-sujetos en los experimentos 3 y 4

Origen		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> Greenhouse-Geisser 	13.549	1.00	13.549	148.287	.000
Error (Tiempo)	<ul style="list-style-type: none"> Greenhouse-Geisser 	10.873	119.0	.091		

3.4.3 Experimento de Caza

El análisis estadístico del experimento de caza también fue realizado en IBM SPSS 2.0 con un ANOVA de medidas repetidas (Repeated measures anova), debido a que los experimentos realizados fueron con el mismo morfo (4 MLBN, 2 en liquen y 2 en musgo) en 10 repeticiones diferentes con cada uno.

Los datos de tiempo calculados fueron transformados en escala logarítmica para el análisis estadístico respectivo al igual que en el experimento de detección por computadora.



Figura 3.7 Experimento de caza

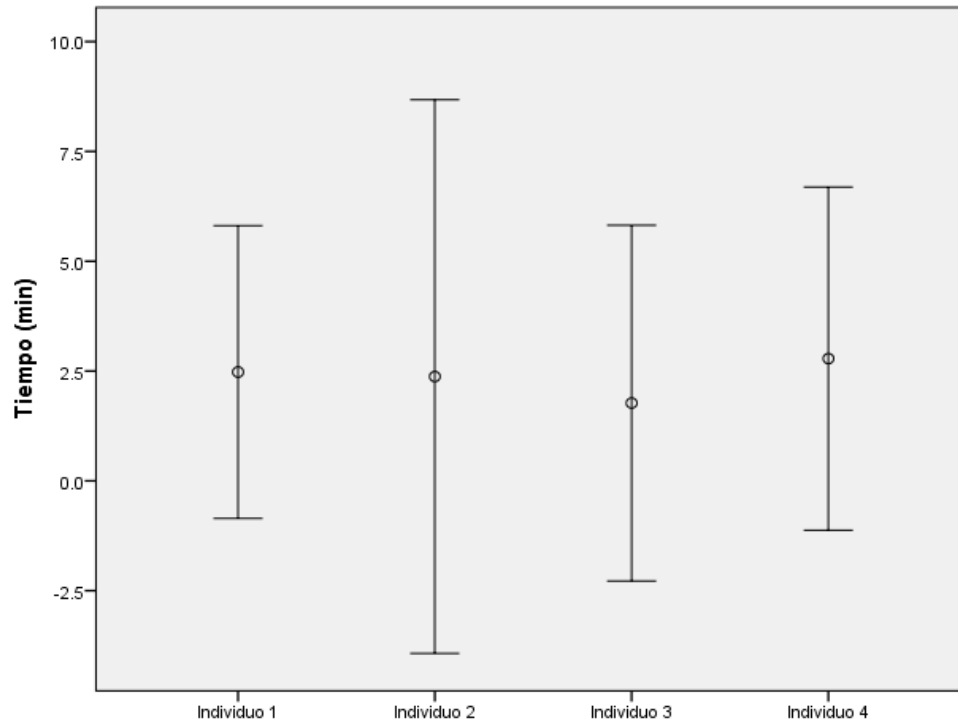


Figura 3.8 Comparación del tiempo de caza en cada uno de los individuos, Individuo 1 (Morfo liquen blanco y negro en musgo), Individuo 2 (Morfo liquen blanco y negro en liquen blanco), Individuo 3 (Morfo liquen blanco y negro en musgo), Individuo 4 (Morfo liquen blanco y negro en liquen blanco).

Para los 10 experimentos realizados con cada uno de los individuos se pudo observar en la estadística descriptiva que las medias en todos los casos, incluyendo los experimentos en los que el morfo se encuentra en el musgo se asemejan. (Fig. 29). En los 4 casos no existe diferencia significativa $F(1.89,17.09)= 0.998$. $p>0.05$. (Tabla 6) La prueba de esfericidad de Mauchly a su vez nos permite aceptar la hipótesis nula $p>0.05$ basándose en el coeficiente de Greenhouse-Geisser, revelando que en ninguno de los casos el morfo presenta una ventaja en la caza, a pesar que en musgo el color contrasta, no hay diferencia alguna. (Tabla 7)

Tabla 3.3 Prueba intra-sujetos con los diferentes cocientes

Origen		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Experimento caza	• Greenhouse-Geisser	.951	1.89	.501	.998	.385
Error (Experimento caza)	• Greenhouse-Geisser	8.576	17.09	.502		

Tabla 3.4 Prueba de esfericidad de Mauchly

Efecto intra-sujetos	W de Mauchly	Chi-cuadrado aprox.	gl	Sig.	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huyn-Feldt	Límite-inferior
Experimento caza	.352	8.072	5	.155	.633	.798	.333

3 DISCUSIÓN

Es importante mencionar que las metodologías utilizadas en los diferentes experimentos realizados en esta investigación nunca antes han sido utilizadas antes para el estudio de mantis Neotropicales, por lo que se tiene que considerar ciertas limitaciones lo cual ha influenciado en la robustez de los resultados y conclusiones aquí presentadas.

4.1 Experimento de detección por Aves

En el experimento de detección por Aves no hubo ningún intento de predación, a pesar que los modelos de MLBN y MM con plastilina fueron ubicados durante todo el transecto de estudio, en ninguno de los casos hubo resultados. La falta de movimiento de nuestros modelos inertes se asemejan al comportamiento natural de *P. hebaridi*, estas mantis en estado natural permanecen estáticas durante mucho tiempo (Mariño, 2011), siendo este comportamiento una ventaja para la caza y su defensa, ya que este comportamiento coadyuva al éxito de su camuflaje, por lo que creemos que la ausencia de movimiento de nuestros modelos de papel no pudo haber afectado en nuestros resultados. *P. hebaridi* al ser polifénica creemos puede ser ignorada por ciertos predadores potenciales. Estudios han demostrado (Dawkins, 1971. Stuart et al., 2012), que las aves tardan mucho tiempo en encontrar a una presa nueva, e incluso después de haber identificado una, el procesamiento que implica discernir esa información dependerá de la frecuencia de encuentro con la misma, lo cual supondría un reto aún mayor para una presa con polifenismo. La energía y el tiempo en el medio natural son limitantes que un depredador tiene en cuenta, las decisiones de que comer, cuando y en qué lugar buscar alimento son importantes al momento de decidir una presa en específico, en el sitio de estudio existe un número muy variado de insectos. Aparte no se sabe que señales influyen en la predación por aves en mantis, si únicamente influye la información cromática, brillo, patrones UV, etc. o intervienen otros factores diferentes y desconocidos (Stuart et al., 2012). Sin embargo, algunas aves son capaces de aprender a diferenciar una presa polifénica incluso en su propio microhábitat, pero esto es un proceso gradual. (Dawkins, 1971).

Un aspecto que pudo haber influenciado en nuestros resultados pudo haber sido el espectro de luz, a pesar que los humanos poseen una visión muy desarrollada, el espectro de luz visible entre humanos y aves es diferente (Knill & Allen, 1995). Las aves son capaces de percibir la luz ultravioleta y por lo tanto esto puede ser una desventaja al usar modelos de papel; para saber si es un factor que influye en nuestros resultados se debería determinar la reflectancia UV de la mantis mediante un espectrofotómetro de registro UV visible, dependiendo del resultado se puede saber si efectivamente los modelos no sirven para ser usados con aves. (Tsurui et al., 2010). Otro aspecto importante a considerar es el comportamiento de forrajeo de las aves en la naturaleza, el cual es un fenómeno muy complejo (Knill Allen, 1995), a pesar de que se utilicen modelos más reales en un próximo estudio, la dinámica de búsqueda por aves no ha sido muy explorada, la estructura de la vegetación y el fondo del sustrato en el que se encuentra *P. hebaridi* como otras especies polifénicas son efectos directos sobre la detectibilidad y búsqueda visual de aves. (Bond, 2007).

Dow y Lea (1987) describen 5 tipos diferentes de reglas o mecanismos acerca del forrajeo:

1. Maximización: Individuo que visita un área con mayor densidad de presas a diferencia de otras cercanas
2. Igualación: Individuo que divide tiempo de forrajeo en las diferentes áreas proporcionalmente a la densidad de presas existentes
3. Satisfacción: Individuo que permanece en el mismo sitio debido a la densidad necesaria de presas
4. Muestreo Óptimo: Individuo que visita el área que ofrece mayor densidad de presas temporalmente e información sobre ello.
5. Azar: No se considera densidad de presas, únicamente su visita depende de orden consecutivo o alternación de visitas.

En resultados realizados en laboratorio de conducta operante, los mecanismos más frecuentes han demostrado ser de maximización e igualación (Gutiérrez 1998); posiblemente al haber mayor cantidad de presas con grandes densidades, las aves prefieran cazar aquellas que no demanden un gasto muy alto de energía en su búsqueda, algo que podría apoyar nuestro resultado de ausencia de predación por aves a *P. hebaridi* al no ser tan

abundantes.

Finalmente, nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Michalis et al., (2017), en que posiblemente subestimamos el tiempo de aprendizaje de los depredadores y a su vez se colocaron presas en densidades muy bajas para conseguir un resultado de predación. Aún se desconoce la tasa de predación de *P. hebaridi* por aves, por lo tanto, a diferencia de Bond y Kamil 2006, que utilizaron presas típicas del depredador con *Cyanocitta cristata*, en este experimento no podemos conocer aún la preferencia directa de predación por aves. Claro está que para llegar a conclusiones más robustas es imperante realizar más experimentos y mejorar los modelos de papel.

4.2 Experimento detección por Computadora

Los resultados obtenidos por el experimento muestran diferencias significativas en los morfos que no se diferencian con su microhábitat, es decir el MLBN sobre el liquen registró mayor tiempo de detección, al igual que el MM sobre musgo, mientras que cuando la imagen mostraba el MLBN en musgo y MM en liquen, el tiempo de detección fue mucho menor, mostrando efectivamente que el polifenismo presente en estas mantis tiende a ser protector lo cual ha sido corroborado por otras investigaciones en otros animales (Bond Kamil 2006, Kaperstam 2013, Knill Allen 1995, Tsurui et al., 2010 y Michalis et al., 2017). El espécimen no es claramente diferenciable en el experimento en el que se coloca un morfo que corresponda con el fondo del microhábitat coincidiendo con los resultados de Birgitta (2007) en el que el color que no contrasta con el fondo tiende a tomar mayor tiempo en ser detectado. A pesar que en nuestro experimento se limita la búsqueda a una imagen relativamente pequeña, comparado con la búsqueda en el medio natural, estos análisis únicamente muestran esta diferencia cuando la detección en computadora es relativamente difícil, y no pretende llamar la atención selectiva de la imagen (Bond & Kamil 2006). Cuando el morfo no pertenecía a su microhábitat en específico, la respuesta por parte de las personas fue notablemente rápida debido al contraste de color que muestra el morfo. Sin embargo, hay que considerar que este modelo de supervivencia que se mide a través de este experimento no se compara a la búsqueda visual en entornos más complejos

(Michalis et al., 2017).

La complejidad del fondo a la vez tiene importancia crucial en la búsqueda de esta especie; para un predador, esto aumenta considerablemente el tiempo de detección. Es posible que estas especies como mantis prefieran en sí fondos más complejos, que supongan un reto para la detección, algo que tiene relación con el resultado en el experimento con aves de Dimitrova & Merilaita (2009) en el cual se demuestra que efectivamente el tiempo de detección por predadores en fondos complejos es significativamente diferente a comparación de presas que contrastan con su fondo.

En este experimento fue importante la presentación inicial de imágenes de diferentes especies de mantis, para que la persona tuviera una idea de lo que tendría que buscar en la imagen presenta en el experimento. Esta experiencia previa de las personas a ser evaluadas ayudaría a reducir el sesgo ya que esto en la naturaleza representaría un predador “entrenado”, en estudios como el de Dimitrova (2009), las aves muestran mejores respuestas a partir de entrenamientos previos en la búsqueda de su objetivo, por lo tanto, tratándose de una especie en la que se desconoce un predador específico es importante que exista este entrenamiento previo.

4.3 Experimento Efectividad en captura de presas

En los 4 experimentos realizados no se obtuvo diferencia significativa en ninguno de los casos, los análisis realizados muestran que en el experimento de caza bajo las condiciones usadas en el laboratorio el morfo no tiene efecto en el tiempo de captura. Al ser el primer experimento de predación en cautiverio con esta especie es posible que muchos factores intervengan en el proceso y por lo tanto no existan resultados concluyentes. Las mantis por naturaleza son depredadores muy eficientes, su método de caza tiende a ser muy efectivo al momento de alimentarse, tanto así que se le considera una especie útil como enemigo natural de otros insectos por la elevada cantidad de alimento que pueden llegar a consumir. (Torres, 2015). Se desconoce si *Musca domestica* es una presa habitual de *P. hebaridi* en el medio natural, a pesar que insectos del orden Diptera son abundantes en la zona de estudio (Romero & Tixi, 2015) por lo que creeríamos que pueden ser presas potenciales para un

insecto predador como las mantis.

Durante el tiempo de estudio se pudo observar que *P. hebaridi* tiene mayor actividad de caza sino se la alimenta por tres días previos al experimento. Los especímenes de *Musca domestica* usados en este experimento fueron colectados en la ciudad, por lo que es posible que al no ser un depredador local, las moscas subestimaban la presencia de mantis en el terrario; sin embargo, en otros estudios con moscas (Swaddle 1997) la predación siempre ha sido exitosa. Al ser el primer experimento con esta especie, variables como tamaño del terrario, estrés de la presa y caza nocturna aun no han sido investigadas, es posible que en terrarios más grandes debido al vuelo de la mosca sea más difícil la caza, también, se sabe que las mantis son capaces de consumir gran alimento durante todo un día (Torres, 2015) por lo que sería interesante estudiar la actividad nocturna de la especie.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los resultados generados en esta investigación, podemos concluir que el polifenismo de la especie *P. hebaridi* le brinda en cierta medida ventajas adaptativas, protegiéndoles de predadores, esto basado en los resultados obtenidos del experimento de detección por humanos, claro está, que es necesario realizar más experimentos en modelos con aves y probar diferentes terrarios para ver si nuestros resultados son confirmados.

A pesar que no se obtuvo resultados en el experimento de aves, se recomienda en un próximo estudio elaborar un mayor número y mejorar los modelos de papel a ser utilizados, debido a que es posible que durante el transecto no se pusiera el número suficiente. Para conocer de forma más directa la detección por aves sería interesante elaborar experimentos como los realizados por Dimitrova & Merilaita (2009) en la que se captura temporalmente en una jaula aves en el mismo sitio de estudio y los modelos son puestos en diferentes fondos, de esta manera se controla mejor el camuflaje y el acercamiento que tiene el ave al morfo de experimento.

Los resultados obtenidos en esta investigación sirven como base para próximos estudios con esta especie tan interesante de mantis la cual podría ser usada como un organismo modelo para varios estudios de especiación y evolución.

5 REFERENCIAS

- Agudelo A., Chica E. (2002). Mántidos, Introducción al conocimiento del orden Mantodea. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Bogotá, Colombia
- Agudelo A., Lombardo F. y Jantsch L. (2007). Checklist of the Neotropical mantids (Insecta, Dictyoptera, Mantodea). *Biota Colombiana*. 8 (2): 105 -158.
- Ariza G., Salazar E. y Canal N. (2012). Especies y distribución de los mántidos (Mantodea) del Departamento del Tolima, *Revista Colombiana de Entomología*, Colombia 38 (2): 282-290.
- Ayala M. (1998). Los mántidos (Mantodea) del Ecuador: catálogo, distribución geográfica y notas de historia natural del género *Calopteromantis*. Disertacion, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 184 p.
- Battiston R. y Picciau L. (2008). Contribution to the knowledge of the Mantodea of Ecuador with the description of the male of *Pseudoxyops perpulchra* (Westwood, 1889) (Mantodea, Mantidae Stagmatopterinae), in: Giachino P.M. (ed.), Biodiversity in South America I. Memoirs on Biodiversity World Biodiversity, *Association onlus*, Verona, p. 19-30
- Beatty D, Beirinsky K, Sherratt T. (2004). The evolution of Mullerian mimicry in multispecies communities. *Nature*. Department of Biology, Carleton University, Ontario, Canada. 41-46
- Beier, M. (1942) Neue und seltene Mantodeen aus deutschen Museen. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 52: 126 – 154.

- Birgitta T, Stille G, Bohlin T, Merilaita S. (2007). Seasonal ontogenetic colour plasticity in the adult striated shieldbug *Graphosoma lieatum* (Heteroptera) and its effect on detectability. *Behav. Ecol. Sociobiology* Department of Zoology, Stockholm University, Sweden.
- Blanco, O. y Salazar E. (2015). Rediscovery of the poorly known Lichen-Mantis *Pogonogaster tristani* Rehn, 1918 (Mantodea: Thespidae, Oligonicinae) in Costa Rica and ecological notes. *Boletín Científico del centro de museos de Historia Natural*. Universidad de Caldas, Colombia, 19 (1): 193-202.
- Bond, A. (2007). The Evolution of Color Polymorphism: Crypticity, Searching Images, and Apostatic Selection. *Faculty Publications in the Biological Sciences*. University of Nebraska, Lincoln 489-514.
- Bond A, Kamil A. (2006). Spatial heterogeneity, predator cognition, and the evolution of color polymorphism in virtual prey. *Proc. Natl Acad. Sci. United States of America*. 103,3214–3219.(doi:10.1073/pnas.0509963103)
- Boulton R. y Cassey P. (2006). An inexpensive method for identifying predators of passerine nests using tethered artificial eggs. Centre for Ornithology, School of Biosciences. Birmingham, United Kingdom.
- Brewer M., Carter R., Croucher P. y Gillespie R. (2014). Shifting habitats, morphology, and selective pressures: developmental polyphenism in an adaptive radiation of Hawaiian spiders. *The Society for the Study of Evolution*. 69 (1): 162-178.
- Carrejo & Salazar (2002). Nueva Especie de *Pseudopogonogaster* Beier, 1942 para la Cordillera Oriental de Colombia (Insecta: Mantodea). *Boletin Museo* 103.
- Checa M. (2007). Polimorfismos genéticos: Importancia y aplicaciones. *Ins Nal Enf Resp Mex*. Laboratorio de Biología Molecular, INER, Mexico, 213-221.

- Corona M, Libbrecht R and Wheeler D. (2016) Molecular mechanisms of phenotypic plasticity in social insects. Department of Ecology and Evolution, *Current Opinion in Insect Science*, University of Lausanne, Switzerland, 13:55-60.
- Dawkins M. (1971). Perceptual Changes In Chicks: Another look at the “Search image” concept. *Animal Behav* Department of Zoology, University of Oxford. 19, 566-574
- Dimitrova M & Merilaita S, (2009). Prey Concealment: Visual Background Complexity and Prey Contrast Distribution. Department of Zoology, Stockholm University. Turku, Finland.
- Dow S. & Lea S. (1987). Foraging in a changing environment: simulations in the operant laboratory. En M.L. Commons, *A Quantitative Analysis of Behavior. Foraging*. Hillsdale, New Jersey, United States of America.
- Ehrmann & Kocak (2009). The neotropical mantids (Insecta: Dictyoptera: Mantodea). Centre for Entomological Studies, *Cesa News*, Ankara.
- Glanville P. & Allen J. (1997). Protective Polymorphism in Populations of Computer-Simulated Moth-Like Prey. *Oikos*. School of Biological Sciences, University of Southampton, 80: 565-571.
- Gutiérrez, G. (1998). Estrategias de forrajeo. *Research Gate*. Manual de Análisis Experimental del Comportamiento. Pgs. 359-381. Madrid-España.
- Kaperstam E, Merilaita S and Forsman A. (2013). Detection experiments with humans implicate visual predation as a driver of colour polymorphism dynamics in pygmy grasshoppers. *Ecology and Evolution in Microbial Model Systems, EEIMS*, Department of Biology and Environmental Science, *BMC Ecology*, Linnaeus University, Sweden, 13:17.
- Knill R. & Allen J. (1995). Does polymorphism protect? An experiment with human “predators”. Department of Biology, University of Southampton,

Southampton, 99, 127-138.

- Legendre F, Nel A, Svenson GJ, Robillard T, Pellens R, Grandcolas P (2015) Phylogeny of Dictyoptera: Dating the Origin of Cockroaches, Praying Mantises and Termites with Molecular Data and Controlled Fossil Evidence. *PLoS ONE* 10(7): e0130127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130127>.
- Mariño E. (2011). Los mántidos. CONABIO. Biodiversitas, México. 95:12
- Merilaita S. (2011). Habitat heterogeneity, predation and gene flow: colour polymorphism in the isopod, *Idotea báltica*. Department of Animal Ecology, Evolutionary Biology Centre, *Evolutionary Ecology*, Uppsala University, Sweden, 15: 103-116.
- Michalis C, Samuel N, Gibson D, Cuthill C. (2017). Optimal background matching camouflage. *Publ, R. Soc. University of Bristol* 284: 20170709.
- Rehn, J. (1918). Descriptions of one new genus and fifteen new species of tropical American Orthoptera. *Transactions of the American Entomological Society*, 54: 326 – 328
- Rivera J, Yagui H, Ehrmann R. (2011). Mantids in the mist-Taxonomy of the Andean genus *Pseudopogonogaster* Beier, 1942, a cloud forest specialist, with notes on its biogeography and ecology (Mantodea: Thespidae: Miopteryginae). *Insect Systematics & Evolution* University of Toronto, Canada, 42: 313-335.
- Romero G & Tixi (2015). Composición y estructura de la comunidad de insectos en dos zonas de la Estación Científica “El Gullán”, Azuay-Ecuador. Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Biología, Ecología y Gestión. Cuenca-Ecuador.
- Salazar, J. & Carrejo, N. (2002) Nueva especie de *Pseudopogonogaster* Beier, 1942 para la Cordillera oriental de Colombia (Insecta: Mantodea). *Boletín Científico del Museo de Historia Natural* Universidad de Caldas, Colombia, 6: 103 – 109.

- Salazar, J. (2000) *Phasmomantis championi* Saussure & Zehntner, 1894 nuevo registro de Mantido para Colombia y descripción de una nueva especie de *Pseudopogonogaster* Beier, 1942 para la Cordillera Occidental. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural* Universidad de Caldas, Colombia, 4: 27 – 34.
- Salazar, J. (2002) Novedades en Mantidae y su reconocimiento en la colección Entomológica de la Universidad del Tolima. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, Universidad de Caldas, Colombia 6: 73 – 82.
- Simpson S, Sword G and Lo N. (2011). Polyphenism in Insects. *Current Biology* Vol 22 No 4.
- Stuart Y, Dappen N, Losin N. (2012). Inferring Predator Behavior from Attack Rates on Prey-Replicas That Differ in Conspicuousness. *Plos One* Department of Biology, University of Miami, United States of America 7 (10): 8497
- Svenson G, Hardy N, Haley M, Wightman C and Wieland F. (2015) Of flowers and twigs: phylogenetic revision of the plant-mimicking praying mantises (Mantodea: Empusidae and Hymenopodidae) with a new suprageneric classification. Department of Invertebrate Zoology, *Systematic Entomology*, Claveland, 40: 789-834.
- Swaddle J. (1997). Developmental stability and predation success in an insect predator-prey system. *Behav Ecol*, 8 (4): 433-436
- Terra, P. (1982) Novos Generos e novas Especies de louva-a-deus da America do Sul (Mantodea, Mantidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, Brasil, 26: 327 – 332.
- Torres F. (2015). Clase Insecta: Orden Mantodea. *Ibero Diversidad Entomológica accesible*. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada 47: 1-10.
- Tsurui K, Honma A and Nishida T. (2010). Camouflage effects of various color-

making morphs against different microhabitat backgrounds in a polymorphic pygmy grasshopper *Tetrix japonica*. Laboratory of Insect Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Japan, 5: e11446.

- Wennersten L & Forsman A. (2016). Inter-individual variation promotes ecological success of populations and species: evidence from experimental and comparative studies. *Ecography* Dept of Environmental Science, Linnaeus University, Kalmar Sweden, 39: 630-648.

