

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



Capacidad depredadora de *Notonecta* sp. a diferentes densidades larvales del mosquito *Culex quinquefasciatus*.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

BIÓLOGA

CON MENCIÓN EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y

RECURSOS NATURALES

PRESENTADO POR:

Bach. DOMÍNGUEZ ASTO, LINZBET

AYACUCHO – PERÚ

2014

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

R.D.N 098-2014-FCB-D

Bach. LINZBET DOMÍNGUEZ ASTO

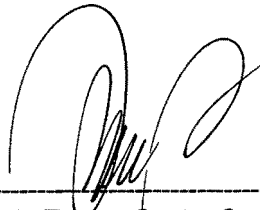
En la ciudad de Ayacucho, a los quince días del mes de agosto de año dos mil catorce, siendo las cuatro de la tarde con diez minutos de la tarde, reunidos en el Auditorium de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, bajo la presidencia del Dr. Segundo Tomas Castro Carranza y como miembros del jurado evaluador los señores docentes Blgo. Mg. Pedro Ayala Gómez, Blgo. Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz, Ing. Dr. Antonio Jeri Chávez y el Blgo. Mc. Yuri Olivier Ayala Sulca quien actuó también como Secretario Docente (e) a merito del encargo directo expresado en el acto sustentatorio por el Sr. Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas, para recepcionar la sustentación de tesis, titulado: "Capacidad Depredadora de *Notonecta sp.* a diferentes densidades larvales del mosquito *Culex quinquefasciatus*" presentado por la Bachiller en Ciencias Biológicas Srta. Linzbet Domínguez Asto, quien pretende obtener el título profesional de Bióloga, con mención en la especialidad de Ecología y Recursos Naturales. El Presidente del Jurado Evaluador solicitó al secretario de Docente (e), dar lectura a la documentación que sustenta el presente acto académico, acto seguido el presidente indicó a la señorita sustentante que cuenta con un tiempo de cuarenta y cinco minutos tal como lo señala el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Formación Profesional de Biología. Concluida la exposición del trabajo de investigación, el Presidente invito a los miembros de jurado evaluador a que efectúen sus preguntas, observaciones y/o sugerencias de corrección al borrador del trabajo de tesis sustentado. Concluida con esta etapa el presidente del jurado evaluador invito a la sustentante y público asistente abandonar momentáneamente las instalaciones del Auditorium, para que los Miembros del Jurado, puedan deliberar la calificación del trabajo de tesis

expuesto y defendido por la señorita sustentante, arribándose a los siguientes resultados:

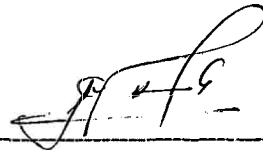
MIEMBRO JURADO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	PROMEDIO
Dr. Tomas Castro Carranza	17	17	17
Mg. Pedro Ayala Gómez	17	16	17
Dr. Carlos Carrasco Badajoz	18	18	18
Dr. Antonio Jeri Chávez	16.5	16	16
Mc. Yuri Ayala Sulca	18	17	18

Promedio total final 17

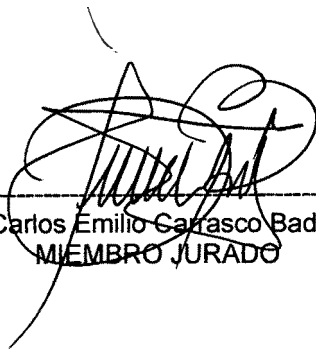
Luego de concluida la etapa de calificación, la sustentante obtuvo el promedio de calificación promedio de DIESICITE (17), de lo cual dan fe, los miembros del Jurado Calificador, estampando sus firmas al pie de la presente acta, finalizando el acto de sustentación siendo la seis y diez minutos de la tarde, concluyéndose con el presente acto académico.



Dr. Segundo Tomas Castro Carranza
PRESIDENTE MIEMBRO



Mg. Pedro Ayala Gómez
MIEMBRO JURADO



Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz
MIEMBRO JURADO



Dr. Antonio Jeri Chávez
MIEMBRO JURADO



Mc. Yuri Olivier Ayala Sulca
MIEMBRO ASESOR-SECRETARIO (e)

DEDICATORIA

A mis padres por ser los pilares más importantes en mi formación como persona y profesional, a mis hermanos por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesional y desarrollar capacidades y estrategias, para el éxito personal y profesional.

A la Escuela de Formación Profesional de Biología, así mismo a la especialidad de Ecología y Recursos Naturales, a los docentes por compartirme sus conocimientos y conducirme durante mi formación profesional

A mi asesor, Blgo. MC. Yuri O. Ayala Sulca, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación, fueron los alicientes para culminar con la tesis y mi anhelo de ser futura profesional de éxito.

Agradezco a mis compañeros de estudio con quienes compartí las aulas universitarias durante mi formación como futuro profesional, a quienes contribuyeron directa e indirectamente en el desarrollo de la presente investigación con miras a mi titulación como profesional Bióloga.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	7
2.2.1. Estrategias para control de mosquitos	7
2.2.2. Control biológico	8
2.2.3. Control biológico de insectos de importancia médica	8
2.2.4. La depredación	8
2.2.5. Insectos depredadores	8
2.2.6. Relación de depredador y presa	8
2.2.7. <i>Culex quinquefasciatus</i>	8
2.2.8. Los depredadores <i>Notonecta sp</i>	8
2.3. Bases teóricas	8
2.3.1. Generalidades	9
2.3.2. <i>Culex quinquefasciatus</i> : características y biología	11
2.3.3. Los depredadores <i>Notonecta sp.</i> (Hemiptera: Notonectidae)	13
2.3.4. Insectos depredadores en el control biológico	15
2.3.5. Depredadores de larvas de mosquitos	17
2.3.6. Comportamiento del depredador y estrategia de captura de presas	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Zona de estudio	24
3.2. Población y muestra	27
3.2.1. Población	27
3.2.2. Muestra	27
3.2.3. Unidad experimental	27
3.3. Metodología y recolección de datos	27

3.3.1. Colecta y mantenimiento del material biológico	27
3.3.2. Evaluación de la capacidad de depredación (CR)	28
3.4. Diseño de investigación	30
3.5. Análisis de datos	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES	48
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.- Combinaciones del volumen de agua, número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.) y número de presas (larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i>) evaluadas para la determinación de la capacidad depredadora y consumo diario de presas.	29
Tabla 2. Número de larvas consumidas y capacidad de depredación de <i>Notonecta</i> sp en el control de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> , según el tipo de combinaciones evaluada.	32
Tabla 3. Número de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> consumidas por <i>Notonecta</i> sp. según tipo de combinación evaluada, en 24 horas de evaluación.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ciclo de vida de <i>Culex quinquefasciatus</i> (6).	13
Figura 2. A) modo de vida y alimentación de <i>Notonecta</i> sp. (22). B) morfología típica del chinche "nadador de dorso" (23).	15
Figura 3. Ubicación geográfica del lugar de colecta de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> .	25
Figura 4. Ubicación geográfica del lugar de colecta de adultos de <i>Notonecta</i> sp.	26
Figura 5. Capacidad de depredación de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> (Media \pm desv. estandar) según las combinaciones del número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (A, B, C, D, E, F, G y H e I, son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).	33
Figura 6. Promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> (Media \pm desv. estandar) consumidas según las combinaciones: número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (A, B, C, D, E, F, G y H son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).	35
Figura 7. Promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> (Media \pm desv. estandar) consumidas según la combinación número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.) evaluados y número de larvas ofrecidas. (A, B, C, D y E son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).	36
Figura 8. Media de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> (Media \pm desv. estandar) consumidas según la combinación número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.) y volumen de agua en el recipiente de cría (L) evaluados. (A y B son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).	37
Figura 9. Promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> (Media \pm desv. estandar) consumidas en relación al volumen de agua en el recipiente de cría (L). (A es el rango asignado por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Página

Anexo 1	Análisis de varianza de la capacidad depredadora de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> según las interacciones evaluadas: número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).	53
Anexo 2	Test de LSD Fisher de comparación de medias para la capacidad depredadora de <i>Culex quinquefasciatus</i> según las interacciones evaluadas: número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).	54
Anexo 3	Análisis de varianza del promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> consumidas según las interacciones evaluadas: número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).	55
Anexo 4	Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> consumidas, según las interacciones evaluadas: número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).	56
Anexo 5	Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> consumidas, según la interacción número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.) evaluados y número de larvas ofrecidas.	57
Anexo 6	Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> consumidas, según la interacción número de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.) y volumen de agua en el recipiente de cría (L).	58
Anexo 7	Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> consumidas en relación al volumen de agua en el recipiente de cría (L).	59
Anexo 8	Proceso de selección de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> para las pruebas de capacidad depredadora de <i>Notonecta</i> sp.	60

Anexo 9	Proceso de incorporación de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> y los depredadores <i>Notonecta</i> sp. a los recipientes experimentales.	61
Anexo 10	Disposición de los recipientes experimentales conteniendo uno y dos litros de agua, número creciente de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> y uno o dos notonectidos como depredadores	62
Anexo 11	Recuento del número de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> muertas por la acción depredadora de <i>Notonecta</i> sp. en 24 horas, en cada una de las interacciones evaluadas.	63
Anexo 12	Matriz de consistencia	64

RESUMEN

Los insectos son miembros importantes de los sistemas acuáticos, entre los que encontramos a los hemípteros, insectos de amplia distribución. *Notonecta*, es un género de insectos depredadores principalmente de larvas de mosquitos, su comportamiento como eficiente depredador es aun motivo de estudio, por lo que se propuso evaluar la capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el consumo de diferentes densidades larvales de *Culex quinquefasciatus*, según número de depredadores y diferentes volúmenes de agua de criadero. Los *Notonecta* sp. y las larvas de *Culex quinquefasciatus* fueron colectados utilizando un *dipper* muestreador de 350 mL de capacidad y una red entomológica. 24 horas antes de iniciar con las pruebas fueron aislados los notonectidos quitándoles la fuente de alimentación, las larvas del mosquito fueron separadas considerando solo a los de IV instar. La capacidad depredadora y el promedio diario de consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* por el depredador *Notonecta* sp. fueron calculadas a las 24 horas en las siguientes interacciones: un depredador, 50, 100 y 200 larvas en uno y dos litros de agua; dos depredadores, 50, 100 y 200 larvas en uno y dos litros de agua. Los datos fueron evaluados determinándose la capacidad depredadora (CR) y el promedio diario de consumo de larvas, al realizar el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) y el test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$). *Notonecta* sp. en la capacidad depredadora, demostró consumir menos de una larva por hora del mosquito *Culex quinquefasciatus*, independientemente del incremento del número de presas, número de depredadores y volumen de agua en el criadero larval. La media de consumo diario de larvas por dos notonectidos fue de hasta 50 % (81 a 90 larvas de 200 administradas), superando hasta en 60 % los datos reportados para un solo depredador (36 a 39 larvas depredadas de 200 administradas), en relación directa con el número creciente de presas y número de depredadores e independientemente del volumen de agua existente en el criadero larval.

Palabras Claves: capacidad depredadora, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*.

I. INTRODUCCIÓN

Los insectos son miembros importantes de los sistemas acuáticos, entre los que encontramos a los hemípteros, insectos de amplia distribución, de características morfológicas hidrodinámicas y comportamiento depredador peculiar; independientemente del estado de desarrollo en que sean hallados, pueden consumir diferentes tipos de presas. Esto le confiere al grupo una marcada relevancia en la estructura trófica y de transferencia de nutrientes así como un potencial controlador de larvas de insectos vectores de enfermedades como los dípteros (1). Los notonéctidos son hemípteros depredadores que atacan a presas tan grandes como renacuajos y peces pequeños, y puede causar dolorosas picaduras al ser humano. Habitan en agua dulce, por ejemplo, lagos, piscinas, pantanos, y se encuentran a veces en los estanques de jardín. Pueden volar bien y así migran con facilidad a nuevos hábitats (2). El interés por el estudio de controladores biológicos como los notonectidos que regulan poblaciones de larvas de mosquitos de interés médico nace por ser una alternativa real y viable al uso indiscriminado de productos químicos, estrategia que involucra el uso de organismos con capacidad de parasitar, depredar o ser patógenos al insecto vector (3,4,5). En Ayacucho los notonectidos han sido observados cohabitando con náyades de *Erythemis* sp. (Odonata: Libellulidae) y

larvas de *Tropisternus* sp. (Coleoptera: Hydrophilidae), entre otros artrópodos, ejerciendo actividad depredadora de larvas de mosquitos culicidos y otros organismos (6). Sin embargo, existe vacío de información sobre todo en lo referente al comportamiento que mostrarían los depredadores como *Notonecta* sp. en presencia de abundantes larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus*, diferente número de depredadores y volumen de agua en el criadero larval, información que pretendemos obtenerla a través de la presente investigación. Por lo que nos planteamos los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar la capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el consumo de diferentes densidades larvales de *Culex quinquefasciatus*, según número de depredadores y diferentes volúmenes de agua de criadero.

Objetivos específicos

- Determinar la capacidad depredadora por hora de uno y dos *Notonecta* sp. en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* a las densidades de 50, 100 y 200 larvas, en uno y dos litros de volumen de agua de criadero.
- Determinar el promedio de larvas consumidas por día por uno y dos notonectidos, a las densidades de 50, 100 y 200 larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, en uno y dos litros de volumen de agua de criadero.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

A nivel mundial, el tema del uso de controladores biológicos en la regulación de poblaciones de insectos vectores de enfermedades, pasa por el aprovechamiento de las características depredadoras desarrolladas por vertebrados pequeños como peces, anfibios y reptiles hasta el grupo de los invertebrados, entre los que destacan los insectos. Así por ejemplo Fimia Duarte *et al.* (7), demostraron en Cuba bajo condiciones de laboratorio, la depredación generada por el copépodo ciclozópodo *Mesocyclops aspericornis*, sobre larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* en 24 horas de evaluación. En la primera estimación, dirigida a valorar la densodependencia del copépodo depredador en el consumo de larvas, se varió la densidad de las presas (5, 10, 15, 20 y 25 larvas por recipiente de 1000 mL) manteniéndose fijo el número de los depredadores (12 copépodos), cada situación contó con 10 réplicas. La media de las larvas depredadas mostró una fuerte dependencia del depredador en el consumo de presas, obteniéndose diferencias significativas en todos los casos. En el segundo experimento, se valoró la influencia de la densidad de las larvas sobre la eficiencia del depredador, se varió la cantidad de larvas en los frascos (40, 60, 80, 100, y 150 por frascos de 1000 mL, con 10 réplicas en cada

situación) permaneciendo siempre una misma cantidad de copépodos (10 copépodos). Se determinó que la media de larvas depredadas en los dos primeros casos difiere significativamente entre sí y con el resto de los tratamientos, pero no se encontraron diferencias significativas entre las larvas depredadas cuando estas fueron 80, 100, y 150 por litro. Concluyeron los citados investigadores que *Mesocyclops aspericornis*, un copépodo común de la fauna dulceacuícola cubana, incrementó la eficiencia depredadora con el incremento de la densidad de presas, al menos en valores menores a 25 larvas/litro, y que la eficiencia de depredación aumenta hasta una relación de un copépodo / ocho larvas; cuando la proporción de larvas superó esta cifra, el número de presas consumidas en el medio, no experimentó aumentos significativos.

Por otro lado, Rojas-Sahagún *et al.* (8), al evaluar la capacidad depredadora de *Macrobrachium tenellum* (Crustáceo: Decápoda) sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio en México, demostraron que juveniles de éste crustáceo con dos rangos de tallas: A (3,0 cm-3,5 cm) y B (4,5 cm-5,0 cm), en presencia de larvas del mosquito *A. aegypti* obtenidos de la crianza mantenida en laboratorio, demostraron, en caso del primer bioensayo en la que se colocaron 5, 10, 15 y 20 larvas de *Aedes aegypti* por tratamiento, y en el segundo bioensayo donde el número de larvas se ajustó a 30, 40, 50 y 80 larvas por tratamiento, demostraron que *Macrobrachium tenellum* muestra un alto consumo de larvas para los dos rangos y tratamientos. En la mayor densidad (80 larvas) se obtuvo el consumo de 95 % de larvas a las 24 h para el rango A y 100 % para el rango B, llegando a la conclusión de que *Macrobrachium tenellum* puede ser considerado como un potencial agente de control biológico debido a su abundancia en ambientes naturales, su resistencia a diversas condiciones ambientales y a la voracidad demostrada en este estudio.

Los insectos son miembros importantes de los sistemas acuáticos, entre los que encontramos a los hemípteros, insectos de amplia distribución, que gracias a las características morfológicas hidrodinámicas que muchos de ellos exhiben y sobre todo al comportamiento depredador peculiar que muestran, independientemente del estado de desarrollo en que sean hallados, pueden consumir diferentes tipos de presas. Esto le confiere al grupo una marcada relevancia en la estructura trófica y de transferencia de nutrientes así como un potencial controlador de larvas de insectos vectores de enfermedades como los dípteros (1).

Quiroz *et al.* (9), al evaluar insectos acuáticos como los odonatos *Pantala hymenae* y *Archilestes grandis*; varias especies de chinches acuáticos como los "nadadores de dorso" o notonéctidos *Buenoa scimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata*; otros chinches conocidos como *Ambrysus parviceps* "escorpión del agua" *Ranatra fusca* y la chinche gigante del agua *Abedus* sp.; así como los escarabajos ditiscidos: *Laccophilus* sp. y *L. fasciatus*, *Thermonectes marmoratus*; además de los hidrófilos *Tropisternus lateralis* e *Hydrophilus* sp.; demostraron que el insecto acuático más prometedor y considerado como el mejor prospecto en los programas de control biológico de *Aedes aegypti* e insectos afines, son las chinches nadadoras de dorso: *Buenoa scimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata* ya que fueron los depredadores con la más alta capacidad de búsqueda; razón por la cual se les dio seguimiento y fue posible obtener la cría masiva de estos hemípteros, de quienes se practicaron liberaciones de huevecillos, ninfas y adultos en depósitos artificiales lográndose obtener una disminución de la densidad larvaria de mosquitos. Según los mismos investigadores los agentes de control biológico como los notonectidos representaron una de las mejores herramientas de control que pueden aplicarse

de forma conjunta con estrategias tales como la presentación comercial de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* conocida como Bactimos® y otras alternativas no convencionales, complementando el efecto de control entre ambas, tales diseños repercuten en beneficios económicos ya que no se hacen aplicaciones repetitivas por el establecimiento de los depredadores, ecológicos por el bajo impacto que tienen en los ecosistemas y social por la disminución de casos al disminuir la densidad de adultos (9,10).

Los notonéctidos (Hemiptera: Notonectidae) son depredadores que atacan a presas tan grandes como renacuajos y peces pequeños, y puede causar dolorosa picadura al ser humano. Habitan en agua dulce, por ejemplo, lagos, piscinas, pantanos, y se encuentran a veces en los estanques de jardín. Pueden volar bien y así migran con facilidad a nuevos hábitats (2).

El interés por el estudio de controladores biológicos como los notonectidos que regulan poblaciones de larvas de mosquitos culícidos de interés médico nace por ser una alternativa real y viable al uso indiscriminado de productos químicos, estrategia nueva que involucra el uso de organismos con capacidad de parasitar, depredar o ser patógenos al insecto vector (3, 4). Adicionalmente, la búsqueda de controladores biológicos resulta ser una medida de regulación poblacional adicional a la tradicionalmente realizada por insecticidas o sustancias biocidas (5). Los notonectidos son insectos de fácil manipulación y crianza en laboratorio, desarrollan una respuesta funcional de tipo II de acuerdo a la propuesta de los modelos matemáticos planteados por Holling en 1959, que demuestra la existencia de convergencia evolutiva entre los notonectidos y las larvas de los mosquitos en condiciones de laboratorio (6, 11).

Son pocas las investigaciones desarrolladas en el campo del control biológico de insectos de importancia médica a nivel nacional y local, en todo caso, poco

difundidas por las revistas especializadas. En Ayacucho, Ayala (6) al evaluar la capacidad de depredación del chinche *Notonecta* sp. en el control de larvas de *Culex quinquefasciatus* demostró que estos organismos desarrollaron alta capacidad predadora, bajos tiempos de manipuleo y alta capacidad de búsqueda, con características densodependiente inversa típico de respuestas funcionales de tipo II de acuerdo a los modelos propuestos por Holling en 1959 y 1966, en presencia y ausencia de refugios. Posteriormente Cisneros (11), determinó que estos chinches acuáticos tienen mayor preferencia por el consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* en comparación a larvas de *Chironomus* sp., reafirmando su alta capacidad depredadora en el consumo de larvas de los mosquitos culícidos.

Ayacucho es una zona que por sus características geográficas, clima y pésimas condiciones de drenaje de aguas, permite la formación de criaderos temporales, cuyas aguas sirven como lugar de reproducción de muchas especies de artrópodos, incluidas las especies motivo de estudio (6).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Estrategias para control de mosquitos: es el uso de agentes químicos hasta el de controladores biológicos. Son métodos de control de plagas (insectos, ácaros, malezas, enfermedades de las plantas, etc.) que usa depredadores, parásitos, herbívoros u otros medios naturales de control.

2.2.2. Control biológico: método artificial de control que presenta limitaciones especialmente en cuanto al conocimiento de los organismos afectados, lo que trae consigo una serie de ventajas e inconvenientes en su aplicación, sobre todo si se relaciona con los métodos químicos de control.

2.2.3. Control biológico de insectos de importancia médica: una alternativa es el estudio de los organismos asociados a los criaderos de los mosquitos

donde se desarrollan los estados inmaduros de los mosquitos, que pueden actuar como enemigos naturales (predadores), potencialmente útiles como agentes de control, ya que casi todos los depredadores acuáticos se alimentan de larvas y pupas de mosquitos, y de otros pequeños artrópodos.

2.2.4. La depredación: se define como la conducta consistente en capturar a más de un organismo y alimentarse de ellos, siendo estos últimos consumidos totalmente o en parte.

2.2.5. Insectos depredadores: son aquellos que capturan y se alimentan de presas vivas, que normalmente son otros insectos, aunque también pueden hacerlo de una gran variedad de pequeños animales, en general invertebrados. Suelen tener un tamaño mayor que el de su presa y consumen en general un gran número de presas a lo largo de su vida.

2.2.6. Relación de depredador y presa: son de origen reciente suele producir graves efectos negativos sobre la población de la presa; en otros términos, grandes números de la especie de presa son muertos por el depredador.

2.2.7. *Culex quinquefasciatus*: es un insecto mosquito que pertenece a la familia Culicidae de la orden Díptera, son importantes porque actúan como vectores, que causan diversas enfermedades, los adultos machos son nectararios en tanto las que las hembras son hematófagas, pudiendo transmitir patógenos durante su alimentación sanguínea.

2.2.8. Los depredadores *Notonecta* sp. : los notonéctidos son una familia de insectos acuáticos del orden Hemiptera, con la característica de nadar con el dorso hacia abajo, con forma hidrodinámica y con potencial para controlar los mosquitos o zancudos, son depredadores más voraces y por tanto candidatos más fuertes en los programas de control biológico.

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. Generalidades

Los mosquitos, han sido estudiados a lo largo del tiempo por diversas razones, entre las que se incluyen el ser agentes transmisores de determinadas enfermedades, la molestia que causan, aun sin llegar a ser demasiado nocivos y, por supuesto, el interés como grupo zoológico para su estudio taxonómico y faunístico. El término mosquito se refiere de modo genérico a cualquier díptero (incluso otros insectos) de pequeñas dimensiones, pero en el contexto que nos ocupa, el mosquito que será objeto de estudio es *Culex quinquefasciatus* Say 1823 (Diptera: Culicidae) para los que, aparte del genérico término "mosquito", se utilizan otras denominaciones como: "cinife", "violero", "zancudo", etc. (3).

Las estrategias empleadas hasta el momento para el control de mosquitos como *Culex quinquefasciatus* va desde el uso de agentes químicos hasta el uso de controladores biológicos. La definición más aceptada en la actualidad en lo que respecta al control biológico, es la que han utilizado tradicionalmente los entomólogos: es un método de control de plagas (insectos, ácaros, malezas, enfermedades de las plantas, etc.) que usa depredadores, parásitos, herbívoros u otros medios naturales. El concepto de control biológico hay que diferenciarlo del control natural, que es el control que sucede en las poblaciones de organismos sin intervención del hombre y que incluye además de enemigos naturales la acción de los factores abióticos del medio. Por ello hay que entender el control biológico como un método artificial de control que presenta limitaciones especialmente en cuanto al conocimiento de los organismos afectados, lo que trae consigo una serie de ventajas e inconvenientes en su aplicación, sobre todo si se relaciona con los métodos químicos de control (3).

Dentro del control biológico de insectos de importancia médica, una alternativa es el estudio de los organismos asociados a los criaderos de los mosquitos

donde se desarrollan los estados inmaduros de los mosquitos, que pueden actuar como enemigos naturales (predadores), potencialmente útiles como agentes de control, ya que casi todos los depredadores acuáticos se alimentan de larvas y pupas de mosquitos, además de otros pequeños artrópodos; peces, patógenos e insectos son considerados en este grupo (12). La depredación puede definirse como la conducta consistente en capturar a más de un organismo y alimentarse de ellos, siendo estos últimos consumidos totalmente o en parte [Emmel (1975) reportado por Quiroz (13)]. Los insectos depredadores son aquellos que capturan y se alimentan de presas vivas, que normalmente son otros insectos, aunque también pueden hacerlo de una gran variedad de pequeños animales, en general invertebrados. Suelen tener un tamaño mayor que el de su presa y consumen en general un gran número de presas a lo largo de su vida (14).

Una relación de depredador y presa de origen reciente suele producir graves efectos negativos sobre la población de la presa; en otros términos, grandes números de la especie de presa son muertos por el predador. En la relación de depredador y presa que ha existido por mucho tiempo, la coevolución (esencialmente ajustes evolutivos simultáneos en cada una de la especies), reduce a un grado mínimo los efectos negativos sobre la presa, en otros términos si los ajustes en la interacción recíproca no se efectuarán por selección natural en el transcurso del tiempo, probablemente una o las dos poblaciones se extinguirían (13).

Los notonéctidos (Notonectidae, "nadadores de espalda") son una familia de insectos acuáticos del orden Hemiptera, comúnmente conocidos como garapitos o barqueritos, con la característica de nadar al revés, es decir con el dorso hacia abajo. El género más común es *Notonecta*, insectos con forma hidrodinámica

con un cuerpo robusto, de hasta 16 mm de largo, de color verde, marrón o amarillento. Son depredadores y atacan a presas tan grandes como renacuajos y peces pequeños, y puede causar una dolorosa picadura a un ser humano. Habitan en agua dulce, por ejemplo, lagos, piscinas, pantanos, y se encuentran a veces en los estanques de jardín. Pueden volar bien y así migran con facilidad a nuevos hábitats (10).

El hábito depredador se encuentra en muchos grupos de insectos, entre ellos los hemípteros, coleópteros y odonatos. La gran capacidad de depredación de las náyades de odonatos las convierte en parte fundamental para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, en los que en muchos casos representan los mayores depredadores. Esto, aunado a la gran cantidad de hábitats en los que se encuentran, ha motivado a algunos investigadores a utilizarlas en el control de plagas perjudiciales para el hombre, como los zancudos o mosquitos transmisores de enfermedades (15). Por ejemplo Sebastian *et al.* (16) utilizaron náyades de la familia Libellulidae en programas de control de *Aedes aegypti* con excelentes resultados.

2.3.2. *Culex quinquefasciatus*: características y biología

Culex quinquefasciatus, es un insecto mosquito que habita en regiones tropicales y subtropicales y abarca su distribución hasta las isoterms de 20°C (17) abundan principalmente en América y África tropical, Medio y Lejano Oriente, sur de Asia, Nueva Guinea, Australia y el sur de Estados Unidos, aunque existen zonas de intergradación (Norteamérica, norte del Japón, suroriente de Australia, Medio Oriente, área central de Argentina, entre los 30° y los 33° de latitud sur, y África) donde se han reportado híbridos de *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. pipiens* (18). En el Perú, Iannacone y Alvaríño (19) reportaron la presencia de esta especie en la ciudad de Lima, generando

picaduras dolorosas en los pobladores de esta ciudad constituyendo un problema entomológico médico de importancia. Ayala Sulca (6), en estudios de la capacidad predadora de *Notonecta* sp. sobre larvas de *Culex quinquefasciatus*, hace referencia a la presencia de larvas de esta especie en criaderos naturales y artificiales de la ciudad de Ayacucho, generando los mosquitos adultos picaduras dolorosas en pobladores del entorno de los criaderos, con características eruptivas e irritantes.

El hábitat favorable para la oviposición de los mosquitos culicidos son las lagunas de oxidación de aguas negras que son particularmente atractivas para las hembras de estos mosquitos. Los huevecillos son depositados en grupos flotantes compactos en la superficie del agua o individualmente sobre el agua, cuyas larvas pueden tolerar aguas con alta contaminación orgánica, están provistas de un sifón largo en el octavo segmento abdominal, generalmente con un pecten bien desarrollado y uno o varios penachos de sedas. Las pupas son grandes, presentan pequeñas trompetas respiratorias y son muy activas al nadar. Los adultos, con palpos maxilares pequeños en relación al tamaño de la proboscis en las hembras y son largos en los machos. El escutelo es trilobulado con sedas en cada lóbulo, el abdomen cubierto por escamas anchas, casi siempre de posición horizontal. Las hembras inseminadas pasan el invierno como en diapausa, preparándose para la hibernación, disminuyendo su alimentación de sangre y la hipertrofia del tejido adiposo en respuesta a las temperaturas frías y días más cortos. *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, es un insecto que acompaña al proceso de urbanización, pueden ser encontrados en agua de drenajes y letrinas de pozos abiertos. Las lagunas de oxidación de aguas negras son particularmente atractivas para la oviposición cuando el recuento de bacterias coliformes aumenta lo suficiente (18, 20).

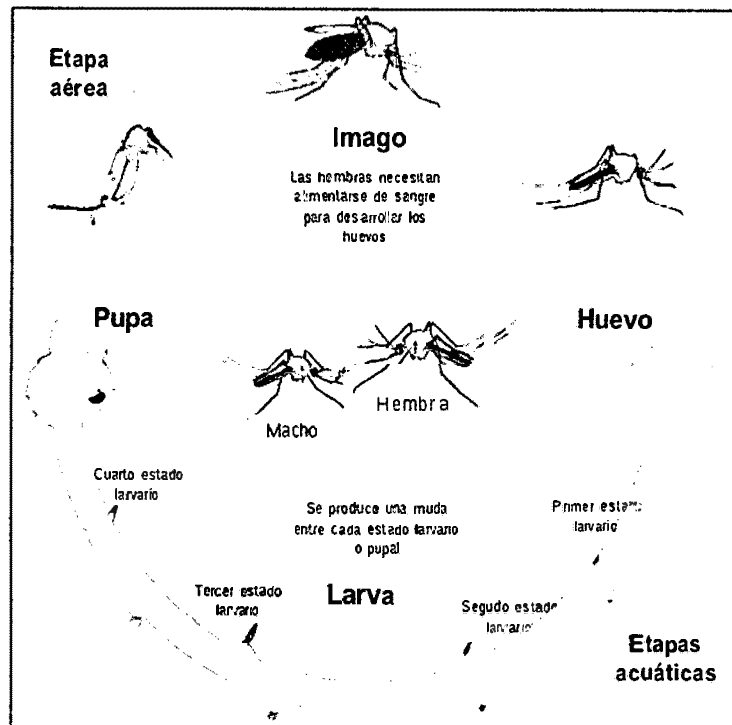


Figura 1.-Ciclo de vida de *Culex quinquefasciatus* (6).

Los mosquitos culícidos son importantes porque actúan como vectores de una amplia variedad de patógenos y parásitos, incluyendo virus, bacterias, hongos, protozoarios y nemátodos, que causan diversas enfermedades como el dengue, malaria, fiebre amarilla, filariosis y varios tipos de encefalitis como Virus del Nilo Occidental (WNV), Encefalitis Equina del Este (EEE), Encefalitis Equina del Oeste (EEW), Encefalitis del Valle Murray (MVE) a diversos vertebrados incluyendo al hombre (21).

2.3.3. Los depredadores *Notonecta* sp. (Hemiptera: Notonectidae)

Las principales familias de Hemiptera con potencial para controlar los mosquitos o zancudos son Belostomatidae, Nepidae, Notonectidae y Naucoridae, pero estudios de laboratorio en Cuba y en Brasil permitieron suponer que los belostomátidos deberían ser mejor evaluados para el control de mosquitos. En Estados Unidos y Canadá al contrario, los estudios sugirieron que los

notonéctidos son predadores más voraces y por tanto candidatos más fuertes en los programas de control biológico (4). Los notonéctidos (Notonectidae, "nadadores de espalda o de dorso") son una familia de insectos acuáticos del orden Hemiptera, comúnmente conocidos como garapitos o barqueritos, por la característica de nadar con el dorso dirigido hacia la parte inferior. Son similares en apariencia a Corixidae, pero pueden ser diferenciados por caracteres como su coloración dorsal, patas delanteras, y el comportamiento depredador. Su dorso convexo es de color claro sin estrías cruzadas. Sus tarsos delanteros no son en forma de cuchara y sus patas traseras tienen flecos para la natación. Hay dos subfamilias, Notonectinae y Anisopinae, cada uno con cuatro géneros (10). En la familia Notonectidae, el interés está principalmente valorado al género *Notonecta* como agente de control biológico. Su interés se remonta a inicios de siglo, destacando las especies *N. unifasciata*, *N. hoffmani* y *N. kirbyi*, siendo *N. undulata* el más voraz predador entre todos los hemípteros evaluados (4). El género *Notonecta*, es un insecto con forma hidrodinámica con un cuerpo robusto, de hasta 16 mm de largo, de color verde, marrón o amarillento. Estos insectos acuáticos nadan sobre sus espaldas, remando vigorosamente con sus largas y peludas patas traseras (10).

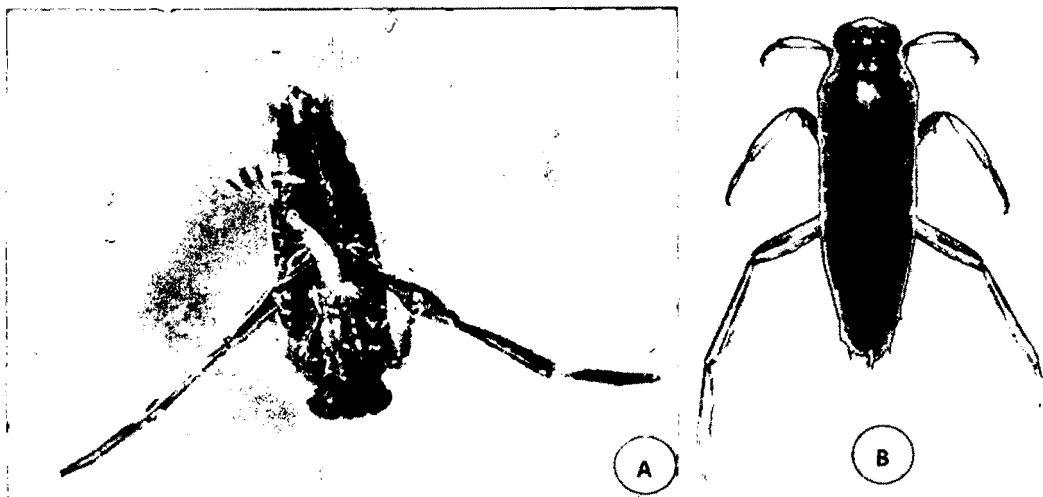


Figura 2.- A) modo de vida y alimentación de *Notonecta* sp. (22). B) morfología típica del chinche "nadador de dorso" (23).

Son depredadores y atacan a presas tan grandes como renacuajos y peces pequeños, y puede causar una dolorosa picadura a un ser humano. Habitan en agua dulce, por ejemplo, lagos, piscinas, pantanos, y se encuentran a veces en los estanques de jardín. Pueden volar bien y así migran con facilidad a nuevos hábitats (10).

Aunque hayan sido hechos pocos estudios de campo para evaluarse la eficiencia de control, se sabe que larvas de mosquitos son realmente el alimento preferido de los notonéctidos. Cuando son introducidos en pequeños lagos ellos reducen el número de mosquitos emergentes, y acaban promoviendo una reducción de la ovipostura. Su uso en campañas de control de mosquitos está limitado a la disponibilidad de comida. La falta de comida puede iniciar que obtén por una función de canibalismo, una vez que los individuos adultos atacan sin distinción las ninfas de su propia especie o de otras especies de notonéctidos. Esto puede repercutir en una disminución de la población de notonéctidos debajo de un número necesario para obtener un control eficiente de las larvas de mosquitos (4).

2.3.4. Insectos depredadores en el control biológico

Los seres vivos de un ecosistema realizan distintos oficios. En todo ecosistema, por complejo o simple que sea, existe unos pocos oficios que siempre están cubiertos: productores, consumidores (fitófagos y depredadores en sentido amplio) y descomponedores. En efecto, en un ecosistema la diversidad biológica forma las piezas sobre las que se engranan el ciclo de la materia y el flujo de la energía, lo que posibilita el funcionamiento del mismo. Tanto el ciclo como el

flujo dependen de una compleja red de interrelaciones tróficas formada por distintos "tipos ecológicos" de organismos (24).

El depredador es un organismo de vida libre a lo largo de todo su ciclo vital, suele ser de mayor tamaño que su presa, requiere más de una presa para completar su desarrollo y siempre mata a sus presas. Las adaptaciones de los insectos depredadores son muy diversas. Dependiendo de la forma de capturar las presas podemos pensar en depredadores que cazan practicando una búsqueda activa, como la caza que realizan al vuelo las libélulas, especies que esperan que alguna presa potencial se ponga a su alcance utilizando así una técnica de caza pasiva, como podemos observar en el comportamiento depredador de los mántidos, y otros artrópodos que capturan las presas utilizando trampas, como el caso de muchos arácnidos o de insectos como la hormiga león (25). Existen especies de depredadores que practican distinta estrategia de depredación dependiendo del estado de desarrollo en el que se encuentren.

Las interacciones depredador presa son muy complejas al estar condicionadas por numerosas variables. En general, las tasas de reproducción y el comportamiento de cada uno de los miembros de la interacción dependen de la densidad de ambos y de los cambios del medio ambiente físico (24).

Todas las especies del ecosistema están sometidas a un control de sus densidades poblacionales. El control natural se refiere a la acción de control que ejercen un gran conjunto de factores ambientales, tanto abióticos como bióticos, sobre las poblaciones. Gracias al control natural la mayor parte de las especies de insectos potencialmente dañinas no se convierten en plagas reales, resultando sólo un 1 % las especies que llegan a resultar nocivas (26). La especificidad por la presa entre las especies depredadoras varía ampliamente

desde una alta especificidad (son los depredadores denominados olífagos, existiendo especies incluso monófagas) a una búsqueda no selectiva (depredadores polífagos). Esta diferencia es de importancia crítica para el uso de cualquier enemigo natural como agente de control biológico aplicado, pues un agente ideal es aquel que presenta una actividad depredadora sobre una única especie nociva (monofagia) (24).

La depredación es un fenómeno muy común entre los insectos. Los depredadores usados con más frecuencia en el control biológico aplicado son insectos (27), aunque también se han aplicado algunas especies de vertebrados. Por ejemplo, se han empleado peces, especialmente *Gambusia affinis*, como depredadores de las fases preimaginales de varias especies mosquitos, o anfibios, como *Bufo marinus*, para controlar homópteros plaga de la caña de azúcar de Puerto Rico. Los insectos depredadores más frecuentemente utilizados en programas de control biológico aplicado han sido coleópteros, especialmente de la familia Coccinellidae, neurópteros, himenópteros, dípteros y heteroceros (28).

2.3.5. Depredadores de larvas de mosquitos

Desde el punto de vista ecológico pueden existir más enemigos naturales de mosquitos que de otros insectos, que ocurre una vez que se dan las larvas y pupas acuáticas y los adultos que se desarrollan en el ambiente aéreo. Desde el punto de vista de su utilización, es conveniente hacer algunas precisiones sobre el rol que cumplen los depredadores. Una de las maneras sería analizando el modo de acción de éstos, y en cuanto a algunas de sus ventajas del uso de predadores serían (4).

- Su alimentación generalmente incluye otras especies de invertebrados, pudiéndose mantener o así mismo multiplicarse en ausencia de la especie blanco (o mosquito).
- Son menos sensibles a los parámetros de calidad del agua
- Acostumbran matar más presas de lo que realmente irán a consumir, causando así mayor impacto en el control de las poblaciones y,
- En general procuran siempre matar sus presas.

Entre sus desventajas tenemos:

- En general, un depredador posee un ciclo de vida más largo que los mosquitos, sus presas, necesitando por tanto una buena sincronización o superposición de generaciones para que la población del insecto blanco no escape a la depredación.
- Acostumbran tener preferencias en la alimentación debido a la abundancia relativa de dos especies presa por ejemplo, pueden ignorar aquella de menor densidad (y vector) en desmerito de otra, con mayor población y sin importancia epidemiológica (4, 29).

En diferentes países tropicales se han empleado estrategias de control biológico de mosquito. En Brasil, por ejemplo, se ha empleado hasta el momento *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* como biocontrolador de mosquitos (2). También se registran estudios de control de mosquito con especies animales como peces (30), ranas (31), planarias (32), decápodos (33), libélulas (9), larvas de otros mosquitos (34) e incluso algunas especies del género *Notonecta* que han sido empleadas en conjunto con bacterias (35).

Las larvas de *Aedes aegypti* (un tipo de mosquito culícido), al igual que otros mosquitos, suelen ser depredados por copépodos ciclopoideos de distintos

géneros, entre ellos *Macrocyclops* y *Mesocyclops*. *Macrocyclops albidus* que poseen una distribución global; tienen gran tamaño y suele matar una gran cantidad de larvas aunque no las coma. *Mesocyclops longisetus*, que es una de las especies más grandes del género (el género posee unas 9 especies o subespecies sudamericanas), se menciona no sólo como un voraz predador sino que se caracteriza por una gran capacidad de supervivencia aún en ausencia de larvas de mosquito en los recipientes. Ambas especies han sido utilizadas en ensayos de laboratorio y de campo (36, 37) y son usados como agentes de control biológico de *Ae. aegypti* en diversos programas ejecutados con participación comunitaria (38).

Quiroz *et al.*, (9), al evaluar insectos acuáticos como los odonatos *Pantala hymenae* y *Archilestes grandis*; varias especies de chinches acuáticas como los "nadadores de dorso" o notonéctidos *Buena scimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata*; otros chinches conocidos como *Ambrysus parviceps* "escorpión del agua" *Ranatra fusca* y la chinche gigante del agua *Abedus* sp.; así como los escarabajos ditiscidos: *Laccophilus* sp. y *L. fasciatus*, *Thermonectes marmoratus*; además de los hidrófilidos *Tropisternus lateralis* e *Hydrophilus* sp. Demostraron que el insecto acuático más prometedor y considerado como el mejor prospecto en los programas de control biológico de *Aedes aegypti* e insectos afines, son las chinches nadadoras de dorso: *Buena scimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata* ya que fueron los depredadores con la más alta capacidad de búsqueda; razón por la cual se les dio seguimiento y fue posible obtener la cría masiva de estos hemipteros, de quienes se practicaron liberaciones de huevecillos, ninfas y adultos en depósitos artificiales lográndose obtener una disminución de la densidad larvaria de mosquitos. Según los mismos investigadores los agentes de control biológico como los notonectidos

representaron una de las mejores herramientas de control que pueden aplicarse de forma conjunta con estrategias tales como la presentación comercial de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* conocida como Bactimos® y otras alternativas no convencionales, complementando el efecto de control entre ambas, tales diseños repercuten en beneficios económicos ya que no se hacen aplicaciones repetitivas por el establecimiento de los depredadores, ecológicos por el bajo impacto que tienen en los ecosistemas y social por la disminución de casos al disminuir la densidad de adultos.

El papel que juegan los parasitoides y depredadores en la dinámica de poblaciones naturales ha sido uno de los aspectos menos entendidos y a la vez más controversiales en el estudio de la ecología de poblaciones. Aunque existen muchos casos exitosos de control biológico, en la mayoría de ellos se carecía de información sobre las propiedades biológicas y ecológicas de los enemigos naturales antes de su liberación para predecir el grado de éxito o no se desarrollaron estudios después para explicar los mecanismos involucrados. Las bases teóricas en las que se desarrollan las interacciones entre parasitoides (o depredadores) y huéspedes (presas) han sido ignoradas en la mayoría de los programas de control biológico, lo que reduce las posibilidades de obtener un panorama más claro acerca de los posibles resultados de dichos programas (39).

Existen modelos poblacionales que describen los cambios en las densidades de una población de presas al ser consumidos por un predador. Un modelo predictivo describe los cambios que ocurrirían en una población de acuerdo con una serie de condiciones ambientales y datos poblacionales iniciales. Durante los últimos 70 años los modelos poblacionales han evolucionado en complejidad, y en la actualidad se requiere frecuentemente de la ayuda de computadoras para

lograr la solución a las ecuaciones. La importancia de los modelos en el control biológico puede resumirse en los siguientes puntos: (a) Son esenciales para comprender los procesos de regulación de poblaciones de plagas a través del uso de enemigos naturales; (b) permiten agrupar y jerarquizar los atributos de los enemigos naturales y su impacto en el grado de éxito que han obtenido diversos programas de control biológico; (c) permiten ajustar los programas en desarrollo y predecir los resultados posibles con la introducción de nuevos enemigos naturales; y (d) permiten desarrollar teorías más robustecidas que sirvan de cimientos al establecer programas nuevos (39).

2.3.6. Comportamiento del depredador y estrategia de captura de presas

La importancia de la depredación como una estrategia de explotación, puede ser resumida en cuatro categorías (40):

- Depredadores que juegan un papel predominante en el flujo de energía de la comunidad. Pueden encontrarse ejemplos en todos los niveles tróficos.
- Depredadores y parasitoides han sido repetidamente señalados como reguladores de las poblaciones de insectos de las cuales se alimentan. Evitan la aparición de especies dominantes que en determinadas situaciones podrían desembocar en auténticas invasiones tanto en los ambientes naturales como en las áreas cultivadas. El control biológico está basado en este hecho.
- Depredadores que juegan un importante papel en el estado de salud de las poblaciones de las presas. El estado de salud está definido en términos de supervivencia, y de viabilidad de la progenie. Los organismos que son débiles o enfermos son comidos por los depredadores, y los individuos más sanos escapan a la depredación. La depredación se da sobre individuos

viejos o decrepitos, y sobre aquellos cuyos padres no han proporcionado suficientes cuidados a la prole, como por ejemplo la hembra que deposita la puesta en un lugar que la hace vulnerable al ataque por depredadores. La depredación es causa de mortalidad a la que están expuestos los organismos y es una forma de mantener el vigor de las poblaciones de la presa.

- Finalmente, los depredadores actúan como agentes selectivos en la evolución de su presa. Quizás la presión de la depredación ha actuado como una de las fuerzas visibles más fuertes en el conjunto del reino animal.

Una consecuencia importante de la relación depredador presa, sobre todo en el caso en el que las presas son insectos fitófagos, es la relación que se establece de forma indirecta entre plantas y depredadores puesto que los depredadores se dirigen preferentemente a aquellas formaciones vegetales en las que son más abundantes las presas y por tanto la obtención de las mismas es más fácil (41, 42). El proceso de adquisición de la presa ocurre siguiendo tres etapas consecutivas (14):

- Localización de la presa.
- Reconocimiento y manipulación de la presa
- Selección y especificidad por la presa.

Las tácticas de captura de presas en Hemípteros, Coleópteros y Odonatos pueden dividirse en dos categorías:

1. Búsqueda, el depredador no permanece quieto sino que realiza desplazamientos más o menos largos con diferentes propósitos:

- Búsqueda simple de la presa, como en los Cicindélidos, Carábidos, Estafilínidos (Coleópteros), *Notonecta* spp., *Boenoa* spp. (Hemípteros).
- Búsqueda de un tipo de hábitat específico de la presa como en el caso de los Coccinélidos.
- Seguimiento de feromonas, típica de los Cléridos.

2. Acecho, en este caso el depredador espera oculto en pequeñas galerías del suelo o camuflado en el paso de su presa; en ese momento lanza sus patas y mandíbulas sobre ella sujetándose al suelo con las espinas de las patas y tórax un ejemplo es el caso de las larvas y adultos de cicindélidos (coleópteros) y odonatos.

Aunque la mayoría de los insectos predadores son polípagos, la investigación de la conducta de depredación, con la excepción de la permutación y estudios de forraje óptimos, tiende a concentrarse en las situaciones simples de depredador presa (43).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Ayacucho, ubicado políticamente en la provincia de Huamanga - región Ayacucho. Teniendo como centros de investigación el laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas (FCB), ubicado en la Ciudad Universitaria de la (Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) y como lugar de colecta del material biológico:

- Larvas de *Culex quinquefasciatus*: pileta de almacenamiento de agua temporal ubicado a un costado de los laboratorios de la Escuela de Formación Profesional de Biología, Ciudad Universitaria (FCB-UNSCH) (Coordenadas: 13°8'45,04" S; 74°13'16,24" O) (Fig. 3).
- Depredador *Notonecta* sp.: laguna de almacenamiento temporal de agua ubicado en Muruncancho, distrito de Quinua-Ayacucho (Coordenadas 13° 4'59,82"S; 74°10'1,14"O) (Fig. 4).



Figura 3. Ubicación geográfica del lugar de colecta de larvas de *Culex quinquefasciatus*.

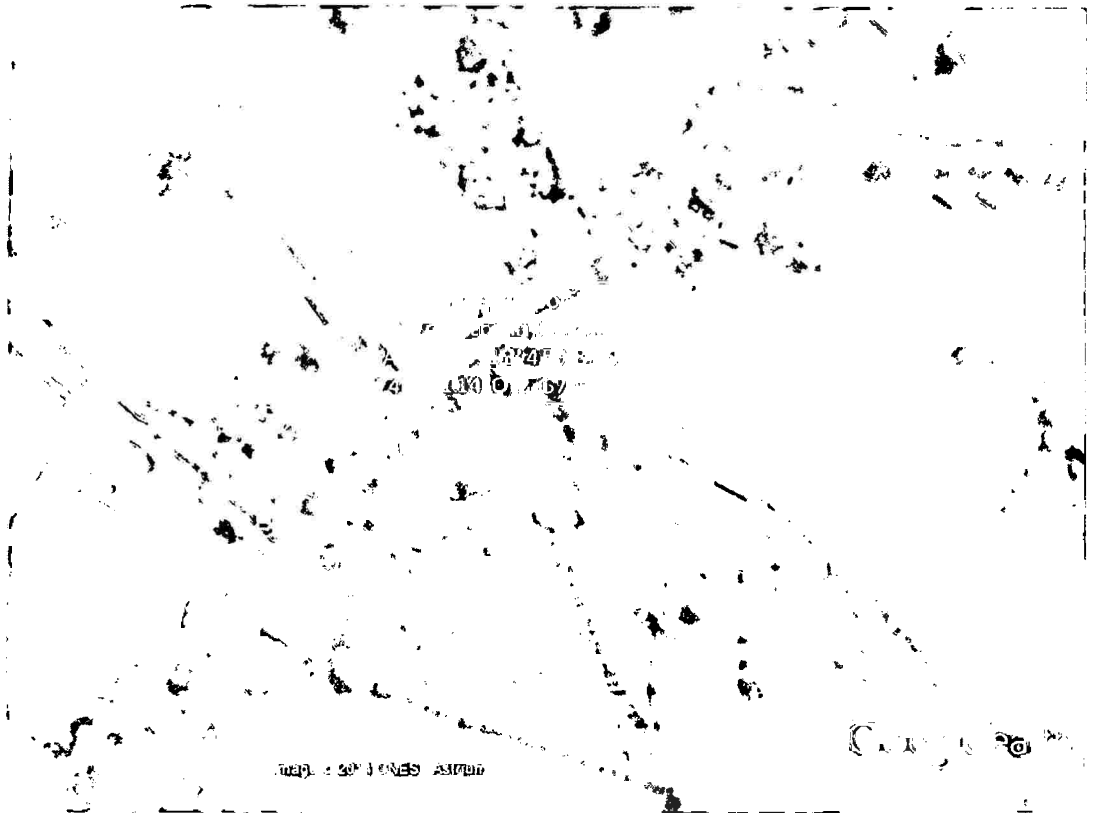


Figura 4. Ubicación geográfica del lugar de colecta de adultos de *Notonecta* sp.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Adultos del chinche *Notonecta* sp. colectados en la laguna temporal de Muruncancha, Quinua (Ayacucho) y larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*.

3.2.2. Muestra

- 5600 larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*
- 54 insectos adultos del depredador *Notonecta* sp. "chinche nadador de dorso".

3.2.3. Unidad experimental

Recipientes plásticos conteniendo uno o dos litros de agua limpia y declorada, además de uno o dos adultos del género *Notonecta* sp. y larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* a las densidades de 50, 100 y 200 larvas.

3.3. Metodología y recolección de datos

3.3.1. Colecta y mantenimiento del material biológico

Los chinches adultos *Notonecta* sp. (Insecta: Hemiptera), así como las larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), fueron colectados utilizando un *dipper* muestreador de 350 mL de capacidad y una red entomológica. Los especímenes fueron trasladados hasta el laboratorio utilizando baldes de plástico de dos litros de capacidad con tapa hermética; una vez en el laboratorio las muestras fueron separadas por morfotipos seleccionando a los ejemplares que muestren las mejores características biológicas como porte, apéndices corporales completos, no dañados y ágiles en su movimiento para las pruebas de capacidad depredadora, otros especímenes fueron separados para la identificación taxonómica.

Los adultos de *Notonecta* sp. (en los que no se tomó en cuenta la longevidad ni

sexo), fueron mantenidos en el laboratorio en peceras de vidrio de cinco litros de capacidad (tamaño: 50 x 40 x 40 cm), conteniendo tres litros de agua limpia y alimentadas con larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* hasta 48 h antes de las pruebas, luego fueron seleccionados 54 chinches tomando en cuenta su porte (un centímetro de tamaño), mayor actividad depredadora y agilidad en sus movimientos, los cuales fueron individualizados en recipientes plásticos conteniendo uno o dos litros de agua limpia, según sea la combinación a evaluar, manteniéndolas en ayuno hasta el momento de las pruebas de capacidad depredadora. Las larvas de *Culex quinquefasciatus* fueron criadas en una pecera de vidrio de cinco litros de capacidad (tamaño: 50 x 40 x 40 cm), conteniendo tres litros de agua procedente del criadero del cual fueron muestreadas mezclada con agua limpia de clorada en proporción 1:1, y acondicionada en el laboratorio a temperatura ambiente y un fotoperiodo de 14:10 (día-noche). Las larvas del mosquito fueron alimentadas con hojuelas para peces tropicales hasta alcanzar el IV instar de desarrollo (promedio: 1,2 a 1,5 cm de tamaño), necesarias para las pruebas experimentales.

3.3.2. Evaluación de la capacidad de depredación (CR)

Para determinar la capacidad de depredación o clearance rate ($CR = \text{número de presas} / \text{h} / \text{depredador}$) del chinche adulto *Notonecta* sp. en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, se tomó en cuenta los resultados del número de larvas consumidas en 24 h de evaluación, según los datos hallados en cada una de las combinaciones propuestas en la Tabla 1, datos que nos permitió establecer la eficacia depredadora del controlador biológico.

Las combinaciones fueron evaluadas en tres repeticiones, cuyos datos son reportados en tablas confeccionadas para dicho fin en los resultados.

Tabla 1. Combinaciones del volumen de agua, número de depredadores (*Notonecta* sp.) y número de presas (larvas de *Culex quinquefasciatus*) evaluadas para la determinación de la capacidad depredadora y consumo diario de presas.

Combinaciones	Nº de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.)	Nº de presas (larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i>)	Volumen de agua (L)
A ₁	1	50	1
	1	100	1
	1	200	1
A ₂	1	50	2
	1	100	2
	1	200	2
B ₁	2	50	1
	2	100	1
	2	200	1
B ₂	2	50	2
	2	100	2
	2	200	2

Los valores de CR, fueron estimados mediante la aplicación de la fórmula original propuesta por Gilbert y Burns (44), modificada por Chandra *et al.* (45);

$$CR = V \cdot (\ln P) / T \cdot N$$

Dónde:

V = volumen de agua (en litros)

ln = logaritmo neperiano o natural

P = número de larvas consumidas

T = tiempo de duración del ensayo (24 horas)

N = número de depredadores.

3.4. Diseño de investigación

El diseño experimental fue adecuado a un factorial de A x B x C; donde A= número de depredadores (1 y 2 adultos de *Notonecta* sp.), B= densidad de la presa (50, 100 y 200 larvas de *Culex quinquefasciatus*) y C= volumen de 1 y 2 litros de agua en los recipientes experimentales.

3.5. Análisis de datos

Con los datos obtenidos en las pruebas de capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el consumo de larvas de VI instar de *Culex quinquefasciatus* se elaboraron tablas y gráficas estadísticas del tipo descriptivo de tendencia central y de dispersión. Con la finalidad de establecer en que combinación el depredador fue más eficiente cuanto a la capacidad de depredación de larvas de los mosquitos culícidos, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza ($\alpha=0,05$); en vista de haberse hallado diferencias estadísticas entre las medias de cada una de las combinaciones evaluadas, los resultados fueron analizados a través del test de LSD Fisher ($\alpha=0,05$) a fin de establecer la combinación en la cual el depredador mostró su mayor actividad depredadora, utilizando para ello el procedimiento del paquete estadístico SPSS 15.

IV. RESULTADOS

Tabla 2. Número de larvas consumidas y capacidad de depredación de *Notonecta* sp en el control de larvas de *Culex quinquefasciatus*, según el tipo de combinaciones evaluada.

Nº de depredadores	Volumen de agua (L)	Nº de larvas administradas	Nº de larvas consumidas			Capacidad de depredación (CR)			** \bar{X} CR
			*I	II	III	I	II	III	
1	1	50	23	21	18	0,13	0,13	0,12	0,13
	1	100	28	22	31	0,14	0,13	0,14	0,14
	1	200	34	35	40	0,15	0,15	0,15	0,15
1	2	50	22	20	29	0,26	0,25	0,28	0,26
	2	100	32	27	35	0,29	0,27	0,30	0,29
	2	200	37	41	39	0,30	0,31	0,31	0,31
2	1	50	29	37	32	0,07	0,08	0,07	0,07
	1	100	69	62	70	0,09	0,09	0,09	0,09
	1	200	71	85	89	0,09	0,09	0,09	0,09
2	2	50	49	50	44	0,16	0,16	0,16	0,16
	2	100	53	47	50	0,17	0,16	0,16	0,16
	2	200	89	93	88	0,19	0,19	0,19	0,19

* Número de repeticiones

** \bar{X} CR = promedio del número de larvas consumidas / h / depredador evaluado

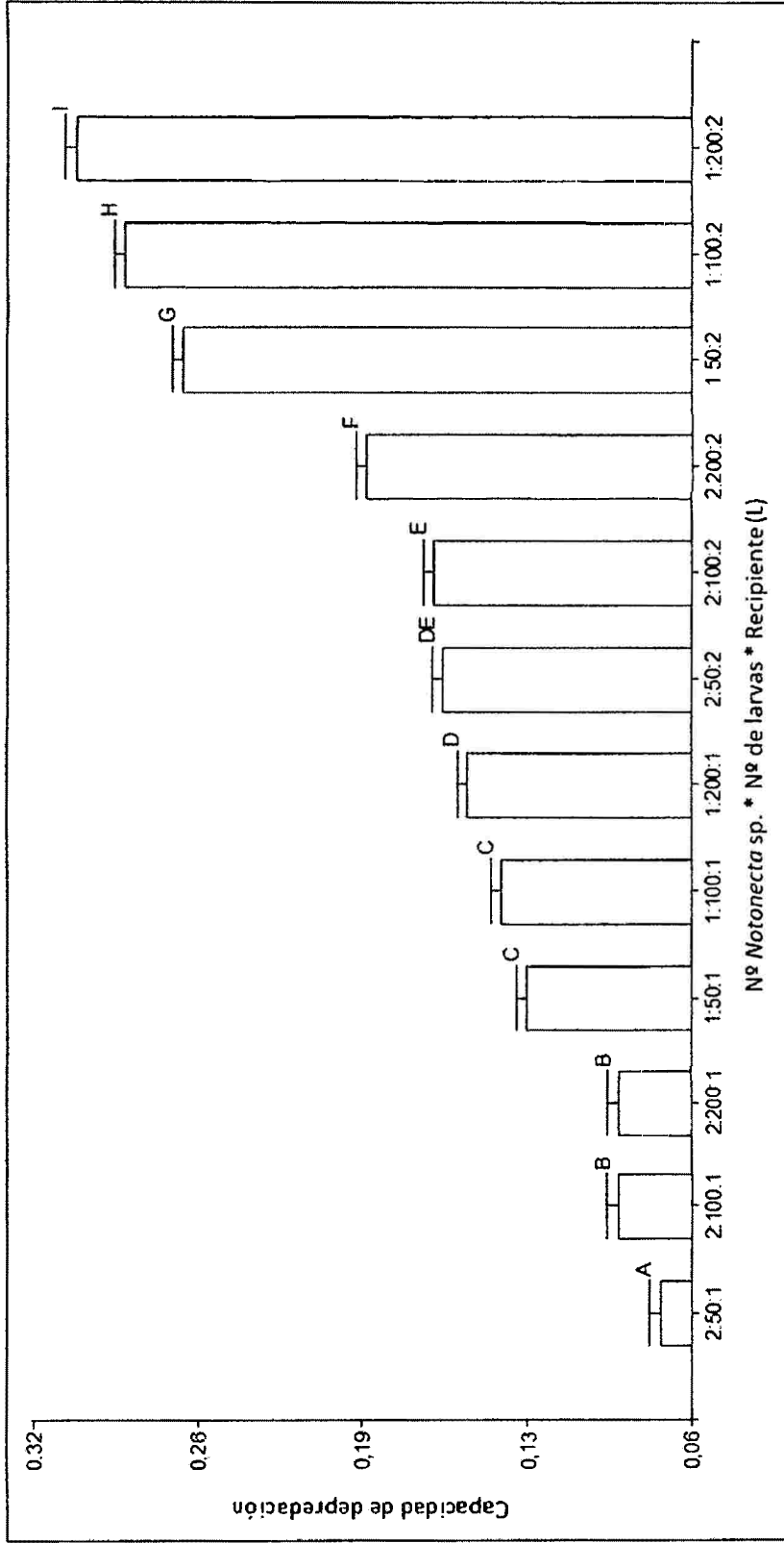


Figura 5. Capacidad de depredación de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) según las combinaciones del número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (A, B, C, D, E, F, G y H e I, son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).

Tabla 3. Número de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas por *Notonecta* sp. según tipo de combinación evaluada en 24 horas de evaluación

Combinación	Nº de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.)	Volumen de agua (L)	Nº de presas (larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i>)	Nº de larvas consumidas			\bar{X}
				I	II	III	
A ₁	1	1	50	23	21	18	20,67
	1	1	100	28	22	31	27,00
	1	1	200	34	35	40	36,33
A ₂	1	2	50	22	20	29	23,67
	1	2	100	32	27	35	31,33
	1	2	200	37	41	39	39,00
B ₁	2	1	50	29	37	32	32,67
	2	1	100	69	62	70	67,00
	2	1	200	71	85	89	81,67
B ₂	2	2	50	49	50	44	47,67
	2	2	100	53	47	50	50,00
	2	2	200	89	93	88	90,00

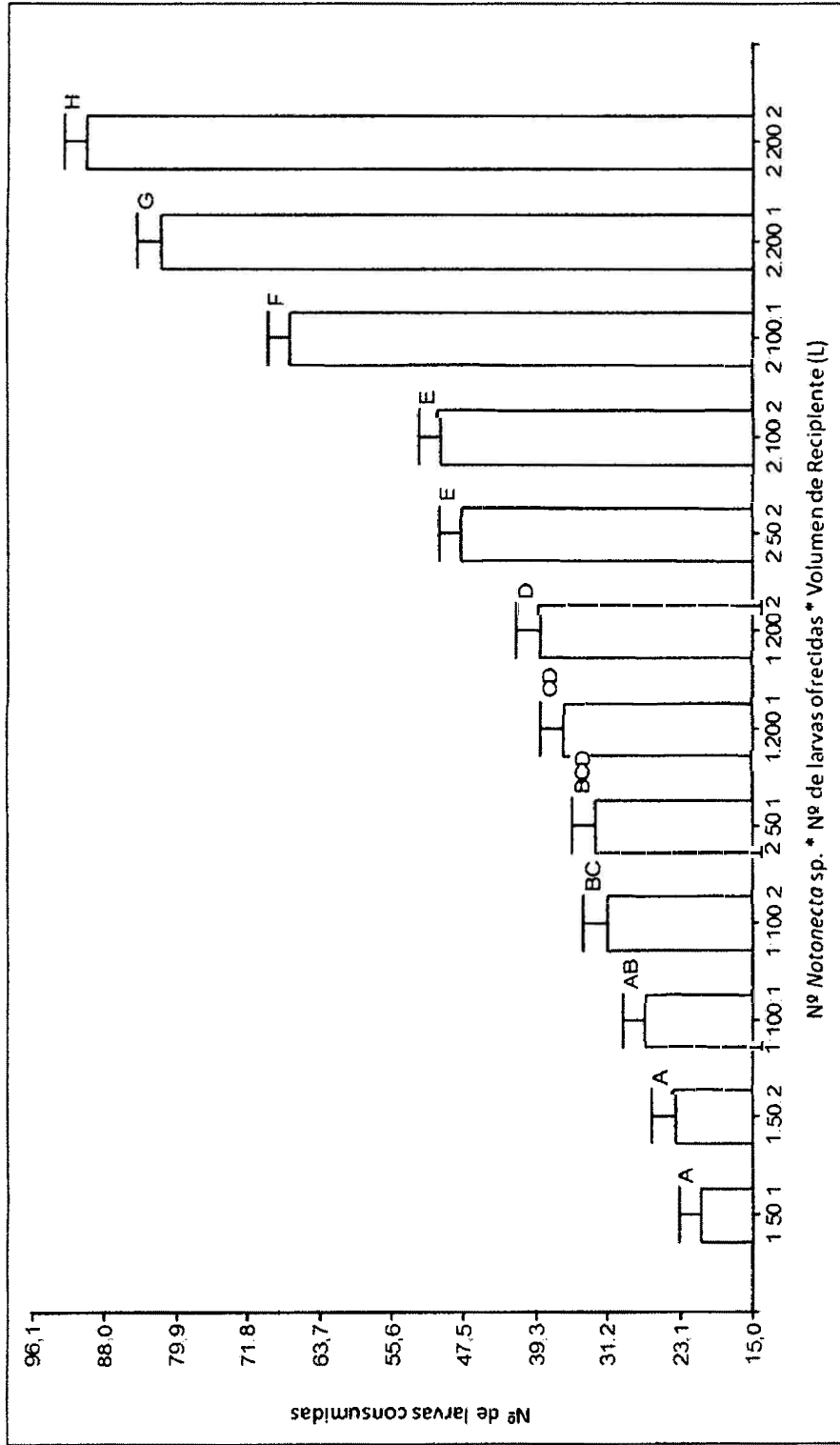


Figura 6. Promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas según las combinaciones: número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (A, B, C, D, E, F, G y H son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0.05$).

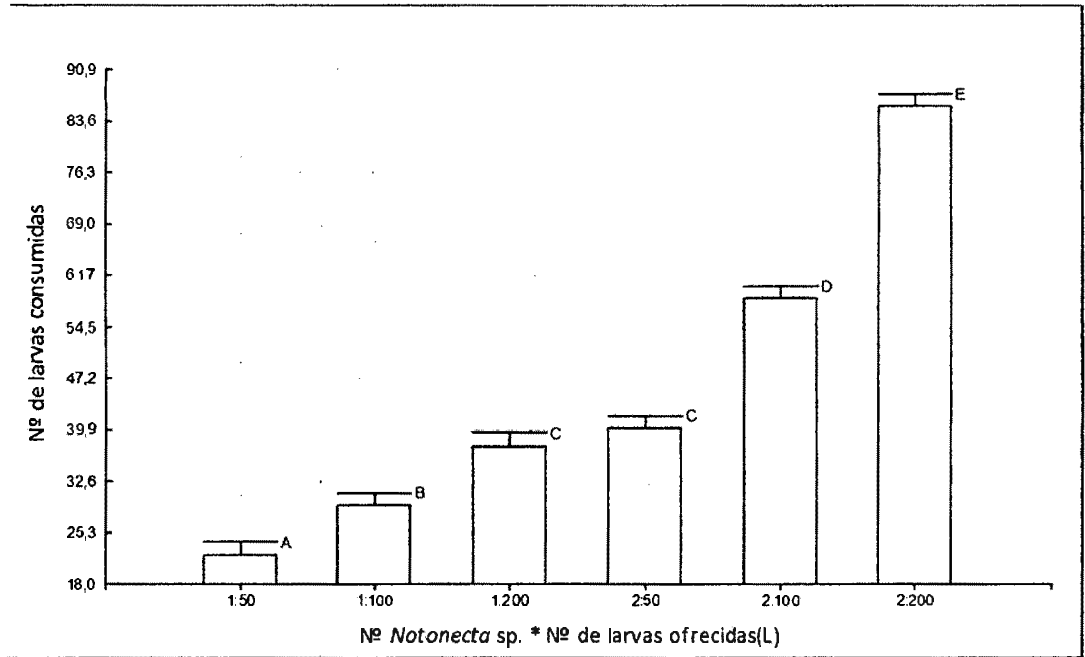


Figura 7. Promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas según la combinación número de depredadores (*Notonecta* sp.) evaluados y número de larvas ofrecidas. (A, B, C, D y E son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha = 0,05$).

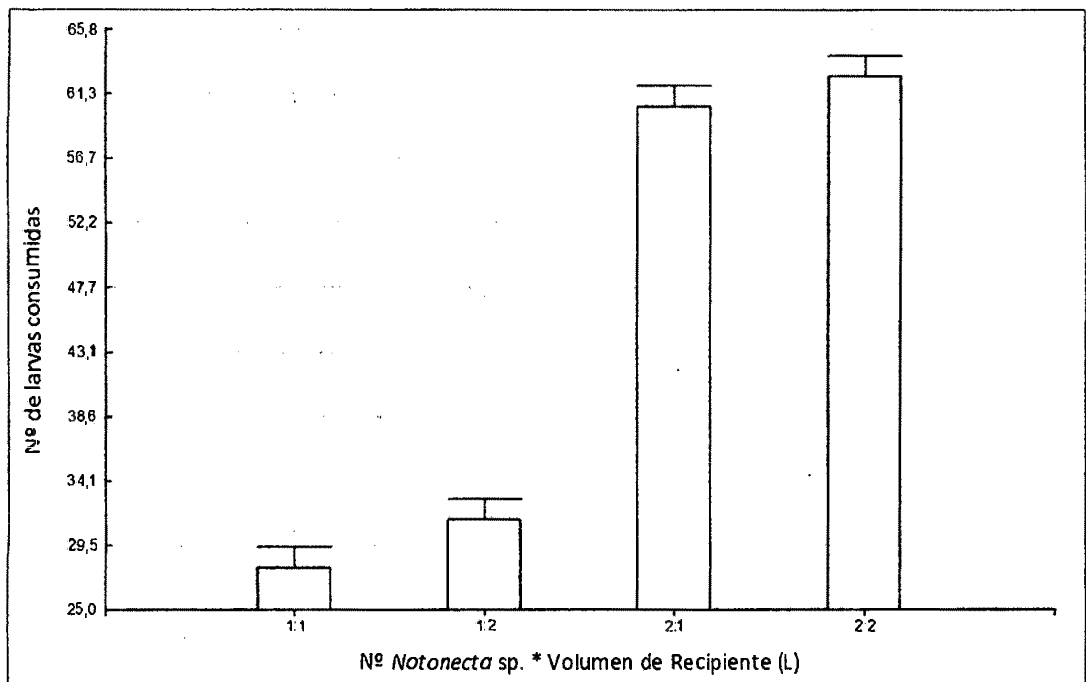


Figura 8. Media de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas según la combinación número de depredadores (*Notonecta* sp.) y volumen de agua en el recipiente de cría (L) evaluados. (A y B son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha = 0,05$).

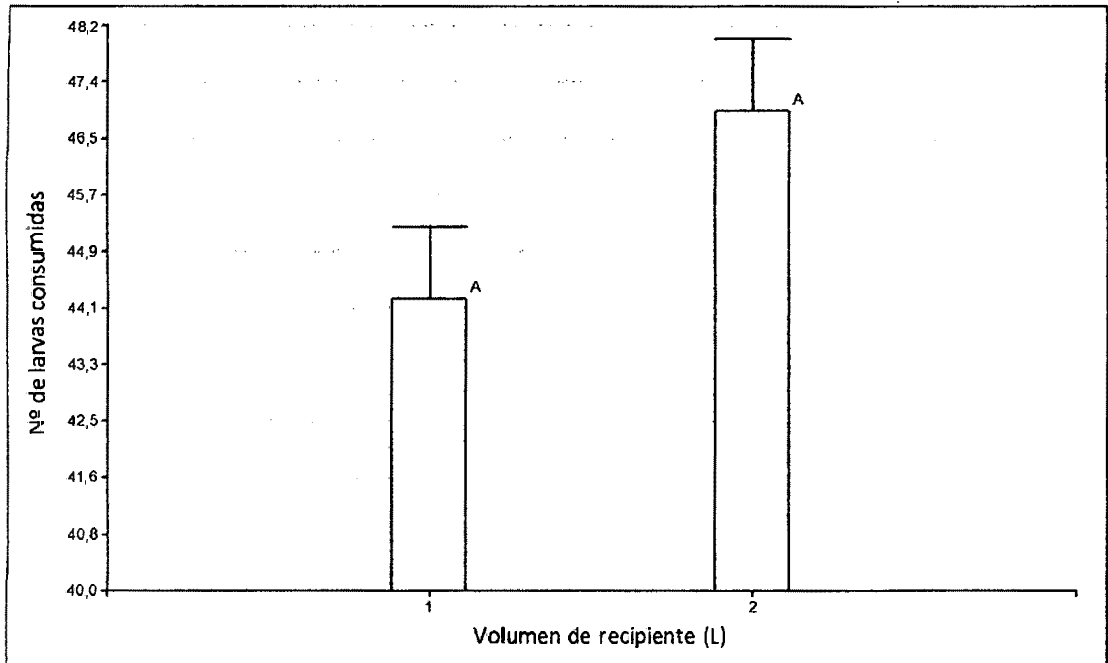


Figura 9. Promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas en relación al volumen de agua en el recipiente de cría (L). (A es el rango asignado por el test de LSD Fisher, $\alpha= 0,05$).

V. DISCUSIÓN

La Tabla 2 documenta los resultados del consumo de larvas y capacidad depredadora desarrollada por el hemíptero *Notonecta* sp. en el control de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*. Este parámetro es el que mejor relaciona la eficiencia y efectividad de un controlador biológico en el control de una población de insectos plaga. Según dichos resultados se puede apreciar que el depredador reportó en promedio para la combinación: un *Notonecta* sp., un litro de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido, capacidad depredadora (CR) de 0,13 y 0,15 larvas consumidas / h / depredador, en tanto que para la interacción: un *Notonecta* sp., dos litros de agua en el criadero y similares densidades de larvas administradas, la capacidad depredadora osciló entre 0,26 a 0,31 larvas consumidas / h / depredador. Al analizar los resultados de la combinación: dos *Notonecta* sp., dos litros de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido (Tabla 2), la capacidad depredadora (CR) reportó valores entre 0,16 y 0,19 larvas consumidas / h / depredador, resultados relativamente similares a los reportados en caso de un depredador y un litro de volumen de agua en el criadero (0,07 a 0,09 larvas consumidas / h / depredador). Estos datos nos permiten evidenciar que la capacidad depredadora de *Notonecta* sp. es menor a una quinta parte del tamaño de una larva por hora, pudiendo

incrementarse hasta una tercera parte del tamaño total, en razón del aumento del volumen de agua en el criadero y disponibilidad de presas en el medio. Lo que nos permite afirmar que, el depredador *Notonecta* sp. consume menos de una larvas de mosquito por hora en todas las interacciones evaluadas muy a pesar de que los notonectidos son reconocidos como los más voraces depredadores de larvas de mosquitos entre todos los hemípteros evaluados y que las larvas de los mosquitos culícidos son el alimento preferido de estos organismos (4). Evans (25), remarca que los notonectidos son activos depredadores cazadores de larvas de mosquitos.

Según Hinostraza A., 2013, (46), al estudiar la capacidad depredadora (*CR*) desarrollada por *Notonecta* sp. en el consumo de larvas del mosquito culícido a diferentes densidades larvales en 24 horas de evaluación y volumen constante de agua (un litro), obtuvo los menores valores de *CR* a las densidades de 5 a 15 larvas administradas [$0,05 \pm 0,03(a)$ y $0,08 \pm 0,05(a)$ larvas consumidas / hora / depredador, respectivamente] documentando un valor máximo de *CR* entre las densidades de 25 a 75 larvas [$0,09 \pm 0,06(a)$ y $0,10 \pm 0,08(a)$ larvas consumidas / hora / depredador], resultados que si bien difieren en los valores hallados, en la comparación de medias por la prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) demostraron ser similares. Concluyendo que los *Notonecta* sp., sin importar la cantidad de presas que encontró disponible en el medio, consumió menos de una larva de *Culex quinquefasciatus* por hora [$0,05 \pm 0,03(a)$ y $0,10 \pm 0,08(a)$ larvas consumidas / hora / depredador] en razón del espacio disponible (un litro de agua contenida en el recipiente experimental), datos muy similares a los hallados en la presente investigación.

La Tabla 4 del anexo muestra el análisis de varianza para la capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el consumo de larvas de *Culex*

quinquefasciatus, adecuado a un modelo factorial que tomó en cuenta las combinaciones: número de depredadores (uno y dos notonectidos), número de larvas ofrecidas (50, 100 y 200) y volumen de agua en el criadero (uno y dos litros). El análisis demostró que existe diferencias altamente significativas ($\alpha=0,05$) en la capacidad depredadora desarrollada entre uno y dos notonectidos frente a las combinaciones evaluadas. Es decir que cada una de las interacciones, independientemente motivaron un tipo de respuesta en los depredadores. Al efectuar el test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$) (Fig. 5, Tablas 2 y 5 de anexo) a fin de demostrar la combinación en la que se halló la mayor capacidad CR, el análisis demostró que la interacción: un depredador, dos litros de agua en el criadero y 200 larvas administradas [0,31(I) larvas consumidas / h / depredador] es la que reportó el mayor CR, seguido de la densidad 100 [0,29(H) larvas consumidas / h / depredador] y luego por la de 50 larvas [0,26(G) larvas consumidas / h / depredador]; las otras interacciones mostraron baja capacidad depredadora independientemente de la disponibilidad de presas y número de depredadores, evaluados. Para los tres factores estudiados (número de depredadores, densidad larval ofertada y volumen de agua en el criadero larval), documentamos que, el depredador *Notonecta* sp. consumió menos de una larva por hora independientemente del número de depredadores existentes en el medio, incremento del número de presas y volumen de agua existente en el criadero larval.

La Tabla 3, reporta el acumulado del consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* por depredador (*Notonecta* sp.) en 24 horas de evaluación. Según estos resultados podemos evidenciar que para la interacción: B₂) dos *Notonecta* sp., dos litros de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido, se reportó medias de consumo diario entre 47 a 90 larvas, seguido por la

combinación: B₁) dos *Notonecta* sp., un litro de agua, 50, 100 y 200 larvas, con 32 a 81 muertes larvales, valores de consumo diario relacionados con la disponibilidad de presas en el medio y número de depredadores evaluados. En la interacción: A₂) un *Notonecta* sp., dos litros de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culícido, la media de consumo diario osciló entre 23 a 39 larvas, en tanto que para la interacción: A₁) un *Notonecta* sp., un litro de agua, 50, 100 y 200 larvas disponibles como presas, se devoró en promedio 20 a 36 larvas diarias. Como podemos evidenciar, el consumo promedio diario de larvas por dos depredadores superó en aproximadamente 60% en relación a los que se reportó para un solo depredador en todas la interacciones evaluadas, denotando claramente que a mayor número de depredadores (dos notonectidos), mayor número de presas disponibles en el medio independientemente del volumen de agua en el criadero larval, el consumo de presas diaria muestra una tendencia creciente, reafirmando el hecho que cada miembro de un tipo de interacción depende de la densidad depredador-presa y la modificación del ambiente físico, concepto planteado por Sánchez-Ruiz *et al.* (24).

Rodríguez y Arredondo (39), manifiestan que existen modelos poblacionales que ayudan a describir los cambios en las densidades de una población de presas al ser consumidos por un depredador. Los modelos predictivos describen los cambios que ocurrirían en una población de acuerdo con una serie de condiciones ambientales y datos poblacionales iniciales. En este contexto, es interesante apreciar que *Notonecta* sp. demostró mayor consumo diario de larvas en ambientes acuáticos relativamente amplios lo que ayudó a disminuir las tensiones intraespecíficas generadas por la presencia de un número mayor de depredadores compitiendo por disponibilidad de presas y espacio, datos que permitirán ajustar los programas de control de larvas de mosquitos vectores en

desarrollo y predecir los resultados posibles con la introducción de enemigos naturales, favoreciendo además el desarrollo de teorías más robustas que sirvan de cimiento para establecer programas nuevos de control de larvas de mosquito vectores (39).

Al efectuar el análisis de varianza (Tabla 6 de anexo), a fin de establecer si existen disimilitudes en el consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* según número de depredadores evaluados, volumen de agua en el criadero y disponibilidad de presas en el medio, el examen determinó que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0,05$) para los tres factores evaluados, es decir que cada factor está ejerciendo presión en el comportamiento depredador de *Notonecta* sp. Con la finalidad de establecer a qué interacción es la que se está produciendo el mayor consumo de larvas por el depredador notonectido, se realizó el test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$) (Fig. 6, Tabla 7 de anexo). La evaluación permitió establecer que tres de todas las combinaciones, son las que muestran los mejores reportes de consumo de larvas, destacando de entre ellas la interacción: dos depredadores, 200 larvas y dos litros de agua en el criadero, en la que la media de consumo diario de presas fue de 90 (H), seguida de la combinación: dos notonectidos, 200 larvas y un litro de agua en el criadero, donde la media de consumo diario fue de 81(G) larvas; la tercera mejor combinación correspondió a dos notonectidos, 100 larvas y un litro de agua en el criadero, donde fue hallado en promedio 67(F) larvas depredadas. La lectura de estos resultados nos demostró que el mayor consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* reportó tendencia creciente conforme se incrementó el número de depredadores notonectidos y número de presas disponibles, independientemente del volumen de agua contenida en el criadero experimental, resultados explicables sobre todo si se toma en cuenta que el contacto entre

depredador-presa es rápido y con menor esfuerzo de búsqueda cuando existe un mayor número de presas y depredadores. Remarcamos en este punto que, los notonectidos son activos buscadores de presas con alta capacidad depredadora de larvas de mosquitos culicidos (24).

Análisis particular merece el reporte de resultados hallados en los factores: dos notonectidos, 50 y 100 larvas, dos litros de agua en el criadero (Fig. 6), donde se documentaron en promedio 47(E) y 50(E) larvas consumidas por día, respectivamente. Estos datos refuerzan el concepto de que, a mayor número de presas en el medio independientemente del volumen de agua en el criadero, dos notonectidos pueden eliminar hasta un 50 % de presas disponibles.

La Fig. 7 y Tabla 8 del anexo, documentan las medias diarias de consumo de larvas por número de notonectidos y densidad de larvas ofertadas; el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) (Tabla 6 del anexo), estableció que existen diferencias altamente significativas para los factores evaluados. Al desarrollar el análisis del test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$), demostró una vez más que la combinación: dos notonectidos y 200 larvas, es la que mostró las mayores medias de consumo diario de larvas [90(E) larvas], seguida de la interacción: dos notonectidos y 200 larvas, con una media diaria de 67(D) larvas consumidas; menores depredaciones fueron halladas en las otras interacciones, demostrándonos estadísticamente que el consumo de larvas se incrementó con el aumento de depredadores en el medio y la mayor oferta larval de presas en el medio. Sin embargo cuando fue analizado el consumo de larvas del mosquito culicido relacionado con el número de depredadores y volumen de agua en el recipiente, el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) (Tabla 6 de anexo) demostró que no existen diferencias estadísticas para los factores evaluados, es decir que, la depredación de larvas de mosquitos por *Notonecta* sp., es independiente del

volumen de agua existente en el criadero; si bien existen valores numéricos diferentes en el número de larvas consumidas, estadísticamente no son halladas tales diferencias para el factor número de larvas consumidas y volumen de agua en el criadero (Fig. 9, Tabla 10 de anexo).

Chandra *et al.*, (45), al evaluar la capacidad de depredación (CR) del coleóptero dytiscido *Acilius sulcatus* en el biocontrol de larvas de *Culex quinquefascatus* demostró que un depredador consumió entre 18 y 16 larvas de mosquitos en presencia de luz y obscuridad, respectivamente, con una tasa de alimentación diaria de 34 larvas en promedio; en tanto que consumieron 166 larvas de mosquito en la fase de luz y 172 larvas durante la fase oscura con una tasa media de alimentación de 33,8 larvas / depredador en un período de 24 h. Valores que resultan ser relativamente diferentes a los que reportamos en la presente investigación para *Notonecta* sp, en quienes se demostró 47 a 90 larvas depredadas por dos notonectidos en dos litros de agua en 24 horas de evaluación, 32 a 81 larvas depredadas por dos notonectidos en un litro de agua; en tanto que para la combinación un notonecta en dos litros de agua con número creciente de larvas, se depredaron 23 a 39 larvas en 24 horas, finalmente fueron consumidas 20 a 36 larvas por un notonectido en un litro de agua, resultados que guardaron relación directa con el incremento de presas en el medio y número de depredadores por combinación evaluada. Las diferencia numéricas de consumo de presas reportados por Chandra *et al.*, (45) en comparación a los que se documentan en la presente investigación, se debe probablemente a las condiciones en las que fueron analizados los factores intervinientes, así se tiene por ejemplo, la depredación se avaluó en presencia o ausencia de luz (obscuridad) y tipo de depredador estudiado (coleóptero dytiscido), que seguramente influyeron en los resultados que son reportados por los citados

investigadores en comparación a los datos que documentamos. Al respecto debemos enfatizar que, pese a que existen muchos factores que afectan los resultados de capacidad depredadora, provocando que difícilmente los valores hallados en la presente investigación coincidan con los reportados por otros investigadores, es innegable que el depredador *Notonecta* sp., es un controlador biológico importante a ser considerado en programas de manejo y control de mosquitos vectores. El papel que juegan los depredadores en la dinámica de poblaciones naturales ha sido uno de los aspectos menos entendidos y a la vez más controversiales en el estudio de la ecología de poblaciones. Aunque existen muchos casos exitosos de control biológico, en la mayoría de ellos se carecía de información sobre las propiedades biológicas y ecológicas de los enemigos naturales antes de su liberación para predecir el grado de éxito o no se desarrollaron estudios después para explicar los mecanismos involucrados. Las bases teóricas en las que se desarrollan las interacciones entre depredadores y presas han sido ignoradas en la mayoría de los programas de control biológico, lo que reduce las posibilidades de obtener un panorama más claro acerca de los posibles resultados de dichos programas (39).

VI. CONCLUSIONES

- El chinche hemíptero *Notonecta* sp. en la capacidad depredadora, demostró consumir menos de una larva por hora del IV instar del mosquito *Culex quinquefasciatus*, independientemente del incremento del número de presas, número de depredadores y volumen de agua en el criadero larval, resultados altamente significativos según el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) y la prueba de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$).
- La media de consumo diario de larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* por el depredador *Notonecta* sp. determinó que, dos notonectidos pueden eliminar hasta 50 % de presas en un criadero larval (81 a 90 larvas de 200 administradas), superando hasta en 60 % los datos reportados para un solo depredador (36 a 39 larvas consumidas de 200 administradas), en relación directa con el número creciente de presas y número de depredadores e independientemente del volumen de agua existente en el criadero larval [ANVA ($\alpha=0,05$); LSD Fisher ($\alpha=0,05$)].

VII. RECOMENDACIONES

- Se deben de llevar a cabo trabajos de campo tomando en cuenta los resultados alcanzados en la presente investigación a fin de establecer la real capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el control poblacional de larvas de *Culex quinquefasciatus*.
- Elaborar un registro de los principales depredadores de larvas de mosquitos culícidos presentes en la región Ayacucho, a fin de establecer su potencial como controlador biológico, recomendando su crianza y liberación en campo para el control de larvas de mosquitos vectores de importancia médica en la región.
- Realizar el mismo experimento tomando datos de Temperatura y Humedad Relativa e incrementando el número de presas para hallar la máxima depredación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jáimez-Cuellar P, Luzón-Ortega JM, Tierno De Figueroa JM. Contribución al conocimiento de los hemipteros acuáticos (Insecta: Heteroptera) del Parque Natural de la Sierra de Huétor (Granada, España). En Zool. baetica. 2000; 11: 115-126.
2. Lima J, De Melo N, Valle D. Residual effect of two *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* products assayed against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in laboratory and outdoors at Rio de Janeiro, Brazil. Rev Inst Med Trop. 2005; 47 (3):125-130.
3. Fundación Universidad-Empresa de la región de Murcia. Sistemas de control biológico de las poblaciones de mosquitos en zonas húmedas. Universidad de Murcia. Editorial Novograf, S.A. España. ISBN 84-688-2565-4.[Internet] 2005. [consulta 15 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.carm.es/cma/dgmn/mnatural/Humedal/publica/mosquito.pdf>.
4. Andrade F, Urbano dos Santos L. O uso de predadores no controle biológico de Mosquitos, com destaque aos *Aedes*. Departamento de Zoologia. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP [internet]. Brasil. 2004. [consulta 17 de noviembre de 2012]. Disponible en: http://www2.ib.unicamp.br/profs/eco_aplicada/arguivos/artigos_tecnicos/
5. Giri F, Collins P. Evaluación de *Palaemonetes argentinus* (Decapoda, Natantia) en el control biológico de larvas de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) en condiciones de laboratorio. Iheringia, Sér Zool. 2003; 93(3):237-42.
6. Ayala Y: Capacidad predadora y respuesta funcional de *Notonecta* sp. (Insecta: Hemiptera) frente a larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* Say 1823 (Diptera: Culicidae) en presencia y ausencia de refugios. Informe final de investigación. Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas-UNSCH. Ayacucho-Perú. 2009; 50 pp.
7. Fimia Duarte R, Menéndez Díaz Z, Quiñones Ramos R, Reid J, Corona Santander E, Sánchez Victores L. En torno a la depredación experimental de larvas de mosquitos por el copépodo *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda: Cyclopoidea). [Internet] REDVET Rev. electrón. vet. 2010; 11 (03B): 1-7. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030310B.html>
8. Rojas-Sahagún CC, Hernández-Sánchez JM, Vargas-Ceballos MA, Ruiz-González LE, Espinosa-Chaurand LD, Nolasco-Soria H. Capacidad depredadora del langostino *Macrobrachium tenellum* sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. Revista Cubana de Medicina Tropical. 2012; 64(3):315-323.
9. Quiroz H, Rodríguez V, Solís C, Maldonado M. Predatory capacity and prey selectivity of nymphs of the dragonfly *Pantala hymenaea*. J Am Mosq Control Assoc. 2005; 21(3): 328-330.
10. Chinery M. Guía de los insectos de Gran Bretaña y Europa occidental. Collins. ISBN 0-00-219137-7. 1986.
11. Cisneros Gamboa K. Capacidad predadora de *Notonecta* sp. (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus* sp. (Insecta: Diptera). [Tesis de licenciatura]. Facultad de Ciencias Biológicas-UNSCH. Ayacucho-Perú. 2011.55 pp.

12. Garcia R, Des Rochers B. Studies of the development of an integrated mosquito control strategy for the Fall River Mills Area. Special Funds for the Mosquito Research in California. 1985; (53): 57-62.
13. Quiroz H. Impacto del clavicornio del agua *Tropisternus* sp. (Coleoptera: Hydrophilidae) sobre larvas de *Culex pipiens* Say (Diptera: Culicidae). [Resumen de Tesis de Maestría]. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey-México. 1989; 25 pp.
14. Gurrea Sanz P. Reconocimiento y manejo de neuróptera. [Internet]. 2012. [consulta 30 diciembre de 2012]. Disponible en: <http://www.controlbiologico.info>.
15. Ramírez A. Lista de especies costarricenses del orden Odonata (Insecta) de las que se conoce la náyade. Rev. Biol. Trop. 1997; 44(3) / 45(1): 225-232.
16. Sebastian A, Sein M, Thu M, Corbet P. Suppression of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using augmentative release of dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae) with community participation in Yangon, Myanmar. Bull. Ent. Res. 1990; 80: 223-232.
17. Savage H, Miller B. House mosquitoes of the U.S.A., *Culex pipiens* complex. Win Beats 1995; 6: 8-9.
18. Eldridge BF, Edman JD. Medical entomology. Kluwer Academic Publishers. Norwell U.S.A. 2000; 659 Pp.
19. Iannacone JA, Alvaríño L. Tolerancia de la larva del zancudo *Culex quinquefasciatus* a metales contaminantes del medio acuático. Rev. Per. Ent. 1996; 39: 105-110.
20. Marquardt WC, Demaree RS, Grieve RB. Parasitology vector biology. Second Edition. Academia Press. San Diego, California USA; 2000. 680 pp.
21. Clements AN. The Biology of Mosquitoes: Development, nutrition, and reproduction. Front Cover. Chapman y Hall Eds. Nature. 1992; 509 pp.
22. <http://subirimagen.infojardin.com/subidas-fotos/images/bwy1308518107d.jpg>.
23. <http://www.um.es/ecoaqua/gallery/b21Notonecta%20maculata.jpg>.
24. Sánchez-Ruiz M, Fontal-Cazalla FM, Sánchez-Ruiz A, López-Colón JI. El uso de insectos depredadores en el control biológico aplicado. Bol. S.E.A. 1997; 20: 141-149.
25. Evans HE. Insect biology: a textbook of Entomology. Addison & Wesley. California U.S.A. 1984.
26. Samways MJ. Control biológico de plagas y malas hierbas. Brevarios de Biología. Oikos-Tau. Barcelo-España. 1990; 14:84.
27. Greathead D. History of Biological Control. Antenna, Bulletin of the Royal Entomological Society. 1994; 18(4): 187-199.
28. Romoser WS. The science of Entomology. McMillan Publishing. New York-U.S.A. 1981. 557 Pp.
29. Woodring J, Davidson E. Biological Control of Mosquitoes *In: The Biology of Disease Vectors*. Coord. Beaty BB, Marquardt WC. Univ. Press of Colorado. 1996. Pp. 632.
30. Hurst TP, Brown MD, Kay BH. Laboratory evaluation of the predation efficacy of native Australian fish on *Culex annulirostris* (Diptera: culicidae). J Am Mosq Control Assoc. 2004; 20 (3): 286-291.
31. Willems K, Webb C, Russell R. Tadpoles of four common Australian frogs are not effective predators of the common pest and vector mosquito *Culex annulirostris*. J Am Mosq Control Assoc. 2005; 21(4): 492-494.
32. Perich M, Clair P, Boobar L. Integrated use of planaria (*Dugesia dorotocephala*) and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against *Aedes*

- taeniorhynchus*: A laboratory bioassay. J Am Mosq Control Assoc. 1990; 6(4): 667-671.
33. Mkoji G, Boyce T, Mungai B, Copeland R, Hofkin B, Loker E. Predation of aquatic stages of *Anopheles gambiae* by the Louisiana red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*). J Am Mosq Control Assoc. 1999; 15(1): 69-71.
 34. Mercer D, Wettach G, Smith J. Effects of larval density and predation by *Toxorhynchites amboinensis* on *Aedes polynesiensis* (Diptera: Culicidae) developing in coconuts. J Am Mosq Control Assoc. 2005; 21(4): 425-431.
 35. Neri J, Quiroz I, Rodríguez M, Tejada L, Badii M. Use of Bactimos briquets (B.t.i formulation) combined with the backswimmer *Notonecta irrorata* (Hemiptera: Notonectidae) for control of mosquito larvae. J Am Mosq Control Assoc. 1997; 13 (1):87-89.
 36. Kay B, Cabral C, Sleight A, Brown M, Ribeiro Z, Vasconcelos A. Laboratory evaluation of Brazilian *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoidae) for mosquito control. J Med Entomo. 1992; 29(4):599-602.
 37. Santos L, Andrade C, Carvalho G. Biological control of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae in trap tyres by *Mesocyclops longisetus* (Copepoda: Cyclopidae) in two field trials. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 1996; 91(2):161-162.
 38. Lacey L, Orr BK. The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. Am J Trop Med Hyg. 1994; 50(6):97-115.
 39. Rodríguez LA, Arredondo HC (eds.). 2007. Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 Pp.
 40. Price PW, Denno RF, Eubanks MD, Finke DL, Kaplan I. Insect Ecology. Behavior, populations and communities. 2nd Ed. Cambridge University Press. United Kingdom. 2011, 812 Pp.
 41. Bernays EA, Chapman RF. Selection by phytophagous insects. Chapman y Hall, London. United Kingdom. 1994.
 42. Schoonhoven LM, Jermy T, Van Loon JJA. Insect-plant biology, from physiology to evolution. Chapman y Hall, London. 1998.
 43. Begon M, Harper J, Townsend C. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Ed. Omega. Barcelona-España. 2000; 450 Pp.
 44. Gilbert JJ, Burns CW. Some observations on the diet of the back swimmer, *Anisops wakefieldi* Hemiptera: Notonectidae). Hydrobiology. 1999; 412:111-118.
 45. Chandra G, Mandal S, Ghosh A, Das D, Banerjee S, Chakraborty S. Biocontrol of larval mosquitoes by *Acilius sulcatus* (Coleoptera: Dytiscidae). BMC Infectious Diseases. 2008; 8:138.
 46. Hinostroza Ayala K. Biocontrol de larvas de *Culex quinquefasciatus* por predadores adultos de *Notonecta* sp. (Hemiptera: Notonectidae) y náyades de *Erythemis* sp. (Odonata: Libellulidae). [Tesis de Bachiller]. Facultad de Ciencias Biológicas-UNSH. Ayacucho-Perú. 2013.64 pp.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 4.- Análisis de varianza de la capacidad depredadora de larvas de *Culex quinquefasciatus* según las interacciones evaluadas: número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F	Sig.
Modelo.	0,2	11	0,02	346,62	<0,0001**
Nº <i>Nononecta</i> sp.	0,06	1	0,06	1200,05	<0,0001**
Nº Larvas ofrecidas	4,80E-03	2	2,40E-03	45,68	<0,0001**
Recipiente (L)	0,12	1	0,12	2343,21	<0,0001**
Nº <i>Nononecta</i> sp. * Nº Larvas ofrecidas	1,60E-04	2	7,80E-05	1,47	0,2491 N.S
Nº <i>Nononecta</i> sp. * Recipiente (L)	0,01	1	1,00E-02	159,21	<0,0001**
Nº Larvas ofrecidas * Recipiente (L)	5,60E-04	2	2,80E-04	5,26	0,0127 N.S
Nº <i>Nononecta</i> *Nº Larvas ofrecid. *Recip	2,90E-04	2	1,40E-04	2,74	0,085 N.S
Error	1,30E-03	24	5,30E-05		
Total	0,2	35			

Anexo 2

Tabla 5. Test de LSD Fisher de comparación de medias para la capacidad depredadora de *Culex quinquefasciatus* según las interacciones evaluadas: número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).

Nº <i>Notonecta</i> sp.	Nº Larvas ofrecidas	Recipiente (L)	Medias	n	E.E.	
2	50	1	0,07	3	4,2E-03	A
2	100	1	0,09	3	4,2E-03	B
2	200	1	0,09	3	4,2E-03	B
1	50	1	0,13	3	4,2E-03	C
1	100	1	0,14	3	4,2E-03	C
1	200	1	0,15	3	4,2E-03	D
2	50	2	0,16	3	4,2E-03	D E
2	100	2	0,16	3	4,2E-03	E
2	200	2	0,19	3	4,2E-03	F
1	50	2	0,26	3	4,2E-03	G
1	100	2	0,29	3	4,2E-03	H
1	200	2	0,31	3	4,2E-03	I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0,05$)

Anexo 3

Tabla 6. Análisis de varianza del promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas según las interacciones evaluadas: número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).

Fuente de Varianza	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F	Sig.
Modelo.	17108,08	11	1555,28	80,68	<0,0001 **
Nº <i>Notonecta</i> sp.	9120,25	1	9120,25	473,1	<0,0001**
Nº Larvas ofrecidas	5667,17	2	2833,58	146,99	<0,0001**
Recipiente (L)	66,69	1	66,69	3,46	0,0752 N.S
Nº <i>Notonecta</i> sp.*Nº Larvas ofrecidas	1393,17	2	696,58	36,13	<0,0001**
Nº <i>Notonecta</i> sp. *Recipiente (L)	3,36	1	3,36	0,17	0,68 N.S
Nº Larvas ofrecidas *Recipiente	387,39	2	193,69	10,05	0,0007**
Nº <i>Notonecta</i> sp. *Nº Larvas ofrecidas	470,06	2	235,03	12,19	0,0002**
Error	462,67	24	19,28		
Total	17570,75	35			

Anexo 4

Tabla 7. Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas, según las interacciones evaluadas: número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (L).

Nº <i>Notonecta</i> sp.	Nº Larvas ofrecidas	Recipiente (L)	Medias	n	E.E.	
1	50	1	20,7	3	2,53	A
1	50	2	23,7	3	2,53	A
1	100	1	27,0	3	2,53	A B
1	100	2	31,3	3	2,53	B C
2	50	1	32,7	3	2,53	B C D
1	200	1	36,3	3	2,53	C D
1	200	2	39,0	3	2,53	D
2	50	2	47,7	3	2,53	E
2	100	2	50,0	3	2,53	E
2	100	1	67,0	3	2,53	F
2	200	1	81,7	3	2,53	G
2	200	2	90,0	3	2,53	H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0,05$)

Anexo 5

Tabla 8. Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas, según la interacción número de depredadores (*Notonecta* sp.) evaluados y número de larvas ofrecidas.

Nº <i>Notonecta</i> sp.	Nº Larvas ofrecidas	Recipiente (L)	Medias	n		
1	50	22,2	6	1,79	A	
1	100	29,2	6	1,79	B	
1	200	37,7	6	1,79		C
2	50	40,2	6	1,79		C
2	100	58,5	6	1,79		D
2	200	85,8	6	1,79		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0,05$)

Anexo 6

Tabla 9. Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas, según la interacción número de depredadores (*Notonecta* sp.) y volumen de agua en el recipiente de cría (L).

Nº <i>Notonecta</i> sp.	Nº Larvas ofrecidas	Recipiente (L)	Medias	n	
1	1	28,0	9	1,46	A
1	2	31,3	9	1,46	A
2	1	60,4	9	1,46	B
2	2	62,6	9	1,46	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0,05$)

Anexo 7

Tabla 10. Test de LSD Fisher de comparación de medias para el promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas en relación al volumen de agua en el recipiente de cría (L).

Recipiente (L)	Medias	n	E.E.	
1	44,2	18	1,03	A
2	46,9	18	1,03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha=0,05$)

Anexo 8



Figura 10. Proceso de selección de larvas de *Culex quinquefasciatus* para las pruebas de capacidad depredadora de *Notonecta* sp.

Anexo 9



Figura 11. Proceso de incorporación de larvas de *Culex quinquefasciatus* y los depredadores *Notonecta* sp. a los recipientes experimentales.

Anexo 10

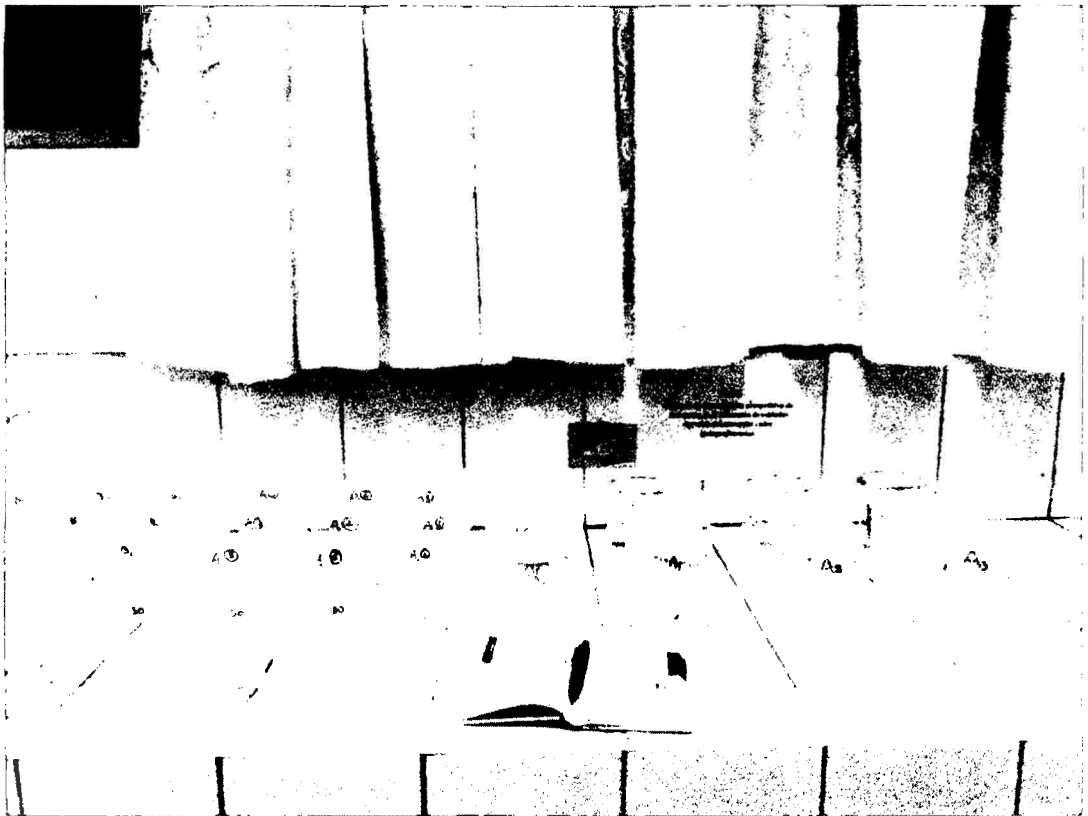


Figura 12. Disposición de los recipientes experimentales conteniendo uno y dos litros de agua, número creciente de larvas de *Culex quinquefasciatus* y uno o dos notonectidos como depredadores.

Anexo 11

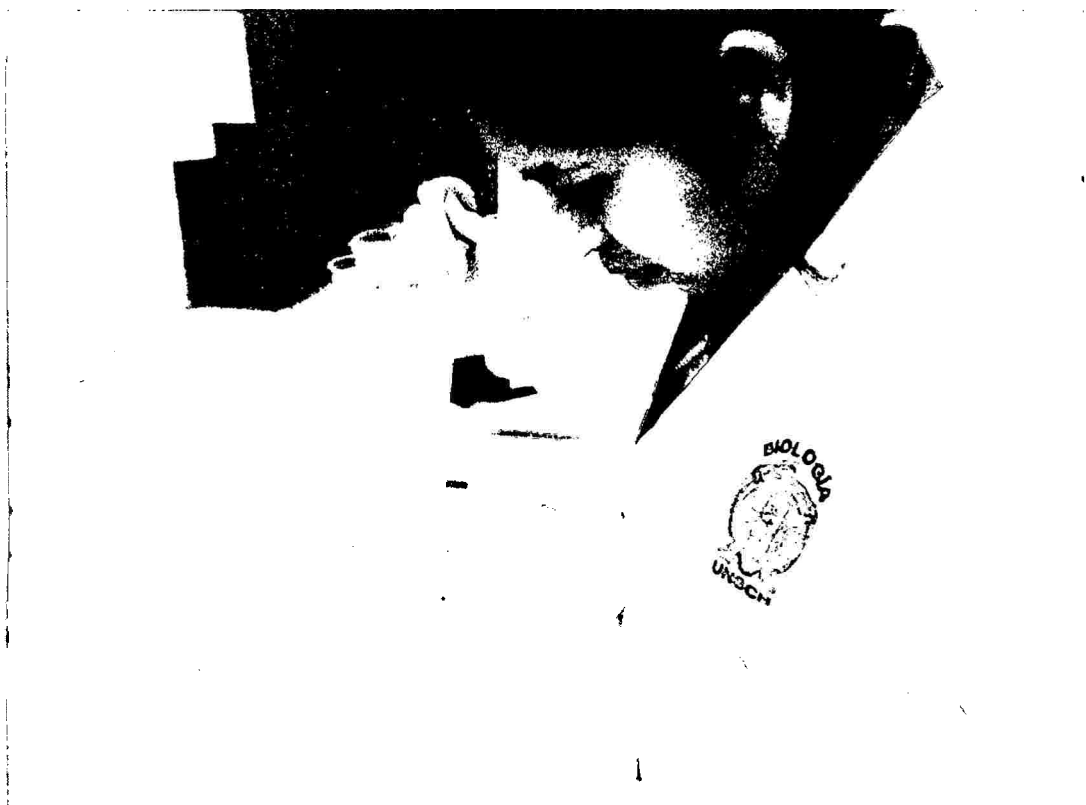


Figura 13. Recuento del número de larvas de *Culex quinquefasciatus* muertas por la acción depredadora de *Notonecta* sp. en 24 horas, en cada una de las interacciones evaluadas.

Tabla 11. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema principal: ¿Cuál será la capacidad de depredadora competitiva de uno y dos chinches adultos de <i>Notonecta</i> sp. a diferentes densidades larvales del mosquito <i>Culex quinquefasciatus</i> y diferentes volúmenes de agua de criadero.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la capacidad de depredadora por hora de uno y dos <i>Notonecta</i> sp. en el consumo de larvas de IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i> a las densidades de 50, 100 y 200 larvas, en uno y dos litros de volumen de agua de criadero. Determinar el promedio de larvas consumidas por día por uno y dos notonecidos, a las densidades de 50, 100 y 200 larvas de IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i>, en uno y dos litros de volumen de agua de criadero. 	<p>Los métodos de lucha contra insectos vectores de enfermedad generalmente fueron basados en el control químico que resultan más o menos eficaces, pero que utilizan insumos que pueden ser peligrosos para el ambiente, incluso para el hombre y los animales. El uso indiscriminado y sobre todo sin control de los compuestos químicos es capaz de alterar los ecosistemas naturales, ante todo los acuáticos, y en muchas ocasiones pueden originar gastos innecesarios y ser fuente de resistencia a gran variedad de productos químicos no sólo para las plagas de mosquitos, sino también para plagas agrícolas. En tal sentido, el control biológico resulta ser una alternativa ecológica, compatible, sana y de protección del ambiente, que no genera contaminantes y por tanto reduce los problemas de deterioro ambiental, mejorando la calidad de vida del poblador ayacuchano. Utilizar predadores autóctonos como insectos del género <i>Notonecta</i> en el control de larvas del mosquito como <i>Culex quinquefasciatus</i>, permitirá reducir los costos que genera el uso de métodos no tradicionales (i.e. control químico) y por tanto resulta ser una alternativa importante en el control vectorial de insectos plagas, reduciendo los problemas de salud pública debido a las picaduras que producen y a las molestias causadas por su presencia en altas densidades, como ocurre en la ciudad de Ayacucho.</p>	<p>Los notonecidos adultos en número de dos desarrollan mayor capacidad depredadora en comparación a la que tiene un solo depredador, el mismo que guarda relación con la mayor disponibilidad de larvas en el medio y el mayor volumen de agua (dos litros) existente en el contenedor que sirve de criadero larval.</p>	<p>Variable independiente: Larvas de IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i></p> <p>Indicador: Disminución del número de larvas en las siguientes combinaciones: 50, 100 y 200 larvas por depredador en uno y dos litros de agua de criadero.</p> <ul style="list-style-type: none"> Disminución del número de larvas en las siguientes combinaciones: 50, 100 y 200 larvas por depredadores en uno y dos litros de agua de criadero. 	<p>Tipo de investigación: Aplicativo</p> <p>Nivel de investigación: Experimental</p> <p>Método: Aplicativo y analítico</p> <p>Diseño: El diseño experimental se adecuará a un factorial de A x B x C; donde A= número de depredadores, B=densidad larval de la presa y C=volumen de agua.</p> <p>Muestreo: Aleatorio</p> <p>Técnicas: Observación Determinación Experimentación</p> <p>Instrumentos: Estereoscopio Microscopio Cámara digital Computadora laptop GPS</p>	

Capacidad depredadora de *Notonecta* sp. a diferentes densidades larvales del mosquito *Culex quinquefasciatus*.

Linzbet Domínguez Asto¹; Yuri O. Ayala Sulca¹
Área de Ecología y Recursos Naturales¹; Facultad de Ciencias Biológicas

RESUMEN

Los insectos son miembros importantes de los sistemas acuáticos, entre los que encontramos a los hemipteros, insectos de amplia distribución. *Notonecta*, es un género de insectos depredadores principalmente de larvas de mosquitos, su comportamiento como eficiente depredador es aun motivo de estudio, por lo que se propuso evaluar la capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el consumo de diferentes densidades larvales de *Culex quinquefasciatus*, según número de depredadores y diferentes volúmenes de agua de criadero. Los *Notonecta* sp. y las larvas de *Culex quinquefasciatus* fueron colectados utilizando un *dipper* muestreador de 350 mL de capacidad y una red entomológica. 24 horas antes de iniciar con las pruebas fueron aislados los notonectidos quitándoles la fuente de alimentación, las larvas del mosquito fueron separadas considerando solo a los de IV instar. La capacidad depredadora y el promedio diario de consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* por el depredador *Notonecta* sp. fueron calculadas a las 24 horas en las siguientes interacciones: un depredador, 50, 100 y 200 larvas en uno y dos litros de agua; dos depredadores, 50, 100 y 200 larvas en uno y dos litros de agua. Los datos fueron evaluados determinándose la capacidad depredadora (CR) y el promedio diario de consumo de larvas, al realizar el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) y el test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$). *Notonecta* sp. en la capacidad depredadora, demostró consumir menos de una larva por hora del mosquito *Culex quinquefasciatus*, independientemente del incremento del número de presas, número de depredadores y volumen de agua en el criadero larval. La media de consumo diario de larvas por dos notonectidos fue de hasta 50 % (81 a 90 larvas de 200 administradas), superando hasta en 60 % los datos reportados para un solo depredador (36 a 39 larvas depredadas de 200 administradas), en relación directa con el número creciente de presas y número de depredadores e independientemente del volumen de agua existente en el criadero larval.

Palabras Claves: capacidad depredadora, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*.

SUMMARY

The insects are important members of aquatic ecosystems, among which are the Hemiptera, insects widely distributed. *Notonecta*, is a genus of mainly insect predators of mosquito larvae, their behavior as efficient predator is still being studied, so it was proposed to evaluate the predatory capacity *Notonecta* sp. consumption of different larval densities of *Culex quinquefasciatus*, by number of predators and different volumes of water hatchery. The *Notonecta* sp. and larvae of *Culex quinquefasciatus* were collected using a *dipper* sampler 350 mL capacity and a sweep net. 24 hours before starting the tests were isolated notonectids taking away the power supply, mosquito larvae were separated considering only the IV instar. The predatory capacity and the average daily consumption of *Culex* larvae. *quinquefasciatus* by the predator *Notonecta* sp. were calculated at 24 hours in the following interactions: a predator, 50, 100 and 200 larvae at one and two liters of water; two predators, 50, 100 and 200 larvae at one and two liters of water. Data were evaluated by determining the daily average consumption of larvae predatory capacity (CR) and during the analysis of variance ($\alpha = 0.05$) and mean comparison test Fisher LSD ($\alpha = 0.05$). *Notonecta* sp. in predatory capacity, demonstrated consume less than one larva per hour mosquito *Culex quinquefasciatus*, regardless of the increase in the number of prey, number of predators and volume of water in the larval breeding. The average daily intake of two notonectids larvae was up to 50% (81-90 larvae administered 200), exceeding 60% even in the data reported for single predator (36 to 39 larvae administered preyed 200) relative directly with the growing number of prey and number of predators and regardless of the volume of water in the larval breeding.

Key words: predatory capacity, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*.

INTRODUCCIÓN

Los insectos son miembros importantes de los sistemas acuáticos, entre los que encontramos a los hemípteros, insectos de amplia distribución, de características morfológicas hidrodinámicas y comportamiento depredador peculiar; independientemente del estado de desarrollo en que sean hallados, pueden consumir diferentes tipos de presas. Esto le confiere al grupo una marcada relevancia en la estructura trófica y de transferencia de nutrientes así como un potencial controlador de larvas de insectos vectores de enfermedades como los dípteros (1). Los notonectidos son hemípteros depredadores que atacan a presas tan grandes como renacuajos y peces pequeños, y puede causar dolorosas picaduras al ser humano. Habitan en agua dulce, por ejemplo, lagos, piscinas, pantanos, y se encuentran a veces en los estanques de jardín. Pueden volar bien y así migran con facilidad a nuevos hábitats (2). El interés por el estudio de controladores biológicos como los notonectidos que regulan poblaciones de larvas de mosquitos de interés médico nace por ser una alternativa real y viable al uso indiscriminado de productos químicos, estrategia que involucra el uso de organismos con capacidad de parasitar, depredar o ser patógenos al insecto vector (3,4,5). En Ayacucho los notonectidos han sido observados cohabitando con náyades de *Erythemis* sp. (Odonata: Libellulidae) y larvas de *Tropisternus* sp. (Coleoptera: Hydrophilidae), entre otros artrópodos, ejerciendo actividad depredadora de larvas de mosquitos culícidos y otros organismos (6). Sin embargo, existe vacío de información sobre todo en lo referente al comportamiento que mostrarían los depredadores como *Notonecta* sp. en presencia de abundantes larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus*, diferente número de depredadores y volumen de agua en el criadero larval, información que pretendemos obtenerla a través de la presente investigación.

MATERIALES Y METODOS

Población

Adultos del chinche *Notonecta* sp. colectados en la laguna temporal de Muruncancha, Quinua (Ayacucho) y larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*.

Muestra

- 5600 larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*
- 54 insectos adultos del depredador *Notonecta* sp. "chinche nadador de dorso".

Diseño metodológico

Tipo de investigación.- Aplicativo

Alcance de investigación.- Experimental

Método: Aplicativo y analítico

Metodología

Colecta y mantenimiento del material biológico Los chinches adultos *Notonecta* sp. (Insecta: Hemiptera), así como las larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), fueron colectados utilizando un *dipper* muestreador de 350 mL de capacidad y una red entomológica. Los especímenes fueron trasladados hasta el laboratorio utilizando baldes de plástico de dos litros de capacidad con tapa hermética; una vez en el laboratorio las muestras fueron separadas por morfotipos seleccionando a los ejemplares que muestren las mejores características biológicas como porte, apéndices corporales completos, no dañados y ágiles en su movimiento para las pruebas de capacidad depredadora, otros especímenes fueron separados para la identificación taxonómica.

Los adultos de *Notonecta* sp. (en los que no se tomó en cuenta la longevidad ni sexo), fueron mantenidos en el laboratorio en peceras de vidrio de cinco litros de capacidad (tamaño: 50 x 40 x 40 cm), conteniendo tres litros de agua limpia y alimentadas con larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* hasta 48 h antes de las pruebas, luego fueron seleccionados 54 chinches tomando en cuenta su porte (un centímetro de tamaño), mayor actividad depredadora y agilidad en sus movimientos, los cuales fueron individualizados en recipientes plásticos conteniendo uno o dos litros de agua limpia, según sea la combinación a evaluar, manteniéndolas en ayuno hasta el momento de las pruebas de capacidad depredadora. Las larvas de *Culex quinquefasciatus* fueron criadas en una pecera de vidrio de cinco litros de capacidad (tamaño: 50 x 40 x 40 cm), conteniendo tres litros de agua procedente del criadero del cual fueron muestreadas mezclada con agua limpia de clorada en proporción 1:1, y acondicionada en el laboratorio a temperatura ambiente y un fotoperiodo de 14:10 (día-noche). Las larvas del mosquito fueron alimentadas con hojuelas para peces tropicales hasta alcanzar el IV instar de desarrollo (promedio: 1,2 a 1,5 cm de tamaño), necesarias para las pruebas experimentales.

Evaluación de la capacidad de depredación (CR) Para determinar la capacidad de depredación o clearance rate (CR = número de presas / h / depredador) del chinche adulto

Notonecta sp. en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, se tomó en cuenta los resultados del número de larvas consumidas en 24 h de evaluación, según los datos hallados en cada una de las combinaciones propuestas en la Tabla 1, datos que nos permitió establecer la eficacia depredadora del controlador biológico.

Las combinaciones fueron evaluadas en tres repeticiones, cuyos datos son reportados en tablas confeccionadas para dicho fin en los resultados.

Análisis de datos

Con los datos obtenidos en las pruebas de capacidad depredadora de *Notonecta* sp. en el consumo de larvas de VI instar de *Culex quinquefasciatus* se elaboraron tablas y gráficas estadísticas del tipo descriptivo de tendencia central y de dispersión. Con la finalidad de establecer en que combinación el depredador fue más eficiente cuanto a la capacidad de depredación de larvas de los mosquitos culícidos, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza ($\alpha=0,05$); en vista de haberse hallado diferencias estadísticas entre las medias de cada una de las combinaciones evaluadas, los resultados fueron analizados a través del test de LSD Fisher ($\alpha=0,05$) a fin de establecer la combinación en la cual el depredador mostró su mayor actividad depredadora, utilizando para ello el procedimiento del paquete estadístico SPSS 15.

RESULTADOS

Tabla 1. Número de larvas consumidas y capacidad de depredación de *Notonecta* sp en el control de larvas de *Culex quinquefasciatus*, según el tipo de combinaciones evaluada.

Nº de depredadores	Volumen de agua (L)	Nº de larvas administradas	Nº de larvas consumidas			Capacidad de depredación (CR)			X̄ CR
			I	II	III	I	II	III	
1	1	50	23	21	18	0,13	0,13	0,12	0,13
		100	28	22	31	0,14	0,13	0,14	0,14
		200	34	35	40	0,15	0,15	0,15	0,15
1	2	50	22	20	29	0,26	0,25	0,28	0,26
		100	32	27	35	0,29	0,27	0,30	0,29
		200	37	41	39	0,30	0,31	0,31	0,31
2	1	50	29	37	32	0,07	0,08	0,07	0,07
		100	69	62	70	0,09	0,09	0,09	0,09
		200	71	85	89	0,09	0,09	0,09	0,09
2	2	50	49	50	44	0,16	0,16	0,16	0,16
		100	53	47	50	0,17	0,16	0,16	0,16
		200	89	93	88	0,19	0,19	0,19	0,19

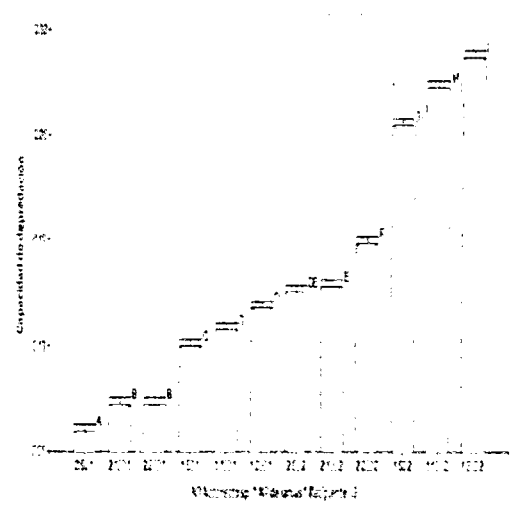


Figura 1. Capacidad de depredación de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) según las combinaciones del número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (A, B, C, D, E, F, G y H e I, son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha=0,05$).

Tabla 2. Número de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas por *Notonecta* sp. según tipo de combinación evaluada, en 24 horas de evaluación.

Combinación	Nº de depredadores (<i>Notonecta</i> sp.)	Volumen en de agua (L)	Nº de presas (larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i>)	Nº de larvas consumidas			X̄
				I	II	III	
A ₁	1	1	50	23	21	18	20,67
	1	1	100	28	22	31	27,00
	1	1	200	34	35	40	36,33
A ₂	1	2	50	22	20	29	23,67
	1	2	100	32	27	35	31,33
	1	2	200	37	41	39	39,00
B ₁	2	1	50	29	37	32	32,67
	2	1	100	69	62	70	67,00
	2	1	200	71	85	89	81,67
B ₂	2	2	50	49	50	44	47,67
	2	2	100	53	47	50	50,00
	2	2	200	89	93	88	90,00

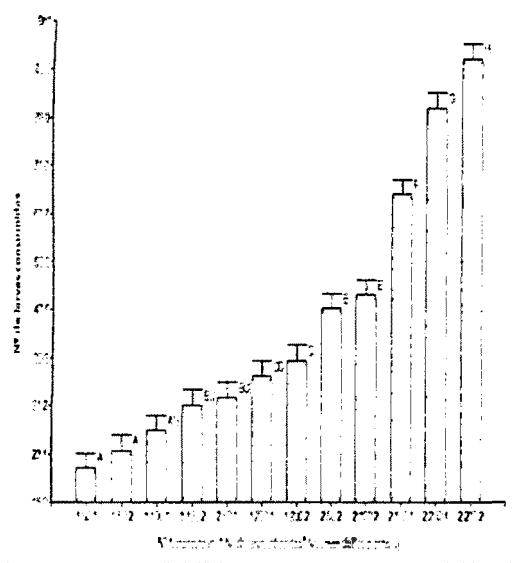


Figura 2. Promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas según las combinaciones: número de depredadores (*Notonecta* sp.), número de larvas ofrecidas y volumen de agua en el recipiente de cría (A, B, C, D, E, F, G y H son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha = 0,05$).

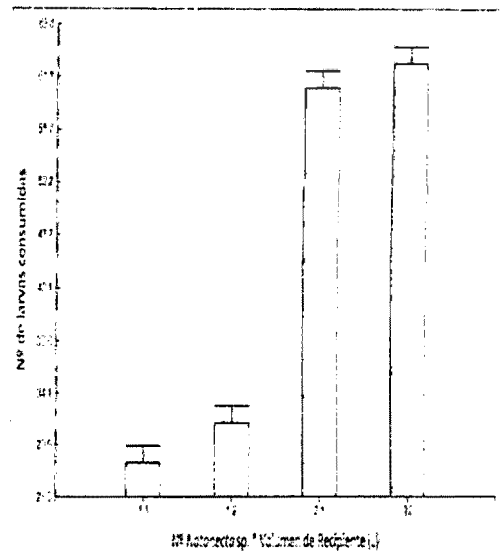


Figura 4. Media de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas según la combinación número de depredadores (*Notonecta* sp.) y volumen de agua en el recipiente de cría (L) evaluados. (A y B son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha = 0,05$).

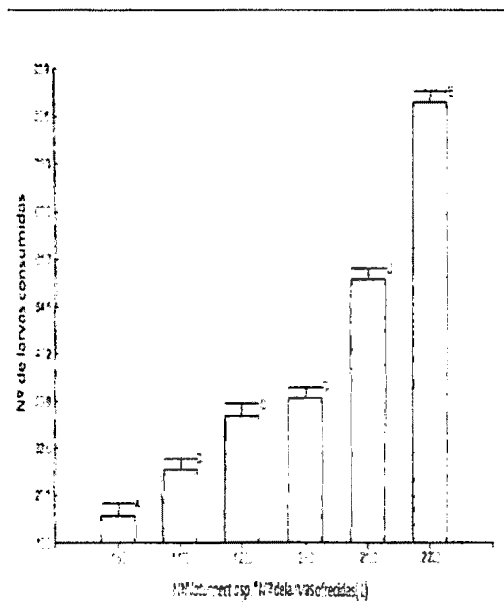


Figura 3. Promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas según la combinación número de depredadores (*Notonecta* sp.) evaluados y número de larvas ofrecidas. (A, B, C, D y E son los rangos asignados por el test de LSD Fisher, $\alpha = 0,05$).

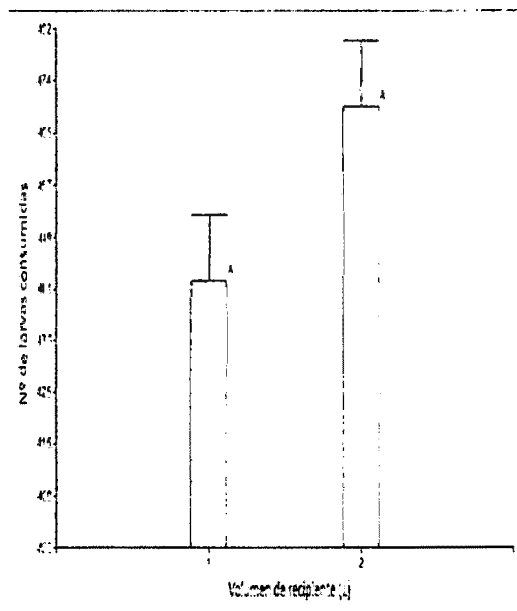


Figura 5. Promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Media \pm desv. estandar) consumidas en relación al volumen de agua en el recipiente de cría (L). (A es el rango asignado por el test de LSD Fisher, $\alpha = 0,05$).

DISCUSIÓN

La Tabla 1 documenta los resultados del consumo de larvas y capacidad depredadora desarrollada por el hemíptero *Notonecta* sp. en el control de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*. Este parámetro es el que mejor relaciona la eficiencia y efectividad de un controlador biológico en el control de una población de insectos plaga. Según dichos resultados se puede apreciar que el depredador reportó en promedio para la combinación: un *Notonecta* sp., un litro de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido, capacidad depredadora (CR) de 0,13 y 0,15 larvas consumidas / h / depredador, en tanto que para la interacción: un *Notonecta* sp., dos litros de agua en el criadero y similares densidades de larvas administradas, la capacidad depredadora osciló entre 0,26 a 0,31 larvas consumidas / h / depredador. Al analizar los resultados de la combinación: dos *Notonecta* sp., dos litros de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido (Tabla 1), la capacidad depredadora (CR) reportó valores entre 0,16 y 0,19 larvas consumidas / h / depredador, resultados relativamente similares a los reportados en caso de un depredador y un litro de volumen de agua en el criadero (0,07 a 0,09 larvas consumidas / h / depredador). Estos datos nos permiten evidenciar que la capacidad depredadora de *Notonecta* sp. es menor a una quinta parte del tamaño de una larva por hora, pudiendo incrementarse hasta una tercera parte del tamaño total, en razón del aumento del volumen de agua en el criadero y disponibilidad de presas en el medio. Lo que nos permite afirmar que, el depredador *Notonecta* sp. consume menos de una larvas de mosquito por hora en todas las interacciones evaluadas muy a pesar de que los notonectidos son reconocidos como los más voraces depredadores de larvas de mosquitos entre todos los hemípteros evaluados y que las larvas de los mosquitos culicidos son el alimento preferido de estos organismos (4). Evans (25), remarca que los notonectidos son activos depredadores cazadores de larvas de mosquitos.

Según Hinostroza A., 2013, (46), al estudiar la capacidad depredadora (CR) desarrollada por *Notonecta* sp. en el consumo de larvas del mosquito culicido a diferentes densidades larvales en 24 horas de evaluación y volumen constante de agua (un litro), obtuvo los menores valores de CR a las densidades de 5 a 15 larvas administradas [0,05 ± 0,03(a) y 0,08 ± 0,05(a) larvas consumidas / hora / depredador, respectivamente] documentando un valor máximo de CR entre las densidades de 25 a 75 larvas [0,09 ± 0,06(a) y 0,10 ± 0,08(a) larvas consumidas / hora / depredador], resultados que

si bien difieren en los valores hallados, en la comparación de medias por la prueba de Tuckey ($\alpha \leq 0,05$) demostraron ser similares. Concluyendo que los *Notonecta* sp., sin importar la cantidad de presas que encontró disponible en el medio, consumió menos de una larva de *Culex quinquefasciatus* por hora [0,05 ± 0,03(a) y 0,10 ± 0,08(a) larvas consumidas / hora / depredador] en razón del espacio disponible (un litro de agua contenida en el recipiente experimental), datos muy similares a los hallados en la presente investigación.

Al efectuar el test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$) (Fig. 1, Tablas 1) a fin de demostrar la combinación en la que se halló la mayor capacidad CR, el análisis demostró que la interacción: un depredador, dos litros de agua en el criadero y 200 larvas administradas [0,31(I) larvas consumidas / h /depredador] es la que reportó el mayor CR, seguido de la densidad 100 [0,29(H) larvas consumidas / h / depredador] y luego por la de 50 larvas [0,26(G) larvas consumidas / h / depredador]; las otras interacciones mostraron baja capacidad depredadora independientemente de la disponibilidad de presas y número de depredadores, evaluados. Para los tres factores estudiados (número de depredadores, densidad larval ofertada y volumen de agua en el criadero larval), documentamos que, el depredador *Notonecta* sp. consumió menos de una larva por hora independientemente del número de depredadores existentes en el medio, incremento del número de presas y volumen de agua existente en el criadero larval.

La Tabla 2, reporta el acumulado del consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* por depredador (*Notonecta* sp.) en 24 horas de evaluación. Según estos resultados podemos evidenciar que para la interacción: B₂) dos *Notonecta* sp., dos litros de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido, se reportó medias de consumo diario entre 47 a 90 larvas, seguido por la combinación: B₁) dos *Notonecta* sp., un litro de agua, 50, 100 y 200 larvas, con 32 a 81 muertes larvales, valores de consumo diario relacionados con la disponibilidad de presas en el medio y número de depredadores evaluados. En la interacción: A₂) un *Notonecta* sp., dos litros de agua, 50, 100 y 200 larvas del mosquito culicido, la media de consumo diario osciló entre 23 a 39 larvas, en tanto que para la interacción: A₁) un *Notonecta* sp., un litro de agua, 50, 100 y 200 larvas disponibles como presas, se devoró en promedio 20 a 36 larvas diarias. Como podemos evidenciar, el consumo promedio diario de larvas por dos depredadores superó en aproximadamente 60% en relación a los que se

reportó para un solo depredador en todas las interacciones evaluadas, denotando claramente que a mayor número de depredadores (dos notonectidos), mayor número de presas disponibles en el medio independientemente del volumen de agua en el criadero larval, el consumo de presas diaria muestra una tendencia creciente, reafirmando el hecho que cada miembro de un tipo de interacción depende de la densidad depredador-presa y la modificación del ambiente físico, concepto planteado por Sánchez-Ruiz *et al.* (24).

Rodríguez y Arredondo (39), manifiestan que existen modelos poblacionales que ayudan a describir los cambios en las densidades de una población de presas al ser consumidos por un depredador. Los modelos predictivos describen los cambios que ocurrirían en una población de acuerdo con una serie de condiciones ambientales y datos poblacionales iniciales. En este contexto, es interesante apreciar que *Notonecta* sp. demostró mayor consumo diario de larvas en ambientes acuáticos relativamente amplios lo que ayudó a disminuir las tensiones intraespecíficas generadas por la presencia de un número mayor de depredadores compitiendo por disponibilidad de presas y espacio, datos que permitirán ajustar los programas de control de larvas de mosquitos vectores en desarrollo y predecir los resultados posibles con la introducción de enemigos naturales, favoreciendo además el desarrollo de teorías más robustas que sirvan de cimiento para establecer programas nuevos de control de larvas de mosquito vectores (39).

(Fig. 2) La evaluación permitió establecer que tres de todas las combinaciones, son las que muestran los mejores reportes de consumo de larvas, destacando de entre ellas la interacción: dos depredadores, 200 larvas y dos litros de agua en el criadero, en la que la media de consumo diario de presas fue de 90 (H), seguida de la combinación: dos notonectidos, 200 larvas y un litro de agua en el criadero, donde la media de consumo diario fue de 81(G) larvas; la tercera mejor combinación correspondió a dos notonectidos, 100 larvas y un litro de agua en el criadero, donde fue hallado en promedio 67(F) larvas depredadas. La lectura de estos resultados nos demostró que el mayor consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* reportó tendencia creciente conforme se incrementó el número de depredadores notonectidos y número de presas disponibles, independientemente del volumen de agua contenida en el criadero experimental, resultados explicables sobre todo si se toma en cuenta que el contacto entre depredador-presa es rápido y con menor esfuerzo de búsqueda

cuando existe un mayor número de presas y depredadores. Remarcamos en este punto que, los notonectidos son activos buscadores de presas con alta capacidad depredadora de larvas de mosquitos culícidos (24).

Análisis particular merece el reporte de resultados hallados en los factores: dos notonectidos, 50 y 100 larvas, dos litros de agua en el criadero (Fig. 6), donde se documentaron en promedio 47(E) y 50(E) larvas consumidas por día, respectivamente. Estos datos refuerzan el concepto de que, a mayor número de presas en el medio independientemente del volumen de agua en el criadero, dos notonectidos pueden eliminar hasta un 50 % de presas disponibles.

(La Fig. 3), documenta las medias diarias de consumo de larvas por número de notonectidos y densidad de larvas ofertadas; al desarrollar el análisis del test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0,05$), demostró una vez más que la combinación: dos notonectidos y 200 larvas, es la que mostró las mayores medias de consumo diario de larvas [90(E) larvas], seguida de la interacción: dos notonectidos y 200 larvas, con una media diaria de 67(D) larvas consumidas; menores depredaciones fueron halladas en las otras interacciones, demostrándonos estadísticamente que el consumo de larvas se incrementó con el aumento de depredadores en el medio y la mayor oferta larval de presas en el medio. Sin embargo cuando fue analizado el consumo de larvas del mosquito culcideo relacionado con el número de depredadores y volumen de agua en el recipiente, el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) demostró que no existen diferencias estadísticas para los factores evaluados, es decir que, la depredación de larvas de mosquitos por *Notonecta* sp., es independiente del volumen de agua existente en el criadero; si bien existen valores numéricos diferentes en el número de larvas consumidas, estadísticamente no son halladas tales diferencias para el factor número de larvas consumidas y volumen de agua en el criadero. (Fig. 9).

Chandra *et al.*, (45), al evaluar la capacidad de depredación (CR) del coleóptero dytiscido *Acilius sulcatus* en el biocontrol de larvas de *Culex quinquefasciatus* demostró que un depredador consumió entre 18 y 16 larvas de mosquitos en presencia de luz y oscuridad, respectivamente, con una tasa de alimentación diaria de 34 larvas en promedio; en tanto que consumieron 166 larvas de mosquito en la fase de luz y 172 larvas durante la fase oscura con una tasa media de alimentación de 33,8 larvas / depredador en un periodo de 24 h. Valores que resultan ser relativamente diferentes a los que

reportamos en la presente investigación para *Notonecta* sp, en quienes se demostró 47 a 90 larvas depredadas por dos notonectidos en dos litros de agua en 24 horas de evaluación, 32 a 81 larvas depredadas por dos notonectidos en un litro de agua; en tanto que para la combinación un notonecta en dos litros de agua con número creciente de larvas, se depredaron 23 a 39 larvas en 24 horas, finalmente fueron consumidas 20 a 36 larvas por un notonectido en un litro de agua, resultados que guardaron relación directa con el incremento de presas en el medio y número de depredadores por combinación evaluada. Las diferencias numéricas de consumo de presas reportados por Chandra *et al.*, (45) en comparación a los que se documentan en la presente investigación, se debe probablemente a las condiciones en las que fueron analizados los factores intervinientes, así se tiene por ejemplo, la depredación se avaluó en presencia o ausencia de luz (obscuridad) y tipo de depredador estudiado (coleóptero dytiscido), que seguramente influyeron en los resultados que son reportados por los citados investigadores en comparación a los datos que documentamos. Al respecto debemos enfatizar que, pese a que existen muchos factores que afectan los resultados de capacidad depredadora, provocando que difícilmente los valores hallados en la presente investigación coincidan con los reportados por otros investigadores, es innegable que el depredador *Notonecta* sp., es un controlador biológico importante a ser considerado en programas de manejo y control de mosquitos vectores. El papel que juegan los depredadores en la dinámica de poblaciones naturales ha sido uno de los aspectos menos entendidos y a la vez más controversiales en el estudio de la ecología de poblaciones. Aunque existen muchos casos exitosos de control biológico, en la mayoría de ellos se carecía de información sobre las propiedades biológicas y ecológicas de los enemigos naturales antes de su liberación para predecir el grado de éxito o no se desarrollaron estudios después para explicar los mecanismos involucrados. Las bases teóricas en las que se desarrollan las interacciones entre depredadores y presas han sido ignoradas en la mayoría de los programas de control biológico, lo que reduce las posibilidades de obtener un panorama más claro acerca de los posibles resultados de dichos programas (39).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jiimez-Cuellar P, Luzón-Ortega JM, Tierno De Figueroa JM. Contribución al conocimiento de los hemípteros acuáticos (Insecta: Heteroptera) del Parque Natural de la Sierra de Huétor (Granada, España). En Zool. baetica. 2000; 11: 115-126.
2. Lima J, De Melo N, Valle D. Residual effect of two *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* products assayed against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in laboratory and outdoors at Rio de Janeiro, Brazil. Rev Inst Med Trop. 2005; 47 (3):125-130.
3. Fundación Universidad-Empresa de la región de Murcia. Sistemas de control biológico de las poblaciones de mosquitos en zonas húmedas. Universidad de Murcia. Editorial Novograf, S.A. España. ISBN 84-688-2565-4.[Internet] 2005. [consulta 15 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.carm.es/cma/dgmn/mnatural/Hu-medal/publica/mosquito.pdf>.
4. Andrade F, Urbano dos Santos L. O uso de predadores no controle biológico de Mosquitos, com destaque aos *Aedes*. Departamento de Zoologia. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP [internet]. Brasil. 2004. [consulta 17 de noviembre de 2012]. Disponible en: http://www2.ib.unicamp.br/profs/eco_aplicad/a/arquivos/artigos_tenicos/
5. Giri F, Collins P. Evaluación de *Palaemonetes argentinus* (Decapoda, Natantia) en el control biológico de larvas de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) en condiciones de laboratorio. Iheringia, Sér Zool. 2003; 93(3):237-42.
6. Ayala Y. Capacidad depredadora y respuesta funcional de *Notonecta* sp. (Insecta: Hemiptera) frente a larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* Say 1823 (Diptera: Culicidae) en presencia y ausencia de refugios. Informe final de investigación. Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas-UNSC. Ayacucho-Perú. 2009; 50 pp.
7. Sánchez-Ruiz M, Fontal-Cazalla FM, Sánchez-Ruiz A, López-Colón JI. El uso de insectos depredadores en el control biológico aplicado. Bol. S.E.A. 1997;20: 141-149.
8. Evans HE. Insect biology: a textbook of Entomology. Addison & Wesley. California U.S.A. 1984.
9. Rodríguez LA, Arredondo HC (eds.). 2007. Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 Pp.
10. Chandra G, Mandal S, Ghosh A, Das D, Banerjee S, Chakraborty S. Biocontrol of larval mosquitoes by *Acilius sulcatus*

(Coleoptera: Dytiscidae). BMC Infectious Diseases. 2008; 8:138.

11. Hinostroza Ayala K. Biocontrol de larvas de *Culex quinquefasciatus* por predadores adultos de *Notonecta* sp. (Hemiptera: Notonectidae) y náyades de *Erythemis* sp. (Odonata: Libellulidae). [Tesis de Bachiller]. Facultad de Ciencias Biológicas-UNSCH. Ayacucho-Perú. 2013.64 pp.