

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Capacidad predadora de *Notonecta sp.* (Hemíptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (Insecta: Díptera).

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
BIÓLOGA**

**CON MENCIÓN EN LA ESPECIALIDAD DE:
RECURSOS NATURALES Y ECOLOGÍA**

**Presentado por:
Bach. CISNEROS GAMBOA, KARINA**

AYACUCHO- PERÚ

2011

DEDICATORIA

*A mis padres: Aniceto Cisneros Quispe y
Serafina Gamboa Palemino, por su
permanente apoyo.*

*A mis hijas Nicomara y Kiara, por darme
la fortaleza para el logro de mis metas.*

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en particular a la Facultad de Ciencias Biológicas.

A todos los docentes que contribuyeron en mi formación como profesional y persona útil para nuestra sociedad.

A mi asesor Bigo. MC. Yuri Olivier Ayala Sulca, por su paciente apoyo y orientación en el desarrollo de la presente investigación.

Mi especial gratitud a María Arce, Sandra Cisneros, Rosa Cisneros y William Gavilán.

**Capacidad predatora de *Notonecta sp.* (Hemíptera: Notonectidae) con
relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*
(Insecta: Díptera).**

AUTOR : Bach. Karina Cisneros Gamboa

ASESOR :Blgo. MC. Yuri O. Ayala Sulca

RESUMEN

La investigación consistió en evaluar la capacidad predatora y respuesta funcional de *Notonecta sp.*, con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, a siete densidades crecientes de larvas de IV instar (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 Larvas). El diseño experimental fue adecuado a un factorial de A x B; donde A=Especies, B=Densidades, estimándose el tipo de respuesta funcional y el R^2 a través del método de cuadrados mínimos ordinarios, la capacidad de búsqueda (E_b), tiempo de manipuleo (T_h), tasa de ataque(N_e) y capacidad de predación (CR), fueron evaluados. *Notonecta sp.*, demostró una respuesta funcional de tipo II (cóncava) en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* ($R^2=0.990$ y 0.997 respectivamente), reporta elevada (E_b) de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, a bajas densidades, con (T_h) que van entre 25.20 a 48.88 seg. para larvas culícidas y 20.25 a 30 seg. en quironómidos, la (N_e) fue de 0.84 a 12.51% y 0.36 a 5.39% respectivamente. El (CR) para larvas culícidas y de quironómidos fue de 7 a 15% y 4 a 14% de larvas predadas/h/predador, respectivamente. *Notonecta sp.*, prefiere larvas de culícidos y en menor porcentaje larvas de quironómidos, con alta capacidad de búsqueda y capacidad predatora y bajos tiempos de manipuleo.

Palabras Claves: capacidad predatora, respuesta funcional, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*, *Chironomus*.

Capacity pregriver of *Notonecta sp.* (Hemíptera: Notonectidae) in relation to the consumption of larvae of *Culex quinquefasciatus* and *Chironomus sp.*

(Insecta: Díptera)

AUTHOR : Bach. Karina Cisneros Gamboa

ADVISORY : Blgo. MC. Yuri O. Ayala Sulca

ABSTRACT

The investigation consisted of evaluating the capacity pregriver and functional answer of *Notonecta sp.*, in relation to the consumption of larvae of *Culex quinquefasciatus* and *Chironomus sp.*, to seven increasing densities of larvae of IV to instars (5, 10, 15, 25, 35, 50 and 75 Larvae). The experimental design was adapted to a factorial one of A x B; where A=Species, B=Densities, being considered the type of functional answer and the R^2 through method of squaring minimum ordinary, the capacity search (Eb), time of manipulation (Th), rate of attack (Ne) and capacity of predation (CR), were evaluated. *Notonecta sp.*, it demonstrated a functional answer of type II (concave) in the consumption of larvae of IV to instars of *Culex quinquefasciatus* and *Chironomus sp.* ($R^2=0.990$ and 0,997 respectively), it reports high (Eb) of larvae of *Cx. quinquefasciatus* and *Chironomus sp.*, to low densities, with (Th) that goes between 25,20 to 48,88 seg. culícidas larvae and 20,25 to 30 seg. in quironómidos, (Ne) it went respectively from 0,84 to 12,51% and 0,36 to 5,39%. (CR) for culícidas larvae and quironómidos of went from 7 to 15% and 4 to 14%of larvae predadas/h/predador, respectively. *Notonecta sp.* it prefers culicids larvae of and in smaller percentage quironómidos larvae, with high capacity search and capacity pregriver and low times of manipulation.

Key words: capacity pregriver, functional answer, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*, *Chironomus*.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Generalidades	4
2.2. Atributos de los controladores biológicos de plagas	7
2.3. Insectos como controladores biológicos con énfasis en <i>Notonecta</i> sp (Hemíptera: Notonectidae)	8
2.4. Los mosquitos: características e importancia en salud pública.....	11
a). Los mosquitos culícidos: <i>Culex quinquefasciatus</i>	12
b). Los mosquitos <i>Chironomus</i> sp. (Díptera: Chironomidae)	15
2.5. Control biológico de larvas de mosquitos	17
2.6. Predación y respuesta funcional en el control de larvas de mosquitos	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Población y muestra	27
3.2. Recolección y mantenimiento de las muestras	28
3.3. Determinación de la respuesta funcional y sus parámetros cuantitativos	29
a). Respuesta funcional	29
3.4. Capacidad de predación.....	32
3.5. Diseño de investigación.....	33
3.6. Análisis estadístico.....	33
IV. RESULTADOS.....	34
V. DISCUSIÓN	41

VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
ANEXO	60

I. INTRODUCCIÓN

Los métodos de lucha contra insectos vectores de enfermedad generalmente están basados en el control químico que resulta más o menos eficaz, pero se utilizan insumos que pueden ser peligrosos para el medio ambiente, el hombre y los animales. El uso indiscriminado, sobre todo sin control de los compuestos químicos es capaz de alterar los ecosistemas naturales, ante todo el acuático, 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. Como se aprecia las estrategias empleadas hasta el momento para el control de mosquitos vectores están basados en el uso de agentes químicos, siendo el control biológico una alternativa ecológica, compatible, sana y de protección del ambiente, que no genere contaminantes y reducir los problemas de deterioro ambiental, mejorando la calidad de vida de las personas. Los controladores biológicos son organismos con la capacidad de parasitar, preda a los insectos o actuar como patógenos. 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. Utilizar predadores autóctonos como los chinches del género *Notonecta* en el control de las larvas de los mosquitos, permitirá reducir los costos que genera el uso de

métodos no tradicionales (ejm. control químico) y por tanto resulta ser una alternativa importante en el control vectorial de insectos transmisores de enfermedad, 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.

Los ecosistemas urbanos como las existentes en la ciudad de Ayacucho, favorecen el desarrollo de las poblaciones de mosquitos como *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, al ofrecerles sitios de cría para los estadios larvales que se desarrollan en aguas contaminadas con residuos cloacales como las existentes en las lagunas de maduración de la PTAR – La Totorá y en otros contenedores de aguas estancadas ubicados en diferentes puntos de la ciudad, actuando como criaderos temporales para estas especies y donde adicionalmente se desarrollan organismos predadores como las ninfas y adultos de *Notonecta sp.*, náyades de odonatos y otros artrópodos; por otro lado brinda refugios y microclimas adecuados para los adultos, lo que les permite sobrevivir los períodos invernales.

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. No obstante, es escaso el conocimiento que se tiene de la capacidad predadora que desarrollan los adultos del “chinche nadador de dorso” *Notonecta sp.*, en el consumo de dos presas como las larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, vacío de información que pretendemos cubrir con la presente investigación.

En este contexto se plantea los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la capacidad predadora y respuesta funcional de *Notonecta sp.* (Hemíptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (Insecta: Díptera) y siete densidades crecientes de larvas de IV instar (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 Larvas).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Evaluar la capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque del predador *Notonecta sp.*, en el control de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*
- b) Establecer el tipo de respuesta funcional y preferencia que presenta el predador *Notonecta sp.*, con relación al consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*
- c) Determinar la capacidad predadora del controlador biológico *Notonecta sp.* en presencia de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*

II. MARCO TEORICO

2.1. GENERALIDADES

Numerosas especies pueden, en determinadas situaciones interferir negativamente en las actividades humanas convirtiéndose en plagas y malezas o actuando como vectores de enfermedades. Así con el advenimiento de los productos químicos de síntesis a mediados del siglo pasado, el control de especies perjudiciales pareció alcanzar una solución; sin embargo, pronto se hicieron evidentes los problemas asociados con su uso, tales como la adquisición de resistencia de las plagas a los mismos, el efecto no deseado sobre otras especies, la aparición de plagas secundarias y los concernientes a la salud humana y ambiental (Zapater, 1996).

Mientras en la actualidad se promueve el manejo de especies perjudiciales con la menor utilización posible de plaguicidas sintéticos. En este sentido, la Ecología es una de las disciplinas científicas que aporta las bases teóricas y empíricas fundamentales para su manejo. Particularmente, resulta indispensable el conocimiento de los factores que producen los cambios poblacionales y de las interacciones entre los distintos niveles tróficos (Begon *et al.*, 2000). El control biológico es una de las principales técnicas de manejo de especies perjudiciales,

como alternativa al uso exclusivo de productos químicos. Esta técnica consiste en la utilización de enemigos naturales para mantener a las plagas por debajo de los niveles de daño económico (Begon *et al.*, 2000; Zapater, 1996).

El uso por el hombre de “enemigos naturales” (predadores y patógenos de las plagas) es lo que llamamos control biológico. Sus primeros relatos datan de 1200 a.C., cuando los chinos hacían puentes de bambú entre un árbol y otra, uniéndolas para facilitar el tránsito de hormigas predadoras de langostas. Esta forma de control era sin duda un resultado de la observación del control natural, que pasó a ser apoyado o alentado por el hombre. Con el avance del control biológico moderno ha evolucionado y ha sido ampliamente considerado como una verdadera ciencia de la agricultura y en menor medida en la lucha contra los vectores de enfermedades, donde son necesarios niveles altos de reducción poblacional. Pronto se comprobó que el control biológico por sí sola no podría controlar en todos los casos a los insectos, y por lo tanto debería de ser integrada a otras formas de control. La terminología Manejo Integrado de Vectores, fue así aprobada y propuesta por Service en 1980 para los mosquitos, involucrando un enfoque más holístico; la integración de las diversas formas de control y entre ellas los agentes de control biológico. Inmediatamente, el uso de enemigos naturales tomó fuerza que motivó que al año siguiente la Organización Mundial de la Salud recomendara su uso (WHO, 1981).

Todos los insectos poseen enemigos naturales, tales como parasitoides (insectos que parasitan a otros insectos), depredadores y patógenos (hongos, virus, bacterias, protozoos, nematodos). Las poblaciones naturales de insectos herbívoros y de interés médico se encuentran muchas veces reguladas por ellos, mientras que en los sistemas agrícolas, con un alto grado de simplificación, la presencia y acción de estos enemigos naturales suele ser mucho más reducida.

Todas las técnicas de utilización de agentes de control biológico requieren conocimientos acerca del ciclo de vida, el comportamiento y las características de su interacción con la plaga, la planta o el organismo hospedante (Zapater, 1996).

El control biológico puede interpretarse de tres formas: (a) Como un campo de estudio en diferentes áreas, tales como: Ecología de Poblaciones, Biosistemática, Comportamiento, Fisiología, y Genética; (b) como un fenómeno natural, casi todas las especies cuentan con enemigos naturales que regulan sus poblaciones; y (c) como una estrategia de control de plagas a través de la utilización de parasitoides, depredadores y patógenos (Rodríguez Del Bosque y Arredondo, 2007).

Como estrategia de combate de plagas, el control biológico tiene una historia de casi 120 años. El primer caso exitoso de control biológico se logró en 1889 con el control espectacular de la escama algodonosa de los cítricos en California, E.U.A. después de introducir de Australia una catarinita depredadora. A este éxito le han seguido muchos más en el último siglo y aunque el gran auge de los plaguicidas hace algunas décadas provocó un olvido temporal del control biológico, los efectos secundarios negativos de los plaguicidas, la opinión pública y el movimiento ambientalista en los últimos años han provocado un renovado interés por el control biológico a nivel mundial. Se propuso recientemente ampliar el concepto de control biológico para incluir cualquier método de control "natural", como contraparte al control químico. Este concepto "amplio" de control biológico incluye otros tipos de control como la resistencia de plantas a insectos y el control autocida (macho estéril), disciplinas que cuentan con sus propias bases, principios y metodologías específicas que las han caracterizado a través de su respectivo contexto histórico como estrategias de control con identidad

propia y que las diferencian del concepto tradicional de control biológico (Rodríguez Del Bosque y Arredondo, 2007).

2.2. ATRIBUTOS DE LOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE PLAGAS

Desde el punto de vista económico, un controlador biológico natural efectivo es aquel capaz de regular la densidad de población de una plaga y mantenerla en niveles abajo del umbral económico establecido para un determinado cultivo, o en un nivel irrelevante como para ser considerado como un posible vector de enfermedades. Aunque se han utilizado una gran diversidad de especies de enemigos naturales en una gran cantidad de programas de control biológico, las especies que han demostrado ser efectivas poseen en común ciertas características que deben ser consideradas en la planeación y conducción de nuevos programas. En general, los enemigos naturales más efectivos comparten las siguientes características: (a) Adaptabilidad a los cambios en las condiciones físicas del medio ambiente; (b) alto grado de especificidad a un determinado huésped/presa; (c) alta capacidad de crecimiento poblacional con respecto a su huésped/presa; (d) alta capacidad de búsqueda, particularmente a bajas densidades del huésped/presa; (e) sincronización con la fenología del huésped/presa y capacidad de sobrevivir periodos en los que el huésped/presa esté ausente; y (f) capaz de modificar su acción en función de su propia densidad y la del huésped/presa, es decir mostrar densidad-dependencia (Rodríguez Del Bosque y Arredondo, 2007).

La capacidad de búsqueda ha sido señalada como el atributo individual más importante, debido a que esta habilidad permite que el enemigo natural sea capaz de sobrevivir incluso a bajas densidades de su huésped/presa. Sin embargo, un enemigo natural no tendría una capacidad de búsqueda

sobresaliente si no posee otra o varias de las demás características mencionadas. Por lo tanto, el enemigo natural ideal debe poseer una buena combinación de todos los atributos posibles (Huffaker *et al.* 1971, 1977).

2.3. INSECTOS COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS CON ENFASIS EN

***Notonecta* sp. (HEMIPTERA: NOTONECTIDAE)**

No hay duda de que los principales enemigos naturales de los insectos estén entre los propios insectos. Así, son muchas las posibilidades de los programas de manejo que podrían involucrar a los insectos entomófagos como elementos claves. Si no fuera ese el caso, la protección de la fauna benéfica tendría que ser contemplada con el mayor cuidado (Andrade y Urbano dos Santos, 2004).

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 sugieren que los notonéctidos son predadores más voraces y por tanto candidatos más fuertes en los programas de control biológico (Andrade y Urbano dos Santos, 2004)

Individuos de la familia Belostomatidae son popularmente conocidos como “baratas de agua”. Las especies *Diplonychus indicus* y *Ranata elongata* fueron consideradas como alternativas al control químico, poseyendo alta potencia para su uso en control de larvas de mosquitos. Presentan voracidad en la predación y selectividad de presas. La especie *Belostoma flumineum* a su vez es considerada como una buena predadora de larvas aunque la frecuencia con la que co-habitan criaderos con larvas de mosquitos sea muy baja (Andrade y Urbano dos Santos, 2004).

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 (Chinery, 1986).

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. Estos insectos acuáticos nadan sobre sus espaldas, remando vigorosamente con sus largas y peludas patas traseras. 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 (Chinery, 1986).

En Ayacucho han sido observados cohabitando con ninfas de odonatos, ejerciendo actividad depredadora de larvas de mosquitos culícidos y quironómidos, así como de otros artrópodos, en ambientes acuáticos contaminados con abundante materia orgánica en descomposición (Ayala, 2009).

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 considerada el más voraz predador entre todos los hemípteros evaluados (Andrade y Urbano dos Santos, 2004)

Una de las especies más comunes de Notonectidae es *Notonecta glauca*, muy extendida en el Reino Unido y Europa. Otra especie es *N. maculata*, que se distingue por las antealas moteadas de color ladrillo. En América, las especies más conocidas son: Notonectidae (A, L): *Buenoa amnigenus* (White), *Buenoa antigone antigone* (Kirkaldy), *Buenoa fuscipennis* (Berg), *Buenoa platycnemis* (Fieber), *Buenoa salutis* (Kirkaldy), *Martarega membranacea* (White), *Notonecta disturbata* (Hungerford), *Notonecta sellata* (Fieber) (Chinery, 1986; Montador y Manuel, 1986)

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 oviposición. 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 (Andrade y Urbano dos Santos, 2004).

Fueron observadas en laboratorio que los notonéctidos del género *Buenoa* mostraron 4 formas diferentes de ataque a larvas del mosquito *Culex* sp. ofertadas diariamente durante el experimento. Estos notonéctidos atacaron a todos los estadios de larvas y apenas en una sola vez el predador capturó a la

larva, matándola y enseguida liberándola sin consumirla. Notonéctidos en campos de arroz pueden reducir cerca del 80% del número de pupas de varias especies de mosquitos, siendo los individuos del género *Notonecta* y *Buenoa* los más frecuentes en esos ambientes (Andrade y Urbano dos Santos, 2004).

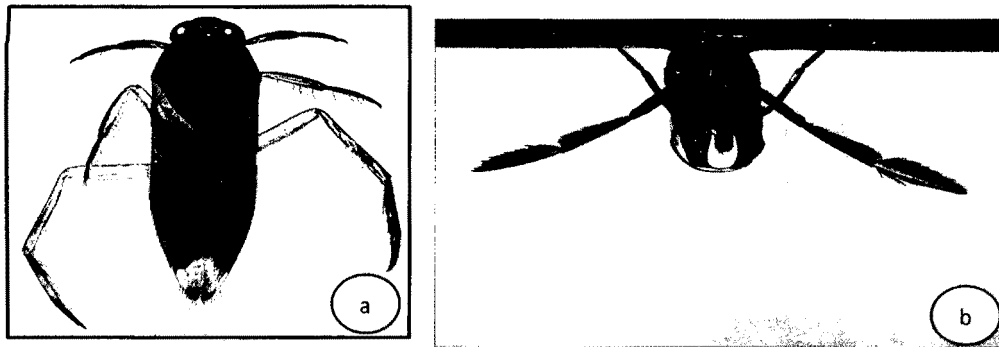


FIGURA No.01: Morfología de *Notonecta* sp. (Hemíptera: Notonectidae) (a) y modo habitual de vida de los chinches “nadadores de dorso” (b).

FUENTE: <http://www.biopix.com/photos/notonecta-glauca-00036.jpg>

2.4. LOS MOSQUITOS: CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA EN SALUD PÚBLICA

Los mosquitos, utilizando este término en un amplio sentido, 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 (Fundación Universidad-Empresa de la Región de Murcia, 2005). Las enfermedades de interés médico-veterinario asociadas a artrópodos vectores tienen un importante protagonismo en la historia de la humanidad, debido al número incalculable de muertes y pérdidas económicas ocasionadas. La conducta alimentaria hematófaga de estos insectos está determinada por su fisiología, requiriéndose un alto

contenido proteico en la ingesta para la oviposición de las hembras grávidas (Marquardt, *et al.*, 2000).

Estos organismos son los únicos vectores de los patógenos que causan malaria, fiebre amarilla dengue humano y son de primordial importancia en las filarias y encefalitis virales del hombre. Sus picaduras que en muchos casos resultan ser dolorosas, en ocasiones pueden afectar la actividad agrícola y desarrollo de bienes raíces al ocasionar que áreas potenciales de recreo se vuelvan inútiles e interfieran con la vida normal de los individuos. Con frecuencia las pérdidas que resultan de la disminución de la productividad de las industrias que concentran sus actividades al aire libre son considerables debido a la molestia de los mosquitos (Harwood y James, 1987).

Los mosquitos son los más abundantes de los numerosos tipos de artrópodos hematófagos que molestan al hombre, otros mamíferos y aves. Estos insectos se pueden reproducir prácticamente en cualquier tipo de agua estancada, dulce o salobre, limpias o contaminadas, aguas en botes de hojalata, llantas de carro y avión; huellas de cascos, hoyos en los árboles, depósitos en las copas de las hojas; las márgenes de arroyos, lagos y embalses de agua (Harwood y James, 1987).

a) Los mosquitos culícidos: *Culex quinquefasciatus*

La población actual de mosquitos pertenecientes a la familia Culicidae (orden Díptera) se calcula en aproximadamente 3500 especies descritas, encontrándose entre sus miembros a especies excesivamente agresivas durante el día, aunque la mayoría de los mosquitos se alimentan de noche. Sus ataques no están limitados a animales homeotermos, ya que hay citas de su alimentación sobre peces, reptiles y anfibios y se sabe que transmiten patógenos a diversos

grupos de animales incluyendo al hombre (Harwood y James, 1987, Marquardt, *et al.*, 2000).

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 (Díptera: Culicidae) para los que, aparte del genérico término "mosquito", se utilizan otras denominaciones como: "cínife", "violero", "zancudo", etc. (Fundación Universidad-Empresa de la Región de Murcia, 2005).

Estos organismos tienen un desarrollo larvario acuático y en estado adulto, una vida terrestre y voladora, durante la cual las hembras, que son hematófagas, pican a varias especies de vertebrados para completar los ciclos gonotróficos que les permitirán realizar posturas de huevos en los ambientes acuáticos (criaderos) de diverso tamaño y características. Entre las especies afectadas por la picadura de estos mosquitos se encuentra el hombre y esto, unido al hecho de su desarrollo larvario acuático, hace que en el contexto de los criaderos naturales y artificiales de éstos sea un grupo de especial interés, sobre todo en relación con las molestias que pueden causar al hombre y animales domésticos que se encuentren en sus proximidades (Fundación Universidad-Empresa de la Región de Murcia, 2005).

Los miembros del orden Díptera: Culicidae se dividen en diferentes grupos separados estructuralmente y por el tipo de desarrollo (subfamilias: Anophelinae, Culicinae y Toxorhynchitinae). Es de particular interés la subfamilia Culicinae, cuyas larvas están provistas de un sifón largo en el octavo segmento abdominal, generalmente con un pecten bien desarrollado y uno o varios penachos de sedas y son de vida acuática. 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. Los huevecillos son depositados en grupos flotantes compactos en la superficie del agua o individualmente arriba del agua. El género *Culex*, incluye un número de vectores comprobados y potenciales de arbovirus y malaria aviar. Generalmente prefieren alimentarse de aves, aunque la estenoxicidad es poco común. Pasan el invierno como hembras inseminadas 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*, 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 (Harwood y James, 1987, Marquardt *et al.*, 2000). Ayala *et al.*, (2006), reportan la presencia de *Culex quinquefasciatus* en la ciudad de Ayacucho colonizando diversos recipientes o contenedores con presencia de aguas temporales empozadas en baldes, piletas, lagunas de oxidación, etc. con abundante materia orgánica en descomposición, relacionándolos con el hecho de que el desmonte y las nuevas urbanizaciones fomentan la proliferación de hábitats propicios para el desarrollo de estos organismos.

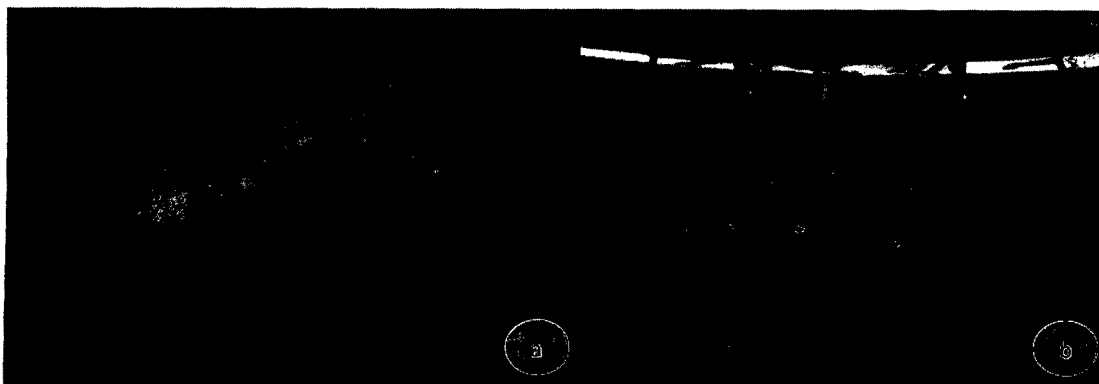


FIGURA No. 02: Hembra adulta en ovipostura (a) y larvas (b) de *Culex quinquefasciatus* (Díptera: Culicidae).

FUENTE: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/319768>

b) Los mosquitos *Chironomus sp.* (Díptera: Chironomidae)

Los quironómidos son una familia de dípteros nematóceros de distribución mundial que agrupa a más de 5000 especies de diminutos insectos con aspecto de mosquito, aunque en este caso no pican. Están relacionados a las familias Ceratopogonidae, Simuliidae y Thaumaleidae. Muchas especies se parecen a los mosquitos de la familia Culicidae pero las alas no tienen escamas y las piezas bucales no son alargadas como las de los mosquitos. Los machos se distinguen fácilmente por sus antenas plumosas. A los adultos a veces se los llama moscas de los lagos o moscas de la arena. Sus larvas se desarrollan en prácticamente cualquier lugar en el que exista agua, por lo general permanecen en el fondo de los cuerpos de agua, desarrollando una respiración cutánea, las larvas solo se aproximan a la superficie del agua cuando están a punto de empupar y permitir la emergencia de los adultos. Los adultos emergen a veces en números enormes, constituyendo una parte importante del llamado aeroplacton. Los quironómidos (Díptera: Chironomidae) o mejor conocidos como gusanos rojos o de sangre incluyen especies en hábitat muy diversos. De acuerdo con De La Rosa (1997) en el Neotrópico pueden existir de 1500 a 2000

especies aunque actualmente se han descrito 400 especies de la región Neotropical. Desempeñan un papel importante en la determinación de la eutrofia en lagos, la producción secundaria de los ambientes acuáticos y como fuente de alimento de salmones. Además, son utilizados para detectar contaminación por Cadmio, Cobre, Plomo e incluso, para determinar el efecto de aplicación de herbicidas en aguas correntosas. Por otro lado, se demostró su utilidad en la discriminación de corrientes intermitentes que habían sido afectadas por diferentes prácticas forestales. En el contexto de este estudio, la familia Chironomidae tiene un potencial valioso para ser utilizado como indicador de cambios extremos en las condiciones de la calidad del agua. Además, parecieran representar un factor importante en términos de biomasa animal determinante en la cadena trófica, toda vez que son fuente alimenticia para muchos peces (Coffman y Ferrington Jr, 1996; De La Rosa, 1997). Los adultos pueden ser plagas cuando emergen en grandes cantidades. Pueden dañar la pintura de las casas y otras superficies con sus materias fecales. Cuando mueren en grandes cantidades pueden acumularse en pilas malolientes. Pueden causar reacciones alérgicas en aquellos que son sensibles a éstas (Ali, 1991). Las larvas son un alimento importante de los peces y de otros animales acuáticos. Sus fósiles están distribuidos en muchos ambientes acuáticos y sirven como indicadores de ambientes pasados, incluyendo cambios climáticos (Walker, 2001).

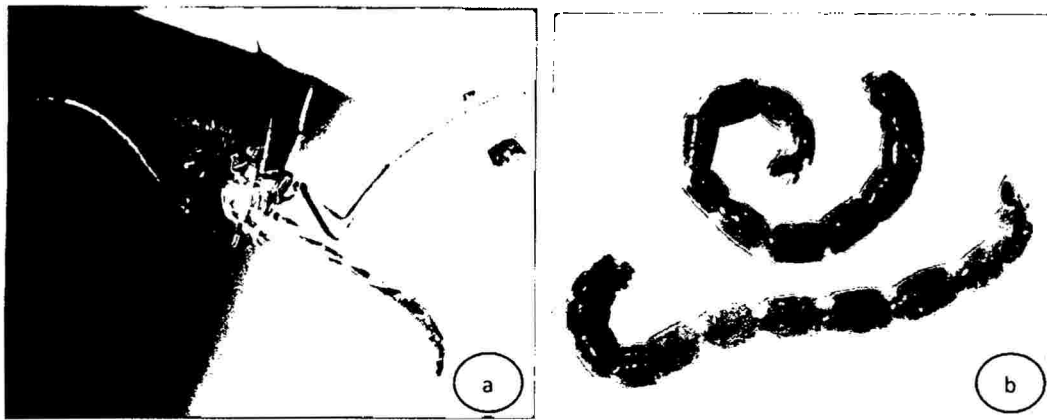


FIGURA No. 03: Macho adulto (a) y larvas (b) de *Chironomus sp.* (Díptera: Chironomidae).

FUENTE: www.euskalnet.net/.../index.html

Ayala (2009), en evaluación de la capacidad predadora de controladores biológicos como *Notonecta sp.*, sobre larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, reporta la presencia de *Chironomus sp.*, en ambientes acuáticos polisaprobios como las existentes en las aguas de las lagunas de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales “La Totorá” de la ciudad de Ayacucho, compartiendo el mismo nicho ecológico.

2.5. CONTROL BIOLÓGICO DE LARVAS DE MOSQUITOS.

En la actualidad, donde nuestra sociedad está siendo sensibilizada con los temas medioambientales y el uso indiscriminado y abusivo de productos químicos, ha motivado que en los últimos años se desarrollen nuevas estrategias de control de plagas de mosquitos que implica una nueva filosofía de abordar el tema. Estas nuevas estrategias tienen su base en un conocimiento preciso de las especies de mosquitos presentes en una zona, de su compleja biología y de sus hábitats, tanto de cría como de reposo. Frente al uso indiscriminado de los

insecticidas, de una forma incontrolada, en cualquier período del año o cuando las plagas eran más activas, se ha pasado a un uso racional de los compuestos químicos y biológicos disponibles y realmente efectivos frente a especies de mosquitos-plaga y en los momentos ecológicamente seleccionados, cuando mayor efectividad van a tener frente a los mosquitos y muy poco o nulo efecto en otras especies de invertebrados (Fundación Universidad-Empresa de la Región de Murcia, 2005).

Las estrategias empleadas hasta el momento para el control de mosquitos como *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, van desde el uso de agentes químicos hasta el uso de agentes biológicos. Estos últimos son organismos con la capacidad de parasitar, preda al insecto vector, entre otras (Chapman, 1974). Sin embargo, muchas de estas estrategias generan impactos que pueden ser invaluable para las comunidades biológicas y humanas. Pues en general, muchas de las especies empleadas hasta el momento para el control biológico de organismo son extrañas al hábitat en donde se han introducido, generando a su llegada desequilibrios entre poblaciones de los sitios intervenidos (Murdoch y Sih, 1978). Muchas de estas especies controladoras son consideradas amables en comparación con los controladores químicos. 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 (Lima *et al.*, 2005). También se registran estudios de control de mosquito con especies animales como peces (Bence, 1998; Lee, 2000; Hurst *et al.*, 2004), ranas (Willems *et al.*, 2005), planarias (Perich *et al.*, 1990), decápodos (Mkoji *et al.*, 1999), libélulas (Quiroz *et al.*, 2005), larvas de otros mosquitos (Mercer *et al.*, 2005) e incluso algunas especies del

género *Notonecta* que han sido empleadas en conjunto con bacterias (Neri *et al.*, 1997).

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 predadores. 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 (Andrade y Urbano dos Santos, 2004)

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

Entre sus desventajas tenemos:

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

importancia epidemiológica (Andrade y Urbano dos Santos, 2004; Woodring y Davidson, 1996).

Las larvas de *Aedes aegypti* (un tipo de mosquito culícido), al igual que otros mosquitos, suelen ser predados por copépodos ciclopoideos de distintos géneros, entre ellos *Macrocylops* y *Mesocyclops*. *Macrocylops 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 (Kay *et al.*, 1992, Santos *et al.*, 1996) y son usados como agentes de control biológico de *Aedes aegypti* en diversos programas ejecutados con participación comunitaria (Lacey y Orr, 1994).

Quiroz *et. al.*, (2005), al evaluar insectos acuáticos como los odonatos *Pantala hymenae* y *Archilestes grandis*; varias especies de chinches acuáticas como los “nadadores de dorso” o notonéctidos *Buenoa scimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata*; otros chinches conocidos como *Ambrysus parviceps* “escorpion 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 hidrofílicos *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 los chinches nadadores de dorso: *B. scimitra*, *B. antigone* y *N. 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 notonéctidos 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.

Ali *et al.*, (2008), realizaron un monitoreo cualitativo y cuantitativo por 1 año de los inmaduros y adultos de la familia Chironomidae en los humedales de un club en el noreste de la Florida, EEUU. Demostraron que *Glyptotendipes paripes* y *Goeldichironomus carus* fueron las especies de la familia Chironomidae mas predominantes en los humedales. En bioensayos de laboratorio determinaron que Temephos y *Bacillus thuringiensis* (*Bti*) fueron los más efectivos en cuanto al costo y controlar los chironómidos por un periodo de tiempo más largo que S-methoprene en las evaluaciones del campo.

2.6. PREDACION Y RESPUESTA FUNCIONAL EN EL CONTROL DE LARVAS DE MOSQUITOS

La influencia del comportamiento de los predadores o parasitoides sobre la dinámica de sus poblaciones y de la de sus presas posee su mejor ejemplo en la respuesta funcional. El término, usado originalmente por Solomon (1949)

reportado por Pervez (2005), describe la relación entre el número de presas consumidas por un depredador en función de la densidad de la presa, en un espacio e intervalo de tiempo fijo. La respuesta funcional es central para cualquier descripción sobre depredación o parasitismo, precisamente porque el número de presas consumidas determina el desarrollo, supervivencia y reproducción de los depredadores o parasitoides (Oaten y Murdoch, 1975 reportado por Pervez, 2005). Sirve también para evaluar la potencialidad de agentes de control biológico de plagas (ver Fernández y Corley, 2004). Por ejemplo, permite conocer la densidad asintótica (de saturación) de presas, más allá de la cual se incrementa la probabilidad de escape (Begon *et al.*, 2000). También permite entender relaciones coevolutivas depredador-presa e inferir acerca de los mecanismos etológicos básicos implícitos en dichas interacciones (Houck y Strauss, 1985).

De entre los muchos modelos matemáticos que permiten evaluar la depredación que desarrolla un determinado controlador biológico, está el modelo propuesto por Nicholson-Bailey, que incorpora los conceptos de respuesta funcional (T = tiempo de manipuleo, aportado por Holling 1966), e interferencia mutua (m , aportado por Hassell y Varley, 1969), los cuales producen una ganancia sustancial en la estabilidad en las interacciones depredador/presa o parasitoide/huésped. Al analizar la estabilidad de los modelos relacionados con el control biológico, Hassell y May (1973) reportado por Pervez (2005) identificaron tres factores importantes en la interacción parasitoide/hospedero, todos relacionados con respuestas de parasitoides: (a) La respuesta funcional a cambios en la densidad del hospedero; (b) la respuesta a su propia densidad (interferencia mutua); y (c) la respuesta a la distribución del hospedero. En base a lo anterior, ellos sugieren que en la búsqueda de enemigos naturales para su

utilización en programas de control biológico, aquellos que cuenten con los siguientes atributos son los que tendrían una mayor posibilidad de lograr una relación estable con su hospedero a bajas densidades: (a) Alta eficiencia en su capacidad intrínseca de búsqueda, lo cual es necesario para lograr el equilibrio a densidades bajas; (b) poco tiempo de manipuleo (T_h) en relación con el tiempo total de búsqueda (T), lo que minimizará la inestabilidad resultante de la respuesta funcional; (c) un grado de interferencia mutua en el rango de $0 < m < 1$, lo que contribuye a la estabilidad de la interacción, y (d) alto grado de agregación de los predadores o parasitoides con respecto a la distribución del hospedero. Sin embargo, aunque estos atributos tienen un respaldo teórico robusto, ha sido aún difícil predecir el grado de éxito que tendrán los programas de control biológico en base a los atributos que poseen los enemigos naturales (De Bach, 1977).

La potencialidad de un organismo como biocontrolador puede evaluarse a través de la respuesta funcional (Holling, 1959 reportado por Pervez, 2005) que expresa la relación entre la tasa individual de consumo del predador y la densidad de alimento disponible localmente. Esta respuesta asume que el predador ocupa su tiempo en dos actividades básicas: búsqueda de la presa (a) y manipulación de la misma (b) que incluye: perseguirla, matarla, comerla y digerirla. Holling (1959) reportado por Pervez (2005), describió tres tipos de respuestas posibles que respondían a ecuaciones de curvas lineales en aumento (tipo I), una curva que desacelera (tipo II), o una relación sigmoidea (tipo III). Las mismas varían en relación a la dependencia de la densidad de presa y si bien su determinación se realiza en un ambiente controlado, dan una idea del comportamiento predatorio pero a la vez permiten establecer comparaciones entre diversos predadores (Pervez, 2005).

Las curvas de tipo I representan tasas de consumo de los predadores que aumentan linealmente con la densidad de presa, hasta que se alcanza un máximo donde la tasa de consumo permanece constante. Los predadores no acuáticos presentan este tipo de curva (Peckarsky, 1984 reportado por Pervez, 2005). La respuesta funcional de tipo II es curvilínea (cóncava), la tasa de consumo aumenta con la densidad de la presa, pero disminuyendo la velocidad de aumento hasta alcanzar una plataforma en la cual la tasa de consumo permanece constante, independientemente de la densidad de presa. Este tipo de respuesta funcional ha sido observado frecuentemente en insectos acuáticos, como por ejemplo *Notonecta* alimentándose de larvas de mosquito (Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000). La respuesta de tipo III es sigmoideal, también responde al tipo de comportamiento que muestran los insectos acuáticos (Peckarsky, 1984 reportado por Pervez, 2005). Existe un incremento inicial en la tasa de consumo con el aumento de la densidad de presas hasta un punto de inflexión, en la cual comienza una desaceleración hasta alcanzar un plateau similar al que se da en la respuesta de tipo II (Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000).

La información empírica muestra que los sistemas predador-presa son estables, pero los modelos teóricos demuestran que las respuestas funcionales de tipo I y II no son estables (llevan a la extinción de la presa o a escapar del control de los predadores). Muchos autores han intentado explicar estas diferencias proponiendo modelos en los cuales la estabilidad se incrementa con la heterogeneidad espacial, la presencia de refugios o de presas alternativas (Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000). Cada una de estas condiciones puede promover estabilidad en la tasa de predación denso-dependiente, en la cual los predadores consumen presas cuando las

densidades de las mismas son altas que cuando son bajas. Por lo tanto, el predominio de respuestas funcionales inestables de tipo II reportadas para predadores acuáticos puede ser producto de las condiciones artificiales bajo las cuales fueron medidas (Peckarsky, 1984 reportado por Pervez, 2005).

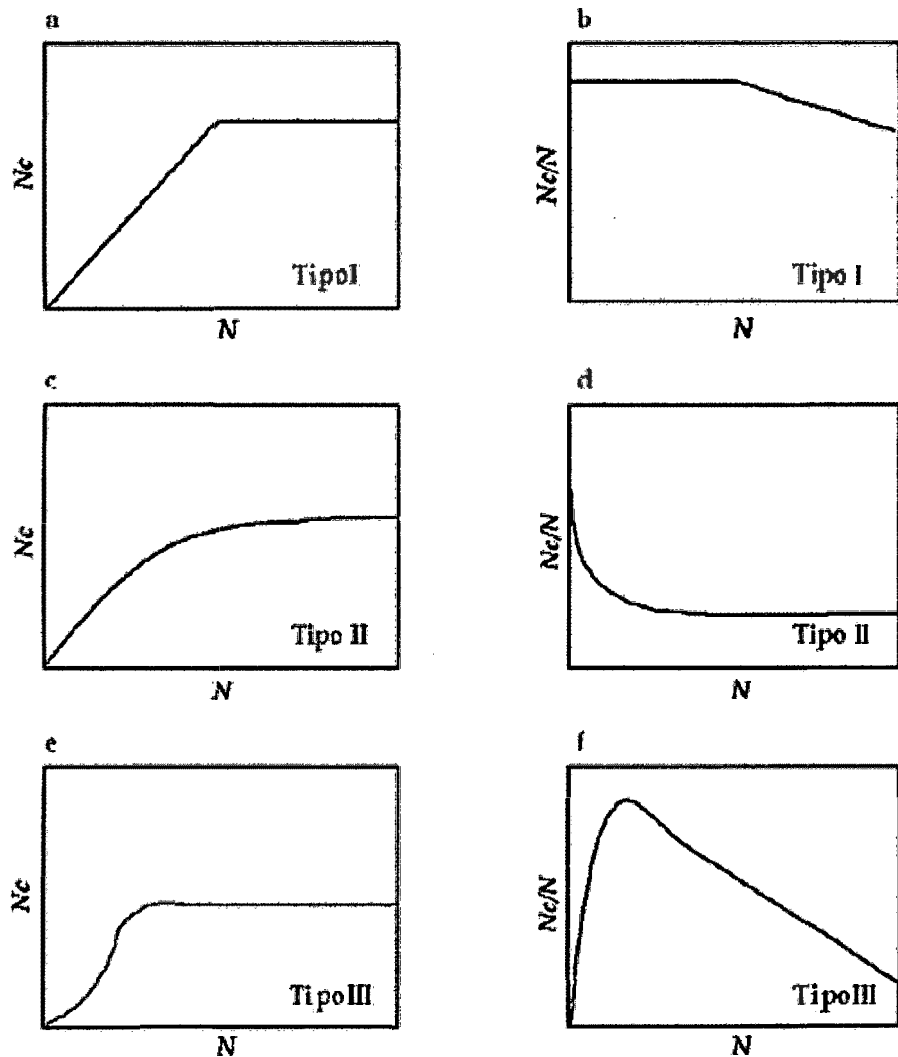


FIGURA No. 04: Los tres tipos de respuesta funcional más comunes. En a, c y e se muestra, para cada respuesta, la relación entre el número de presas consumidas por depredador (N_c) y el número de presas ofrecidas al depredador (N), mientras que en b, d y f, se muestra la relación entre la proporción de presas consumidas (N_c/N) y el número de presas ofrecidas al depredador. **FUENTE:** Adaptado de Juliano (1993), reportado por Fernández-Arhex y Corley, 2004.

Por ejemplo, la mayoría de los experimentos de respuesta funcional de insectos acuáticos predadores han sido realizados bajo condiciones de laboratorio en la cual la especie de predador es provista de sólo una especie de presa que es distribuida homogéneamente en el hábitat experimental. Estas condiciones artificiales produjeron curvas de tipo II que son inestables. Sin embargo, información recolectada en la cual las condiciones de laboratorio proveyeron hábitats heterogéneos, refugios para las presas, o presas alternativas, ajustaron a curvas estables de tipo III (Peckarsky, 1984 reportado por Pervez, 2005).

Aunque la mayoría de los insectos predadores son polípagos, la investigación de la conducta de predación, con la excepción de la permutación y estudios de forraje óptimos, tiende a concentrarse en las situaciones simples de predador-presa (Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

a) Población

Larvas de *Culex quinquefasciatus* colectadas en el contenedor de cemento ubicado en la Ciudad Universitaria (Pabellón de los laboratorios de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas - UNSCH) (Distrito de Ayacucho).

Larvas de *Chironomus sp.*, colectadas en las lagunas de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR-Totora) del Distrito de Jesús de Nazareno.

Ninfas y adultos de *Notonecta sp.*, colectados en la poza de almacenamiento de agua temporal para riego, ubicado en Canaán Bajo (Distrito de Ayacucho).

b) Muestra

- 30 insectos predadores del “chinche nadador de dorso” *Notonecta sp.*
- 3000 Larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*.
- 3000 Larvas de IV instar de *Chironomus sp.*

3.2. RECOLECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS MUESTRAS

Los chinches acuáticos *Notonecta sp.* (Insecta: Hemiptera) fueron colectados en las aguas contenidas en la poza de almacenamiento temporal para riego ubicado en Canaán Bajo (Coordenadas UTM: E 586474, N 8544000, 2754 msnm). Las larvas de los mosquitos *Culex quinquefasciatus* fueron criadas en aguas estancadas contenidas en el contenedor de cemento ubicado en la Ciudad Universitaria (pabellón de los laboratorios de Biología-FCB, UNSCH; Coordenadas UTM: E 584415N 8546458, 2799 msnm), en ambos casos la colecta del material biológico se llevó a cabo utilizando un muestreador *dipper* de 350 ml de capacidad. En caso de las larvas de *Chironomus sp.*, estas fueron colectadas de las aguas contenidas en las lagunas de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) "Totora", por medio de una red entomológica. Colectado el material biológico, las muestras fueron trasladadas utilizando baldes con tapa hermética hasta el laboratorio de Zoología (FCB, Ciudad Universitaria-UNSC), donde se llevó a cabo la identificación taxonómica de los insectos y la separación de los especímenes que fueron mantenidas en tres peceras de vidrio conteniendo agua provista de materia orgánica en descomposición (una para cada especie de insecto), hasta las pruebas de respuesta funcional y capacidad predadora.

Los adultos del chinche *Notonecta sp.*, (donde no se tomaron en cuenta la longevidad, tamaño, ni sexo), fueron mantenidas en el laboratorio hasta 48 h antes de las pruebas alimentadas con larvas del mosquito culícido; en tanto que las larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, fueron criadas con alimento para peces tropicales tipo hojuelas hasta obtener larvas de IV instar (tamaño promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* de 1.0 a 1.2 cm; *Chironomus sp.* 1.5 a 2.0 cm). Los experimentos fueron llevados a cabo bajo

condiciones ambientales de la sala de investigación del laboratorio de Zoología, de la Facultad de Ciencias Biológicas - UNSCH.

3.3. DETERMINACION DE LA RESPUESTA FUNCIONAL Y SUS PARÁMETROS CUANTITATIVOS

a) Respuesta funcional

A fin de establecer el tipo de respuesta funcional según los modelos matemáticos propuestos por Holling (1959) (ver Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000) y la tendencia de predación que desarrollaron los notonéctidos en el control de larvas de IV instar de los mosquitos *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, se dispuso de 26 recipientes de PVC de 1 L de capacidad conteniendo agua dechlorada. Posteriormente, a cada envase utilizado para las pruebas, se administraron números creciente de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, en proporción 1 : 1 y en las siguientes densidades: 5, 10, 15, 25, 35, 50, 75 larvas de cada insecto/recipiente. Los ensayos se realizaron con tres repeticiones y un control. Una hora después de haberse colocado las larvas en los recipientes, se introdujo un adulto del chinche *Notonecta sp.*, por envase, el cual fue seleccionado de la crianza mantenida en el laboratorio (ítem 3.1). Las lecturas se llevaron a cabo transcurrido las 24 h, contabilizándose el número de exuvias y/o larvas muertas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, consumidas por el predador en cada tratamiento y su respectivo blanco experimental. Con los datos obtenidos se confeccionaron gráficos relacionando la densidad de larvas de IV instar de *Culex Quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (X) ofrecidas vs. el promedio de larvas consumidas (Y). Para cada presa se elaboró un gráfico a fin de determinar el tipo de respuesta funcional que mejor se ajuste a los modelos matemáticos propuestos por Holling (1966): Modelo lineal, cóncavo o sigmoidea. El coeficiente

de determinación, R^2 , se utilizó como criterio de selección de los modelos que fueron examinados. Este último representa el nivel de relación existente entre las variables evaluadas. Aquellos modelos donde los valores del coeficiente de determinación se encuentren por debajo de 0.50 fueron descartados (ver Morales *et al.*, 2001).

Adicionalmente se estableció la capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque como parámetros cuantitativos de la respuesta funcional del predador *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, para lo cual se tomaron en cuenta los modelos matemáticos propuesto por Holling (1966) reportado por Zanuncio (2007), Fernández-Arhex y Corley (2004).

b) Capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque

Tomando en cuenta la ecuación básica de Holling (1966) (en Fernández y Corley, 2004) se estimarán los parámetros Capacidad de búsqueda o eficiencia de búsqueda (E_b), Tiempo de Manipuleo (T_h) y tasa de ataque (N_a) a través del método de cuadrados mínimos ordinarios para modelos no lineales, usando el paquete estadístico EXCEL 2007 (Fernández-Arhex y Corley, 2004). A fin de analizar la forma de la respuesta funcional y confirmar entre una curva de tipo II o de tipo III se ajustaron los datos a una gráfica de regresión polinómica de segundo grado con su respectiva regresión lineal, entre el número de presas ofrecidas (N_o) vs. la proporción de presas consumidas (N_a/N_o) para cada insecto en estado larval evaluado (Trexler *et al.*, 1988, ver en Fernández y Corley, 2004), generándose posteriormente la ecuación lineal:

$$y = b x + a$$

Donde:

y = Cantidad de presas atacadas/consumida.

x = Cantidad de presas consumidas.

b = Pendiente de la recta o eficiencia de búsqueda del predador (tasa de ataque).

a = Término independiente u ordenada al origen (larvas consumidas sobre densidad de larvas administradas).

b.1) Capacidad de búsqueda o eficiencia de búsqueda (*E_b*)

La eficiencia de búsqueda o capacidad de búsqueda fueron estimadas para cada presa a través de la fórmula propuesta por O'Neil y Stimac, 1988 (ver Zanuncio, 2007):

$$E_b = (N_a / N_o)$$

Donde:

E_b = Eficiencia de búsqueda.

N_a = Número de presas consumidas.

N_o = Número de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, ofrecidas.

b.2) Tiempo de manipuleo (*T_h*)

El tiempo de manipuleo (*T_h*) fue calculado para cada insecto presa a través de la "ecuación del disco" de Holling (1966) por el método no lineal de cuadrados mínimos y la aplicación de la siguiente fórmula (Rocha y Redaelli, 2004):

$$\text{Tiempo de manipuleo (Th)} = \frac{\text{Coeficiente de regresión pendiente } |b|}{\text{Capacidad de búsqueda (Eb)}}$$

b.3) Tasa de ataque (*N_a*)

Fue estimada para cada tratamiento de larvas de IV instar de las especies presas evaluadas, mediante la aplicación de la fórmula que se detalla a

continuación (Holling, 1966, en Zanuncio-Junior, 2007, Fernández-Arhex y Corley, 2004):

$$N_e = (aN_T)/(1 + aNT_h)$$

Donde:

N_e = Número de larvas predadas.

N_o = Densidad de la presa.

a = Tasa de ataque constante o tasa de búsqueda instantánea(= b).

T = Tiempo para contacto entre la presa y el predador.

T_h = Tiempo de manipulación de la presa.

3.4. CAPACIDAD DE PREDACIÓN

El índice de predación (capacidad de predación), fue estimada tomando en cuenta los resultados de presas consumidas, transcurrida las 24 h de evaluación, estimándose la Tasa de predación (ataque) o Clearance Rate (CR = número de presas/h/predador) de *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, un indicador de la eficacia predatora de un organismo. Los valores del CR, fueron estimados a través de la aplicación de la fórmula original propuesta por Gilbert y Burns (1999) modificada por Chandra *et al.* (2008);

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

Donde:

V = Volumen de agua (en litros).

\ln = Logaritmo neperiano o natural.

P = Número de presa muertas/consumidas.

T = Tiempo de duración del ensayo, 24 h.

N = Número de predadores.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño experimental fue adecuado a un factorial de A x B; donde A=Especies, B=Densidades.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos generados en las pruebas experimentales se graficaron curvas de tendencia central que representan el tipo de respuesta funcional que desarrollan los notonéctidos en el consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*; así mismo se calcularon los parámetros cuantitativos de respuesta funcional y capacidad predadora los que son reportados en tablas y gráficos. Finalmente se estableció la preferencia trófica del predador *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, para lo cual los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, en tanto que las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5% usando el procedimiento del paquete estadístico SPSS 15.

IV. RESULTADOS

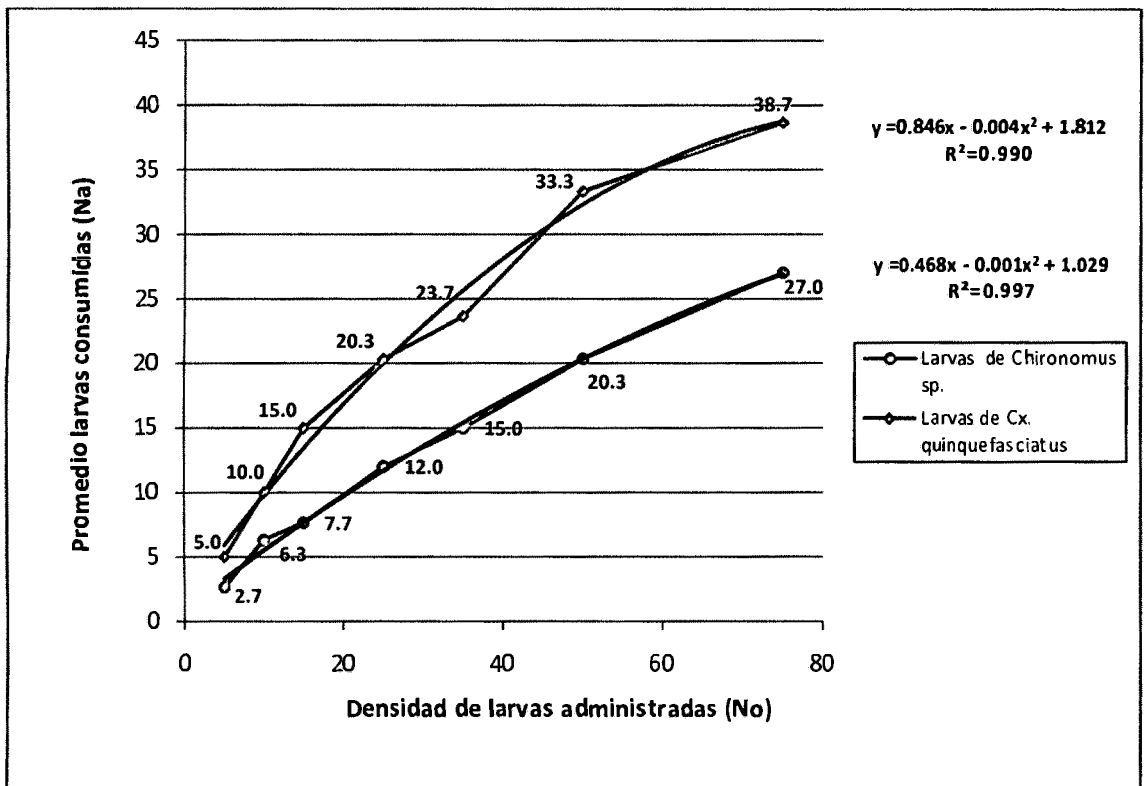


FIGURA No. 05: Respuesta funcional (TIPO II) desarrollada por el predador *Notonecta sp.*, a diferentes densidades larvales (IV instar) de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, en condiciones de laboratorio.

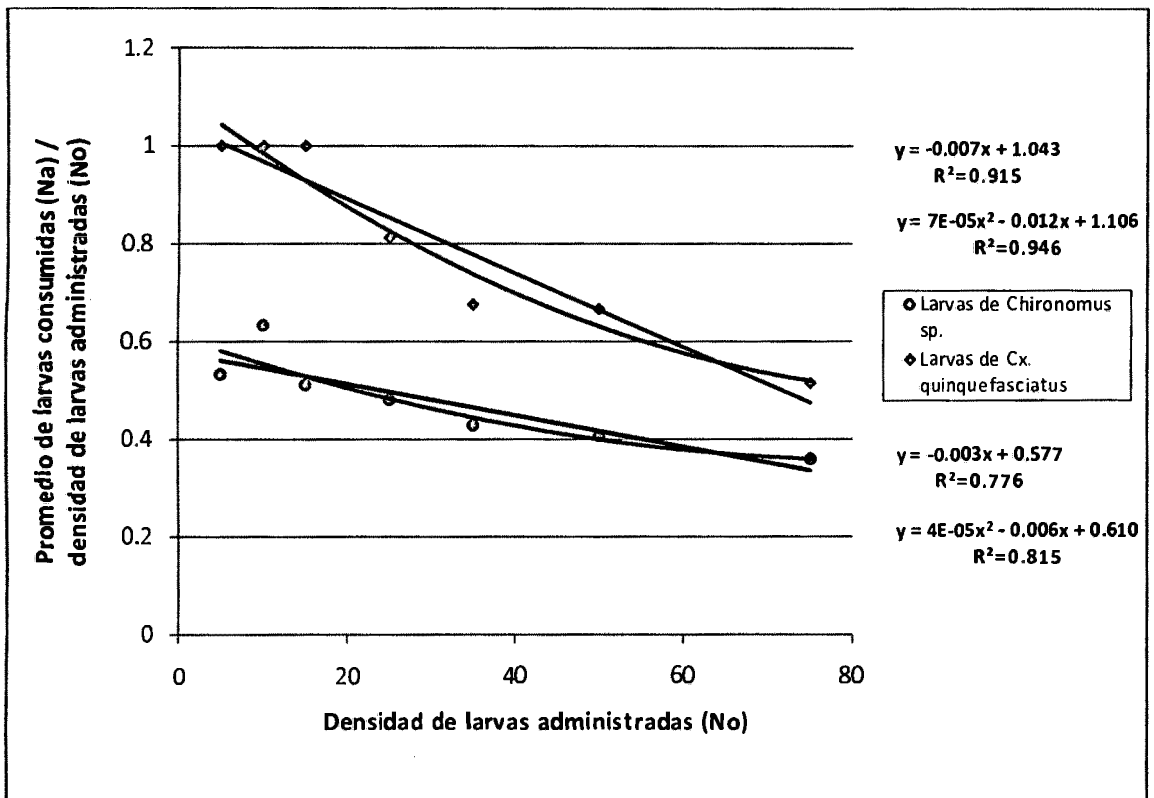


FIGURA No. 06: Relación entre la proporción de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironmus sp.* (N_a/N_0) consumidas por el predador *Notonecta sp.*, y el número de presas ofrecidas (N_0).

TABLA No. 01: Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de *Notonecta sp.* (Hemíptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), en condiciones de laboratorio.

Densidad larval (N_0)	\bar{X} larvas consumidas (N_s)	Capacidad de búsqueda (E_b) [*]	Tiempo de manipuleo (T_h) (por Seg)	Tasa de ataque (%Ne)	Capacidad de predación (CR) [*]
5	5.00	1.00	0.007 (25.20)	0.84	0.07
10	10.00	1.00	0.007 (25.20)	1.68	0.10
15	15.00	1.00	0.007 (25.20)	2.52	0.11
25	20.33	0.81	0.009 (30.98)	4.19	0.13
35	23.67	0.68	0.010 (37.27)	5.87	0.13
50	33.33	0.67	0.011 (37.80)	8.37	0.15
75	38.67	0.52	0.014 (48.88)	12.51	0.15

CR = número de presas/h/predador.

(*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales.

TABLA No. 02: Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de *Notonecta sp.* (Hemíptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Chironomus sp.* (Díptera: Chironomidae) bajo condiciones de laboratorio.

Densidad larval (N_0)	\bar{X} larvas consumidas (N_a)	Capacidad de búsqueda (Eb)*	Tiempo de manipuleo (Th) (por Seg)	Tasa de ataque (%Ne)	Capacidad de predación (CR)*
5	2.67	0.53	0.006 (20.25)	0.36	0.04
10	6.33	0.63	0.005 (17.05)	0.72	0.08
15	7.67	0.51	0.006 (21.13)	1.08	0.08
25	12.00	0.48	0.006 (22.50)	1.80	0.10
35	15.00	0.43	0.007 (25.20)	2.52	0.11
50	20.33	0.41	0.007 (26.56)	3.60	0.13
75	27.00	0.36	0.008 (30.00)	5.39	0.14

CR = número de presas/h/predador.

(*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales.

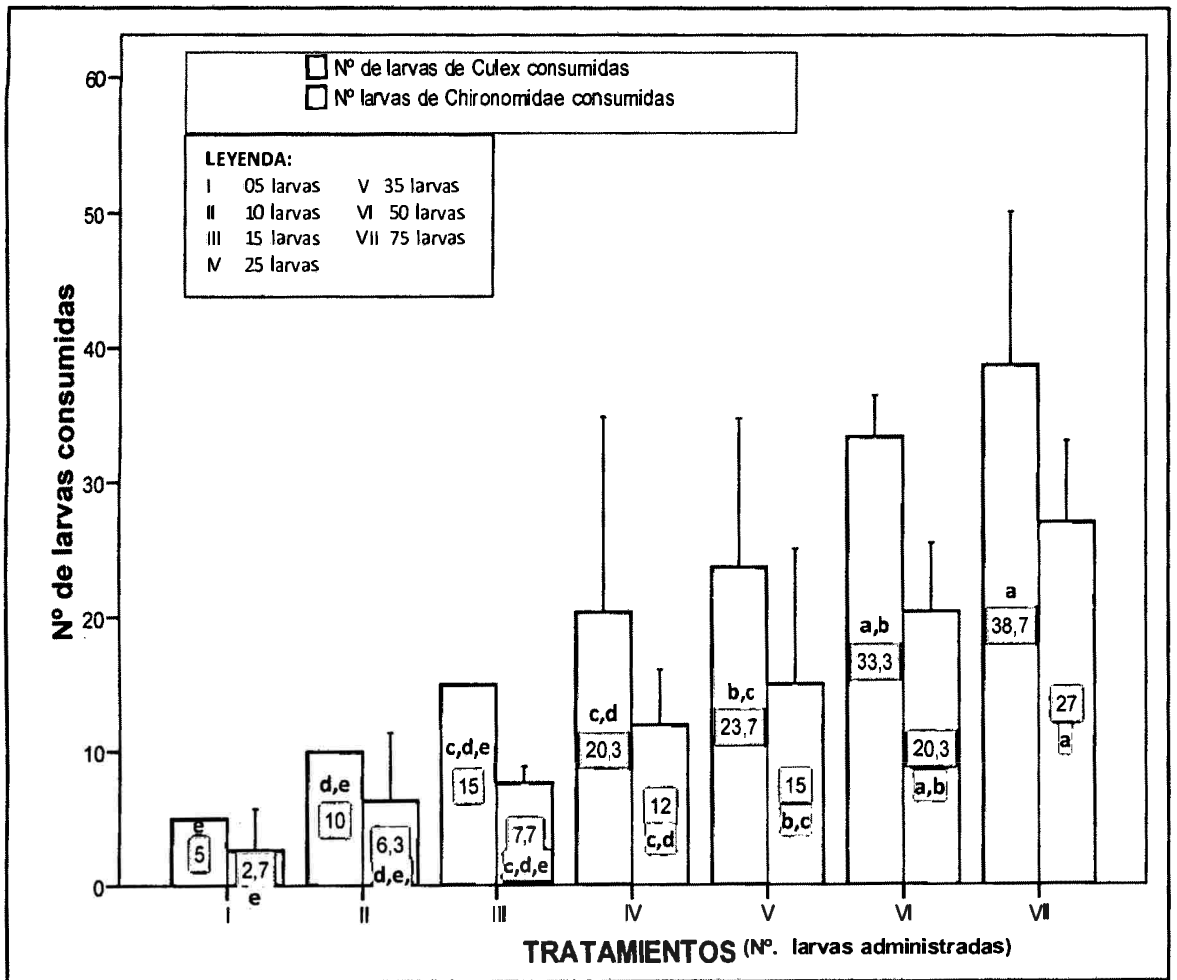


FIGURA 07: Consumo promedio de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número de larvas ofrecidas (tratamientos), bajo condiciones de laboratorio.

❖ Medias signadas con letras diferentes y del mismo color en las columnas difieren entre sí por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

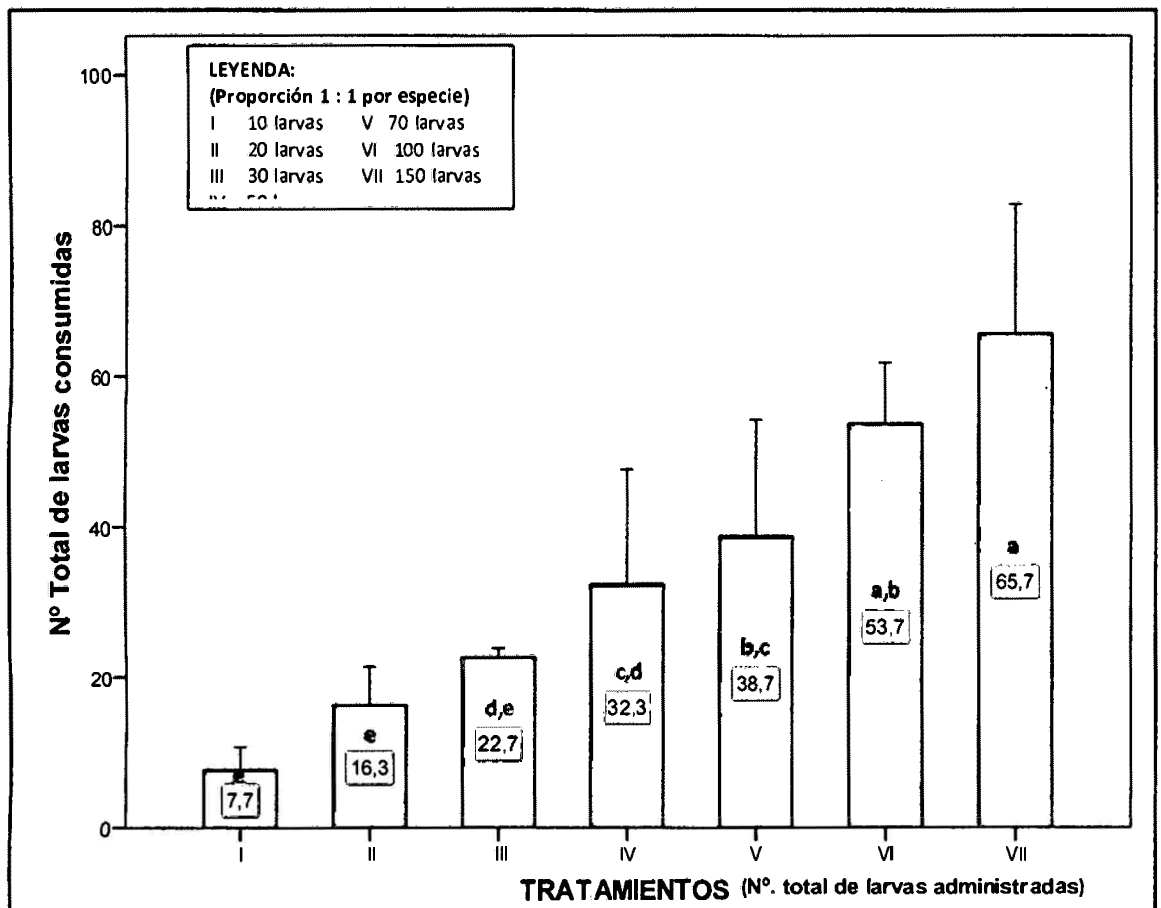


FIGURA 08: Promedio total de larvas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número total de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, ofrecidas (tratamientos), en condiciones de laboratorio, 24 h de exposición.

❖ Medias signadas con letras diferentes en las columnas difieren entre sí por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

V. DISCUSIÓN

Los notonéctidos, una de las principales familias de insectos Hemípteros con potencial para controlar larvas de los mosquitos, es sin duda el grupo que mejor atención valorada tiene en los programas de control biológico, son considerados como el más voraz de los predadores entre todos los hemípteros evaluados (Andrade y Urbano Dos Santos, 2004).

Pese a que desarrollan alta voracidad en el consumo de larvas de mosquitos, muchas de sus características de comportamiento intra e interespecífico, se mantienen desconocidas; el presente trabajo contribuye en dar algunos alcances sobre su capacidad predadora y respuesta funcional en presencia de dos presas *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, a fin de optimizar su uso y aprovechamiento en programas de control biológico.

5.1. TIPO DE RESPUESTA FUNCIONAL

De los datos logrados en la presente investigación podemos establecer que el chinche “nadador de dorso” *Notonecta sp.*, presenta una respuesta funcional modelo tipo II de características cóncavas en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (Fig. 05), con un coeficiente de correlación de 0.990 y 0.997, respectivamente, para cada una de las presas

evaluadas, tipo de respuesta que responde al modelo descrito inicialmente por Holling (1966), reportado por Pervez (2005), Begon *et al.*, (2000) y Fernández y Corley (2004). Al evaluar la proporción de presas consumidas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, (N_a/N_o) por el predador notonéctido vs el Número de presas ofrecidas (N_o) según lo planteado por Fernández y Corley (2004) (Fig. 04), se confirma la tendencia de la respuesta funcional tipo II hallada en la Fig. 05, con un coeficiente de correlación de 0.915 para las larvas de *Culex quinquefasciatus* y 0.946 para las larvas de *Chironomus sp.*, demostrándose que el predador *Notonecta sp.*, tiene posibilidades de consumo de las dos presas ofertadas y que el tipo de respuesta hallada, resulta en un incremento desacelerado de consumo a medida que aumentan las presas administradas, hasta llegar a una asíntota en la cual el predador expresa la máxima tasa de ataque. A esa densidad, el tiempo disponible por *Notonecta sp.*, es utilizado para manipular su presa (*Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*), y el tiempo de búsqueda de la presa resulta despreciable (Fernández y Corley, 2004), dando como resultado un consumo densodependiente inverso a altas densidades poblacionales y una menor posibilidad de ser atacadas las presas cuando están en bajas cantidades (Begon *et al.*, 2000, Fernández y Corley, 2004), característica que es apreciable en la presente investigación, en la que la proporción de presas consumidas decrece monotónicamente. Según Chesson (1989) referido por Begon *et al.*, 2000, este tipo de respuesta funcional, ha sido observada frecuentemente en insectos acuáticos, como por ejemplo *Notonecta* alimentándose de larvas de mosquitos. Ayala (2009), reporta que la capacidad predatora de *Notonecta sp.*, sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* en presencia y ausencia de refugio (*Arracharis sp.*), en Ayacucho responde a un modelo tipo II similar a la hallada en nuestra investigación con un coeficiente de correlación de 0.755 y 0.738, respectivamente para cada tratamiento, resultados

de evaluaciones llevadas a cabo cada 03 h por 24 h en condiciones de laboratorio. Chesson (1989) reportado por Begon *et al.*, (2000), menciona que las respuestas tipo II no son estables, ya que llevan a la extinción de la presa o a escapar del control de los predadores.

A la luz de los resultados hallados en la presente investigación (Fig. 05 y 06), la presencia de dos presas (larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*), estaría induciendo al predador notonéctido a tener mayor preferencia y/o selectividad por larvas de los mosquitos culícido y en consecuencia menor consumo de larvas de quironómidos, tal como se aprecian en las figuras señaladas.

Muchos autores han intentado explicar estas diferencias proponiendo modelos en los cuales la estabilidad se incrementa con la heterogeneidad espacial, la presencia de refugios o de diferentes presas alternas (Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000), sin embargo estas condiciones puede promover a estabilizar la tasa de predación denso-dependiente, en el cual los predadores consumen presas cuando las densidades de las mismas son altas que cuando son bajas. Por lo tanto, el predominio de respuestas funcionales inestables de tipo II reportadas para predadores acuáticos puede ser producto de las condiciones artificiales bajo las cuales fueron medidas (Peckarsky, 1984 reportado por Pervez, 2005).

La respuesta funcional es central para cualquier descripción sobre depredación o parasitismo, precisamente porque el número de presas consumidas determina el desarrollo, supervivencia y reproducción de los depredadores o parasitoides (Oaten y Murdoch, 1975 reportado por Pervez, 2005). Sirve también para evaluar la potencialidad de agentes de control biológico de plagas (ver Fernández y

Corley, 2003). Por ejemplo, permite conocer la densidad asintótica (de saturación) de presas, más allá de la cual se incrementa la probabilidad de escape (Begon *et al.*, 2000). También permite entender relaciones coevolutivas depredador-presa e inferir acerca de los mecanismos etológicos básicos implícitos en dichas interacciones (Houck y Strauss, 1985). Por lo planteado y a la luz de los resultados obtenidos en presente investigación, se asume que el chinche notonéctido al ser un depredador generalista con espectro amplio en consumo de presas, tendría preferencia por larvas de los mosquitos culícidos, sin embargo, al compartir el mismo nicho ecológico con las larvas de los quironómidos, estas serían presas alternas que garantizarían el desarrollo, supervivencia y reproducción de dichos depredadores.

5.2. PARAMETROS CUANTITATIVOS DE LA RESPUESTA FUNCIONAL

La Tabla No. 01 reporta los parámetros cuantitativos de la respuesta funcional que desarrollaron los notonéctidos en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus*. Se tiene que para la *Capacidad de Búsqueda (Eb)*, el “chinche nadador de dorso” es eficaz y eficiente en la ubicación de sus presas (100%) a bajas densidades larvales (5, 10 y 15 larvas/predador). Cuando el número de presas ofertadas es mayor (25, 35, 50 y 70 larvas/predador), esta capacidad disminuyó progresivamente de 81 a 52%, en 24 h de evaluación. Similar comportamiento se aprecia en los chinches notonéctidos en su afán de ubicar las larvas de *Chironomus sp.* (Tabla No. 02), a bajas densidades larvales (5, 10 y 15 larvas/predador), *Notonecta sp.*, documenta alta capacidad *Eb* (63 a 51%). Cuando se incrementa el número de presas (25, 35, 50 y 70 larvas/predador) disminuye con la misma tendencia esta capacidad de 48 a 36%. Este comportamiento es justificable en ambos casos, pues a menor cantidad de larvas ofertadas es mayor el esfuerzo que desarrollan los notonéctidos por ubicar

sus presas, por lo tanto cuando se incrementa el número de larvas, se minimiza esta conducta en razón de que existe un menor espacio de volumen de agua que compartir, lo que induce a que el insecto entre en relajamiento y disminuya su capacidad *Eb*. Sin embargo, se denota del análisis de los resultados clara preferencia por la búsqueda de larvas de los mosquitos culícidos. Esto podría deberse a que notonecta captura sus presas de preferencia cuando se encuentran en movimiento y nadando libremente en el agua contenida en los recipientes de evaluación como sucede con las larvas de los culícidos, quienes al tener un sifón respiratorio tienden a salir al espacio abierto para respirar, exponiéndose a la rápida captura por el predador, mientras que las larvas de los quironómidos normalmente reposan en la base de los recipientes y raramente en la superficie del agua con escaso movimiento y respirando por vía cutánea, lo que estaría limitando las posibilidades de ser capturados y ser presa fácil para el chinche. Al respecto Andrade y Urbano dos Santos (2004), reportan que 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, concordante con los resultados hallados en nuestra investigación.

Ayala (2009), señala que el chinche notonéctido a bajas densidades larvales de los mosquitos culícidos (5 a 10 presas) demostró alta *capacidad de búsqueda (Eb)* (73 a 67% en "ausencia de refugio" y 87 a 40%, en "presencia de refugio"); en tanto que, cuando las ofertas larvales se incrementaron (75 a 100 larvas/predador) esta capacidad se vio disminuida (9 a 6% y 7 a 5%, respectivamente), comportamiento similar a los reportados en la presente investigación para el insecto en estudio, demostrando además que un ambiente heterogéneo, como el simulado en dicho experimento con la incorporación de

Arrcharis sp. "elodea", estaría distrayendo y limitando la actividad predatora de los notonectidos al proporcionarles refugio que permite que escapen las presas, lo que justificaría en parte los valores menores hallados en dicha experiencia en comparación a lo que reportamos.

Andrade y Urbano Dos Santos (2004), manifiesta que fueron observadas en laboratorio que los notonéctidos del género *Buenoa* mostraron 4 formas diferentes de ataque a larvas del mosquito *Culex sp.*, ofertadas diariamente durante un experimento. Estos notonéctidos atacaron a todos los estadios de larvas y apenas en una sola vez el predador capturó a la larva, matándola y enseguida liberándola sin consumirla. Notonectidos en campos de arroz pueden reducir cerca del 80% del número de pupas de varias especies de mosquitos, siendo los individuos del género *Notonecta* y *Buenoa* los más frecuentes en esos ambientes.

El *Tiempo de Manipuleo (Th)*, nos demuestra que los chinches notonéctidos tardan entre 25.20 a 48.88 seg. en manipular una larva de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, tiempo que involucra perseguirla, matarla, comerla y digerirla a la presa, tal como lo manifiesta Holling (1959) reportado por Pervez (2005), comportamiento que guarda relación con el incremento de presas, y que como se aprecia, es mayor cuando las ofertas larvales son elevadas, demostrándonos que los notonéctidos ocupan su tiempo en distraerse con sus presas manipulándolas o jugando con ellas, menos en matarlas como una respuesta innata a su carácter predator aprendido por generaciones (Tabla No. 01). En caso de las larvas de *Chironomus sp.*, el predador *Notonecta sp.*, tarda entre 20.25 a 30 seg., en manipular una presa, tiempo que se incrementa similar que en el caso anterior, conforme son adicionados las densidades larvales evaluadas (Tabla No. 02). Las diferencias en el *Tiempo de Manipuleo* reportados, son

explicables si tomamos en cuenta el tamaño de las larvas, así se tiene que el promedio en las larvas de *Culex quinquefasciatus* fue de 1.0 a 1.2 cm; en caso de *Chironomus sp.*, el tamaño de las larvas osciló entre 1.5 a 2.0 cm. Este factor probablemente este contribuyendo a los bajos tiempos de manipuleo hallados encaso de las larvas de quironómidos, pues es lógico pensar que cuanto más grande la presa mayor probabilidad de ser capturado rápidamente, caso opuesto hallamos en las larvas de los culícidos, por ser más pequeñas incrementan el *Th*, dificultando la predación por los notonéctidos. En consecuencia, tiempos de manipulación largos conducen a bajas tasa de ataque y viceversa (Hassell 2000, en Fernández y Corley, 2004), lo que refuerza la tesis que el “chinche nadador de dorso” ocupa el mayor tiempo, aun cuando existen altas densidades de las presas, en manipularlas y distraerse con las mismas. Datos que concuerdan con los hallados por Ayala (2009), quien establece que el chinche *Notonecta sp.*, requiere de 23.38 min para predar un total de 38 larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, mostrando un rango de 3.25 a 60.43 min en la manipulación de presas a espacios de 3 h por 24 h de evaluación. Debemos precisar que los tiempos de predación que se reportan en la presente investigación son resultados de 24 h de evaluación por densidad larval y no así de cada 03 h como lo planteó el citado autor, razón básica que sería la causa por la que se reportan menores tiempos de *Th* en comparación a las halladas por Ayala (2009).

La *Tasa de Ataque* (%Ne) relaciona y resume sintéticamente los parámetros cuantitativos de la respuesta funcional. Según los resultados hallados en este parámetro (%Ne), cuyos valores son reportados en la Tabla No. 01, *Notonecta sp.*, documenta una tasa creciente de ataque que va de 0.84 a 12.51% en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, valores que son proporcionales a las densidades larvales evaluadas (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 70

larvas/predador). Similar comportamiento se aprecia en el ataque que desarrollan los notonéctidos a larvas de quironómidos, donde el %Ne oscila entre 0.36 a 5.39%, ocurriendo progresivo incremento de la tasas de ataque conforme se aumentan las densidades larvales (Tabla No. 02). Es decir que, el %Ne que muestra el predador notonéctido a bajas ofertas larvales, hace que estos ocupen un mayor tiempo en la búsqueda de estos organismos y por consecuencia dispongan de menores tiempos de manipulación, voracidad que los consolida a este nivel como los mejores candidatos a ser incluidos en programas de control biológico de larvas de mosquitos culicidos y quironómidos; sin embargo cuando las densidades son mayores, este mismo predador reporta tasas de ataque (%Ne) elevadas, pero reduce su capacidad de búsqueda en razón de que existe una mayor disponibilidad de presas en el ambiente y por consecuencia se incrementa el tiempo de manipuleo de las larvas, donde el predador ocupa un mayor tiempo en perseguirlas presas, matarlas, comerlas y digerirlas (Holling, 1959 reportado por Pervez, 2005), hecho que reafirma la tesis de que estos insectos a menores densidades larvales son más eficientes en el control de larvas de mosquitos que en densidades elevadas.

5.3. CAPACIDAD PREDADORA (CR)

Sin lugar a dudas, este parámetro es el que mejor relaciona la eficiencia y efectividad de un controlador biológico en el control de una población de insectos. De los resultados hallados (Tablas No. 01 y 02), se desprende que *Notonecta* sp., desarrolla capacidad predadora creciente conforme se incrementan las densidades larvales de *Culex quinquefasciatus*, así para las densidades de 5, 10 y 15 larvas/predador, la CR oscila entre 7 y 11% larvas predadas/h/predador, llegando a ser constantes a partir de las densidades 25 y 35 larvas/predador (13% larvas predadas/h/predador de CR), así como en las

densidades de 50 y 75 larvas/predador ($CR = 15\%$ larvas predadas/h/predador). Similar comportamiento se documenta cuando los notonéctidos predatan las larvas de *Chironomus* sp., reportándose una capacidad CR que va de 4 a 8% larvas predadas/h/predador, a las densidades de 5, 10 y 15 larvas administradas, en tanto que a partir de las densidades de 25, 35, 50 y 75, el porcentaje de predación se mantiene casi constante entre 10 y 14% larvas/h/predador. Demostrándonos para ambas presas (larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus* sp.), que el “chinche nadador de dorso” desarrolla una respuesta funcional que responde al modelo tipo II, de características cóncavas y de consumo de larvas densodependiente inversa. Es decir que el predador notonéctidos desarrolla bajos niveles de CR en densidades larvales bajas, incrementando esta característica cuando son incrementados el número de larvas ofrecidas, hasta llegar a una asíntota donde a pesar de existir un mayor número de presas la capacidad CR se mantiene constante. Ayala (2009), reporta que el chinche *Notonecta* sp., a las 24 h de evaluación desarrolla capacidad CR de 16 y 15% larvas predadas/h/predador, en “ausencia” y “presencia de refugio” respectivamente en el consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus*, valores que son próximos a los hallados en nuestro experimento. De igual forma, Chandra et al., 2008, analizando la CR para *Acilius sulcatus* en la predación de larvas de *Culex quinquefasciatus* del IV instar, demostraron que los coleópteros ditiscidos consumen entre 13.59 y 20.09 larvas/h/predador, reafirmando el hecho que el notonéctido evaluado resulta ser un potencial controlador biológico en ambientes acuáticos donde viven precisamente las larvas de los mosquitos culícidos y quironómidos.

El análisis de varianza (Anexo No. 03) para el conjunto de datos obtenidos en la capacidad predatora que desarrolla el chinche *Notonecta* sp., en el consumo de

larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp*, documenta que existen diferencias altamente significativas ($P=0.00$), para el número de larvas consumidas. En tanto que, cuando se comparan las medias para demostrar que presa es la que consumió en mayor cantidad el chinche notonéctido, la prueba de Tuckey ($P\leq 0.05$) nos demuestra que existe mayor preferencia por larvas de *Culex quinquefasciatus* en comparación a las de *Chironomus sp*. (Anexo No. 04, Fig. 07), de lo que podemos reafirmar tal como lo indican Andrade y Urbano dos Santos (2004), Quiroz-Martínez *et al.* (2005), Ayala (2009) y otros investigadores que, el chinche *Notonecta sp.*, pese a ser un predador generalista tienen preferencia marcada por larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* sin dejar de lado que parte de esta dieta puede ser compensada con el consumo de larvas de *Chironomus sp*. Este comportamiento alimenticio podría deberse a que los notonectidos prefieren capturar presas que nadan libremente en el agua y por consecuencia se hallan en constante movimiento (como ocurre con las larvas de los mosquitos culícidos), sin embargo, pueden optar por otras presas como las larvas de *Chironomus sp.*, consumiéndolas posiblemente más por el tamaño (son relativamente grandes en comparación a las larvas de los mosquitos culícidos) que por el movimiento que desarrollan (tal como se analizan en los ítems 5.1 y 5.2).

Al comparar el promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas por *Notonecta sp.*, en cada uno de los tratamientos (densidades larvales administradas) (Anexo No. 04), la prueba de Tuckey ($P\leq 0.05$), demuestra que existe similar media de consumo en las densidades de 75 y 50 larvas/predador (a, ab respectivamente), mostrándonos además que a esas densidades ocurrió el mayor número de larvas extinguidas (Fig. 07 y 08). Este comportamiento no solamente se observa a las densidades señaladas, pues si analizamos en los

otros tratamientos apreciamos que el promedio de larvas predadas guarda proporcionalidad creciente en todos los casos conforme se incrementan los suministros larvales. Al respecto la prueba de Tuckey ($P \leq 0.05$) demuestra que es similar el promedio de larvas que se predata en la densidad de 5 y 10 (e, de), o que aquella que se consume en el tratamiento 25 y 35 larvas/predador (cd, bc). Similar comportamiento se aprecia al evaluar los promedios de consumo de larvas de *Chironomus sp.*, por *Notonecta sp.*, a la densidad de 75 y 50 larvas/predador se documentan medias equivalentes en la predación (a, ab respectivamente por la prueba de Tuckey, $P \leq 0.05$), la misma tendencia creciente se observa en los otros tratamientos guardando proporcionalidad conforme se incrementan las presas (Fig. 08). Hecho que confirma una vez más que los notonéctidos pueden predar tanto larvas de culícidos como de quironómidos indistintamente, teniendo mayor preferencia por larvas de *Culex quinquefasciatus*.

Ayala (2009), demostró a través del análisis de varianza ($P \leq 0.05$) que existen diferencias significativas en cuanto a los tratamientos y las densidades consumidas por notonecta en el control de larvas de *Culex quinquefasciatus*. Al comparar las medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), estableció que la cantidad de presas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, es similar en todas las densidades evaluadas no existiendo diferencias significativas entre ellas, resultados que son similares a los hallados en nuestra investigación. Quiroz *et al.* (2005), demostraron en México (Nuevo León) que el insecto acuático más prometedor y considerado como el mejor prospecto en programas de control biológico de *Aedes aegypti* e insectos afines, son los "chinchas nadadoras de dorso": *Boenascimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata* ya que fueron los

depredadores con más altas capacidades de búsqueda y capacidad de predación.

De los resultados hallados en la presente investigación, se desprende que los chinches notonéctidos desarrollan una respuesta funcional de tipo II de características cóncavas, con alta capacidad de búsqueda y bajos tiempos de manipuleo a densidades larvales bajas y tasas de ataque proporcionales al aumento de presas, la capacidad predatora es creciente conforme se incrementan las densidades larvales de sus presas, teniendo preferencias en todos estos parámetros por el consumo de larvas principalmente de mosquitos culícidos sin dejar de lado presas alternas como las larvas de quironómidos. Adicionalmente, estos predadores estarían desarrollando habilidad adaptativa a los cambios en las condiciones físicas del medio ambiente, capacidad de búsqueda particularmente a bajas densidades del hospedero/presa que demuestra la alta preferencia por un determinado hospedero/presa (en este caso larvas de *Culex quinquefasciatus*), tal como lo señalan Huffaker *et al.* (1971) y (1977), Rodríguez Del Bosque (2007), que ponen en evidencia su alto potencial biológico a ser considerado en programas de control biológico de larvas de mosquitos como los culícidos y quironómidos.

VI. CONCLUSIONES

1. *Notonecta sp.*, desarrolla mayor capacidad de búsqueda de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* en comparación a las de *Chironomus sp.*, a bajas densidades, con tiempos de manipuleo que van entre 25.20 a 48.88 seg. para larvas culícidas y 20.25 a 30 seg. en quironómidos, conforme se incrementan las densidades con una tasa de ataque que va de 0.84 a 12.51% y 0.36 a 5.39% respectivamente, valores que son proporcionales al incremento de presas evaluadas.
2. El insecto hemíptero *Notonecta sp.*, desarrolla respuesta funcional de tipo II, de características cóncavas en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, con un índice de determinación de 0.990 y 0.997 respectivamente, siendo directamente proporcional al incremento de larvas, teniendo mayor probabilidad de atacar a sus presas a bajas densidades.
3. *Notonecta sp.*, predata con mayor preferencia larvas de *Culex quinquefasciatus* que las de *Chironomus sp.*, con capacidad predadora proporcional al incremento de presas (7 a 15% de predación/h/predador para larvas culícidas, en tanto que para las larvas de quironómidos de 4 a 14% de larvas predadas/h/predador).

4. *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, presenta una mayor preferencia por larvas de *Culex quinquefasciatus* en comparación a las de *Chironomus sp.*

VII. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar pruebas de respuesta funcional y capacidad predadora de los notonéctidos en presencia de diferentes presas y plantas refugio, a fin de establecer su real eficiencia y eficacia en el control de insectos culícidos de importancia médica en la región.
2. Realizar investigaciones que promuevan la reproducción masiva de los notonéctidos en condiciones de laboratorio, a fin llevar a cabo pruebas de campo con liberaciones masivas de estos insectos para el control de larvas de mosquitos culícidos y evaluar su eficiencia en condiciones naturales.
3. A fin de evaluar la competencia interespecífica que pueda suceder en presencia de varios controladores biológicos, sugerimos llevar a cabo pruebas de laboratorio en el control de larvas de mosquitos culícidos y evaluar las diferencias a fin de seleccionar el mejor controlador biológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ali A, Lobinske RJ, Leckel Jr. RJ, Carandang N, Mazumdar A. Population survey and control of Chironomidae (Diptera) in wetlands in Northeast Florida, USA. *Florida Entomologist*. September 2008; 91(3): 446-452. Disponible en: <http://www.fcla.edu/FlaEnt/fe91p446.pdf>
2. Ali A. Perspectives on management of pestiferous Chironomidae (Diptera), an emerging global problem. *J Am Mosq Control Assoc*. 1991; (7): 260-28.
3. Andrade CF y Urbano dos Santos LO Uso de predadores no controle biológico de mosquitos, com destaque aos *Aedes*. Departamento de Zoología. Instituto de Biología. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Brasil. 2004. Disponible en: <http://www.pdfpdf.com/0.htm>
4. Ayala YO, Carrasco CE, Portal E, Arones M. Caracterización taxonómica, aspectos ecológicos de la familia Simuliidae y Culicidae y respuesta toxicológica frente a extractos de *Schinus molle* “molle” y *Apium sp.* “culantrillo”. Ayacucho 2006. Informe final. Instituto de Investigación de Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú; 2006. p. 1-55.
5. Ayala YO. Capacidad predatora 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 la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 2007. 54 pp.
6. Begon M, Harper JL, Townsend CR. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega. Barcelona-España. 2000.
7. Bence JR. Indirect Effects and biological control of mosquitoes by mosquito fish. *The J Ap Ecolg*. 1998; 25 (2): 505-521.
8. Chandra G, Mandal SK, Ghosh AK, Das D, Banerjee SS, Chakraborty S. Biocontrol of larval mosquitoes by *Acilius sulcatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *BMC Infectious Diseases* 2008, 8:138.
9. Chapman HC. Biological Control of Mosquito Larvae. *Annu. Rev. Entomol*. 1974; 19: 33-59.
10. Chinery M. *Guía de los insectos de Gran Bretaña y Europa occidental*. Collins. 1986. ISBN 0-00-219137-7.

11. Coffman WP, Ferrington Jr. LC. Chironomidae. In: Merritt RW, Cummins KW, eds. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. USA. 1996. p. 635-754.
12. De Bach P. Biological control by natural enemies. Cambridge Univ. Press. 1977. p. 323.
13. De La Rosa J. Especies de insectos acuáticos de interés especial. *En: Informe Final de la Región Occidental de la Cuenca del Canal. Consorcio TLBG / UP / STRI. Panamá. 1997. pp. 441-444. Disponible en: <http://www.pancanal.com/esp/cuenca/rocc/6-9.pdf>, fecha de ingreso: 09/dic./2010*
14. Fernández-Arhex V, Corley JC. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. Ayuda didáctica. *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral 2004; (14):83-93.*
15. 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. 2005. Disponible en: <http://www.carm.es/cma/dgmn/mnatural/Humedal/publica/mosquito.pdf>
16. Harwood RF, James MT. Entomología médica y veterinaria. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México; 1987. p. 615.
17. Houck MA, Strauss RE. The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation. *Can Entomol.*1985; (117):617-629. Disponible en: http://www.insectscience.org/5.5/Pervez_and_Omkar_JIS_5_5_2005.pdf
18. Huffaker CB, Luck RF, Messenger PS. The ecological basis of biological control. *Proc. XV Internat. Cong. Entomol., Washington, D.C. Aug. 19-27, 1977. pp. 560-586.*
19. Huffaker CB, Messenger PS, De Bach P. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. Huffaker CB (ed.). *In Biological Control. Plenum Press, New York.*1971. pp. 16-67.
20. 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.

21. Kay BH, Cabral CP, Sleigh AC, Brown MD, Ribeiro ZM, Vasconcelos AW. Laboratory evaluation of Brazilian *Mesocyclops* (Copépoda: Cyclopoidae) for mosquito control. *J Med Entomol.*1992; 29(4):599-602
22. Lacey LA y Orr BK. The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. *Am J Trop Med Hyg.*1994; 50(6-Suppl.):97-115.
23. Lee DK. Predation efficacy of the fish muddy loach *Misgurnus mizolepis*, against *Aedes* and *Culex* mosquitoes in laboratory and small rice plots. *J. Am Mosq Control Assoc.* 2000; 16(3): 258-261.
24. Lima JB, De Melo NV, Valle D. Residual effect of two *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* products assayed against *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) in laboratory and outdoors at Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Inst Med Trop.* 2005; 47 (3):125-130.
25. Marquardt WC, Demaree RS, Grieve RB. Parasitology vector biology. Second Edition. Academia Press. San Diego, California USA; 2000.
26. Mercer DR, Wettach GR, Smith JL. Effects of larval density and predation by *Toxorhynchites amboinensis* on *Aedes polynesiensis* (Díptera: Culicidae) developing in coconuts. *J Am Mosq Control Assoc.* 2005; 21(4): 425-431.
27. Mkoji GM, Boyce TG, Mungai BN, Copeland RS, Hofkin BV, Loker ES. 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.
28. Montador R, Manuel R. Collins field guide to agua dulce vida. Collins. 1986. ISBN 0-00-219143-1.
29. Morales J, Gallardo JS, Vásquez C, Ríos Y. Respuesta funcional de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) a los huevos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). *Bioagro.* 2001; 13(2):49-55. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/857/85713201.pdf>. Fecha de ingreso: 18/Mar./2010.
30. Murdoch WW, Sih A. Age-Dependent Interference in a Predatory Insect. *J An Ecol.* 1978(47): 581-592.
31. Neri-Barbosa JF, Quiroz-Martínez IH, Rodríguez-Tovar ML, Tejada LO, Badii MH. Use of Bactimos briquets (B.t.i formulation) combined with the backswimmer *Notonecta irrorata* (Hemíptera: Notonectidae) for control of mosquito larvae. *J. Am Mosq Control Assoc.* 1997; 13 (1):87-89.

32. Perich MJ, Clair PM, Boobar LR. 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. Pervez AO. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *J Insec Science.* 2005; (5):1-6. Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1283886&blobtype=pdf>
34. Quiroz-Martínez H, Rodríguez-Castro VA, Solís-Rojas C, Maldonado-Blanco MG. Predatory capacity and prey selectivity of nymphs of the dragonfly *Pantala hymenaea*. *J. Am Mosq Control Assoc.* 2005; 21(3): 328-330.
35. Rocha L, Redaelli LR. Functional response of *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hem.: Reduviidae) to different densities of *Spartocera dentiventris* (Hem.: Coreidae) nymphae. *Braz. J. Biol.* 2004; 64(2):309-316. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bjb/v64n2/v64n2a17.pdf>. Fecha de ingreso: 03/Mar./2010.
36. Rodríguez Del Bosque LA, Arredondo-Bernal HC (eds.). Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 2007.p.303
37. Santos LU, Andrade CF, Carvalho GA. 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. Walker IR. Midges: Chironomidae and related Diptera., In: Smol JP, Birks HJB, Last WM, eds. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 4. Zoological Indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda. 2001. p. 43-66.
39. Willems KJ, Webb CE, Russell RC. 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.
40. Woodring J, Davidson EW. Biological Control of Mosquitoes *In: The Biology of Disease Vectors.* Coord. Beaty BB, Marquardt WC. Univ. Press of Colorado. 1996. p. 632.

ANEXO No. 01: Promedio de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* consumidas por el predador *Notonecta sp.*, a diferentes densidades larvales, en 24 h de evaluación bajo condiciones de laboratorio.

Densidad larval (N _o)	Larvas consumidas (N° de repeticiones)			Promedio de larvas consumidas(N _a)	CONTROL
	I	II	III		
5	5	5	5	5.0	5
10	10	10	10	10.0	10
15	15	15	15	15.0	15
25	12	24	25	20.3	25
35	20	21	30	23.7	35
50	32	33	35	33.3	50
75	37	34	45	38.7	75

ANEXO No. 02: Promedio de larvas de IV instar de *Chironomus sp.*, consumidas por el predador *Notonecta sp.*, a diferentes densidades larvales, en 24 h de evaluación, bajo condiciones de laboratorio.

Densidad larval (N _o)	Larvas consumidas (N° de repeticiones)			Promedio de larvas consumidas(N _a)	CONTROL
	I	II	III		
5	3	4	1	2.7	5
10	4	6	9	6.3	10
15	7	8	8	7.7	15
25	12	10	14	12.0	25
35	10	20	15	15.0	35
50	18	20	23	20.3	50
75	27	24	30	27.0	75

ANEXO No.03: Análisis de varianza para los tratamientos (Número de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, administradas) y el número de presas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, en condiciones de laboratorio a 24 h de evaluación.

FUENTE		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Nº de larvas de <i>Culex</i> consumidas	Inter-grupos	2653,905	06	442,317	26,388	,000
	Intra-grupos	234,667	14	16,762		
	Total	2888,571	20			
Nº larvas de <i>Chironomus</i> consumidas	Inter-grupos	1303,333	06	217,222	28,510	,000
	Intra-grupos	106,667	14	7,619		
	Total	1410,000	20			
Nº Total de larvas consumidas	Inter-grupos	7643,905	06	1273,984	40,845	,000
	Intra-grupos	436,667	14	31,190		
	Total	8080,571	20			

ANEXO No.04: Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para las medias de presas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* ofrecidas (tratamientos), en condiciones de laboratorio.

TRATAMIENTOS (Densidades larvales ofrecidas)	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		e	d	c	b	a
5	3	05,00				
10	3	10,00	10,00			
15	3	15,00	15,00	15,00		
25	3		20,33	20,33		
35	3			23,67	23,67	
50	3				33,33	33,33
75	3					38,67
Sig.		0,104	0,088	0,200	0,124	0,687

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

ANEXO No. 05: Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para las medias de presas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número de larvas de IV instar de *Chironomus sp.*, ofrecidas (tratamientos), en condiciones de laboratorio.

TRATAMIENTOS (Densidades larvales ofrecidas)	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		e	d	c	b	a
5	3	2,67				
10	3	6,33	6,33			
15	3	7,67	7,67	7,67		
25	3		12,00	12,00		
35	3			15,00	15,00	
50	3				20,33	20,33
75	3					27,00
Sig.		0,345	0,226	0,066	0,281	0,111

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

ANEXO No.06: Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para las medias del total de presas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, ofrecidas (tratamientos).

TRATAMIENTOS (Densidades larvales ofrecidas)	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		e	d	c	b	a
5	3	7,67				
10	3	16,33				
15	3	22,67	22,67			
25	3		32,33	32,33		
35	3			38,67	38,67	
50	3				53,67	53,67
75	3					65,67
Sig.		0,062	0,393	0,799	0,062	0,188

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



ANEXO No. 07: Colecta de larvas de *Culex quinquefasciatus* en aguas estancadas contenidas en el contenedor de cemento. Ciudad Universitaria, FCB-UNSCH.



ANEXO No. 08: Recolección de larvas de *Chironomus sp.*, en las lagunas de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) "Totorá".



ANEXO No. 09: Fotografía de larvas de *Culex quinquefasciatus* seleccionadas previo a las pruebas de respuesta funcional y capacidad de predación en laboratorio.



ANEXO No. 10: Fotografía de larvas de *Chironomus sp.*, seleccionadas antes de las pruebas experimentales de laboratorio.



ANEXO No. 11: Incorporación de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, conjuntamente con el predador *Notonecta sp.*, en los recipientes experimentales.

<p>Título: Capacidad predatora de <i>Notonecta</i> sp. (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp. (Insecta: Diptera).</p>		<p>Investigadores: Tesis: Bach. Karina CISNEROS GAMBOA Asesor: Blgo. MC. Yuri O. AYALA SULCA</p>			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MARCO TEÓRICO
<p>Problema principal: ¿Qué capacidad predatora desarrollaran los adultos de <i>Notonecta</i> sp. (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas del IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp., (Insecta: Diptera) y siete densidades (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 Larvas).</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la capacidad predatora y respuesta funcional de <i>Notonecta</i> sp. (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp. (Insecta: Diptera) y siete densidades crecientes de larvas (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 Larvas).</p> <p>Objetivos específicos: a) Evaluar la capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque del predator <i>Notonecta</i> sp., en el control de larvas del IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp. b) Establecer el tipo de respuesta funcional y preferencia que presenta el predator <i>Notonecta</i> sp., con relación al consumo de larvas de IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp. c) Determinar la capacidad predatora del controlador biológico <i>Notonecta</i> sp., en presencia de larvas del IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp.</p>	<p>a) Los chinches "nadadores de dorso" <i>Notonecta</i> sp., tienen preferencia por larvas del IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i>, desarrollando alta capacidad predatora, alta capacidad de búsqueda y bajos tiempos de manipuleo en el control de estos organismos; consecuentemente, estas características se ven afectadas y/o disminuidas por la presencia de otras presas como las larvas de <i>Chironomus</i> sp.</p> <p>b) El tipo de respuesta funcional que presenta el predator <i>Notonecta</i> sp., frente a dos presas constituidas por larvas del IV instar de <i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp., responden a la ecuación tipo II (cóncava) propuesta por Holling (1959).</p>	<p>Variable dependiente: Capacidad predatora y respuesta funcional de adultos de <i>Notonecta</i> sp.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de búsqueda (hora/día) ● Tiempo de manipuleo (hora/día) ● Capacidad predatora (No. presas/hora/día) ● Tipo de respuesta funcional (Modelo tipo lineal, cóncava o sigmoidea) <p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Especies de larvas del IV instar (presas) <p>Indicador: Dos especies de larvas (<i>Culex quinquefasciatus</i> y <i>Chironomus</i> sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Densidad creciente de presas administradas: <p>Indicador: Densidades con siete niveles: 5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 larvas por insecto presa.</p>	<p>Tipo de Investigación: Aplicativo</p> <p>Nivel de investigación: Básica experimental</p> <p>Método: Aplicativo y analítico</p> <p>Diseño: El diseño experimental se adecuará a un factorial de A x B; donde A=Especies, B=Densidades.</p> <p>Muestreo: Aleatorio</p> <p>Técnicas: Observación Determinación Experimentación</p> <p>Instrumentos: Estereoscopio Microscopio Cámara digital Computadora laptop GPS</p>	<p>Los métodos de lucha contra insectos vectores de enfermedad generalmente están basados en el control químico que resulta más o menos eficaz, se utilizan insumos que pueden ser peligrosos para el ambiente, incluso para el hombre y los animales. El uso indiscriminado, sobre todo sin control de los compuestos químicos es capaz de alterar los ecosistemas naturales, ante todo lo acuático 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 genere contaminantes y reducir los problemas de deterioro ambiental, mejorando la calidad de vida del poblador ayacuchano. Utilizar predadores autóctonos como los chinches del género <i>Notonecta</i> en el control de mosquitos como <i>Culex</i> y <i>Chironomus</i>, permitirá reducir los costos que genera el uso de métodos no tradicionales (ejm. 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 molestias causadas por su presencia en altas densidades en Ayacucho.</p>

Capacidad predatora de *Notonecta sp.* (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (Insecta: Díptera).

Cisneros, Karina¹ y Ayala, Yuri O.

¹ Escuela de Formación Profesional de Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga –Ayacucho.

² Laboratorio de Zoología. Departamento Académico de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga –Ayacucho.

RESUMEN

La investigación consistió en evaluar la capacidad predatora y respuesta funcional de *Notonecta sp.*, con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, a siete densidades crecientes de larvas de IV instar (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 Larvas). El diseño experimental fue adecuado a un factorial de A x B; donde A=Especies, B=Densidades, estimándose el tipo de respuesta funcional y el R^2 a través del método de cuadrados mínimos ordinarios, la capacidad de búsqueda (Eb), tiempo de manipuleo (Th), tasa de ataque (Ne) y capacidad de predación (CR), fueron evaluados. *Notonecta sp.*, demostró una respuesta funcional de tipo II (cóncava) en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* ($R^2=0.990$ y 0.997 respectivamente), reporta elevada (Eb) de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, a bajas densidades, con (Th) que van entre 25.20 a 48.88 seg. para larvas culicidas y 20.25 a 30 seg. en quironómidos, la (Ne) fue de 0.84 a 12.51% y 0.36 a 5.39% respectivamente. El (CR) para larvas culicidas y de quironómidos fue de 7 a 15% y 4 a 14% de larvas predadas/h/predador, respectivamente. *Notonecta sp.*, prefiere larvas de culicidas y en menor porcentaje larvas de quironómidos, con alta capacidad de búsqueda y capacidad predatora y bajos tiempos de manipuleo.

Palabras Claves: capacidad predatora, respuesta funcional, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*, *Chironomus*.

ABSTRACT

The investigation consisted of evaluating the capacity predator and functional answer of *Notonecta sp.*, in relation to the consumption of larvae of *Culex quinquefasciatus* and *Chironomus sp.*, to seven increasing densities of larvae of IV to instars (5, 10, 15, 25, 35, 50 and 75 Larvae). The experimental design was adapted to a factorial one of A x B; where A=Species, B=Densities, being considered the type of functional answer and the R^2 through method of squaring minimum ordinary, the capacity search (Eb), time of manipulation (Th), rate of attack (Ne) and capacity of predation (CR), were evaluated. *Notonecta sp.*, it demonstrated a functional answer of type II (concave) in the consumption of larvae of IV to instars of *Culex quinquefasciatus* and *Chironomus sp.* ($R^2=0.990$ and 0.997 respectively), it reports high (Eb) of larvae of *Culex quinquefasciatus* and *Chironomus sp.*, to low densities, with (Th) that goes between 25,20 to 48,88 seg culicidas larvae and 20,25 to 30 seg in quironómidos, (Ne) it went respectively from 0,84 to 12,51% and 0,36 to 5,39%. (CR) for culicidas larvae and quironómidos of went from 7 to 15% and 4 to 14% of larvae predadas/h/predador, respectively. *Notonecta sp.*, it prefers culicidas larvae of and in smaller percentage quironómidos larvae, with high capacity search and capacity predator and low times of manipulation.

Key words: capacity predator, functional answer, *Notonecta*, *Culex quinquefasciatus*, *Chironomus*.

INTRODUCCION

Numerosas especies pueden, en determinadas situaciones interferir negativamente en las actividades humanas convirtiéndose en plagas y malezas o actuando como vectores de enfermedades. Con el advenimiento de los productos químicos de síntesis a mediados del siglo pasado, el control de especies perjudiciales pareció alcanzar una solución; sin embargo, pronto se hicieron evidentes los problemas asociados con su uso, tales como la adquisición de resistencia de las plagas a los mismos, el efecto no deseado sobre otras especies, la aparición de plagas secundarias y los concernientes a la salud humana y ambiental (Zapater, 1996).

El control biológico es una de las principales técnicas de manejo de especies perjudiciales, como alternativa al uso exclusivo de productos químicos. Esta técnica consiste en la utilización de enemigos naturales para mantener a las plagas por debajo de los niveles de daño económico (Begon *et al.*, 2000; Zapater, 1996). Las estrategias empleadas hasta el momento para el control de mosquitos como *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, van desde el uso de agentes químicos hasta el uso de agentes biológicos. Estos últimos son organismos con la capacidad de parasitar, preda al insecto vector, entre otras (Chapman, 1974). Sin embargo, muchas de estas estrategias generan impactos que pueden ser invaluable para las comunidades biológicas y humanas. Pues en general, muchas de las especies empleadas hasta el momento para el control biológico de organismo son extrañas al hábitat en donde se han introducido, generando a su llegada desequilibrios entre poblaciones de los sitios intervenidos (Murdoch y Sih, 1978).

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 (Lima *et al.*, 2005). También se registran estudios de control de mosquito con especies animales como peces (Bence, 1998; Lee, 2000; Hurst *et al.*, 2004), ranas (Willems *et al.*, 2005), planarias (Perich *et al.*, 1990), decápodos (Mkoji *et al.*, 1999), libélulas (Quiroz *et al.*, 2005), larvas de otros mosquitos (Mercer *et al.*, 2005) e

incluso algunas especies del género *Notonecta* que han sido empleadas en conjunto con bacterias (Neri *et al.*, 1997). Quiroz *et al.*, (2005), afirma que los notonéctidos representan una de las mejores herramientas de control de mosquitos que pueden aplicarse de forma conjunta con *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. El interés como agente de control biológico de insectos hemípteros del género *Notonecta*, se remonta a inicios de siglo pasado, destacando las especies *N. unifasciata*, *N. hoffmani* y *N. kirbyi*, siendo *N. undulata* considerada el más voraz predador entre todos los hemípteros evaluados (Andrade y Urbano dos Santos, 2004).

Aunque hayan sido hechos pocos estudios de campo para evaluarse la eficiencia del control, se sabe que las 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 consumiendo sus oviposuras. 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 (Andrade y Urbano dos Santos, 2004).

La potencialidad de un organismo como biocontrolador puede evaluarse a través de la respuesta funcional Holling (1959), reportado por Pervez (2005) que expresa la relación entre la tasa individual de consumo del predador y la densidad de alimento disponible localmente. Esta respuesta asume que el predador ocupa su tiempo en dos actividades básicas: (a) búsqueda de la presa, y (b) manipulación de la misma que incluye: perseguirla, matarla, comerla y digerirla. Holling (1959), reportado por Pervez (2005), describió tres tipos de respuestas funcionales posibles que respondían a ecuaciones de curvas lineales en aumento (tipo I), una curva que desacelera (tipo II), o una relación sigmoidea (tipo III). Las mismas varían en relación a la dependencia de la densidad de presa y si bien su determinación se realiza en un ambiente controlado, dan una idea del

comportamiento predadorio que tiene una especie, permitiendo establecer comparaciones entre diversos predadores (Pervez, 2005).

A la luz de estas experiencias, en la presente investigación pretendemos Evaluar la capacidad predadora y respuesta funcional de *Notonecta sp.* (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (Insecta: Díptera) en siete densidades crecientes de larvas de IV instar (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 75 Larvas). El chinche “nadadores de dorso” *Notonecta* (Insecta: Hemiptera), se encuentra presente en los sistemas acuáticos del departamento de Ayacucho, donde precisamente abundan las larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, insectos que por sus hábitos de vida, abundancia y comportamiento alimenticio generan problemas de salud en la población, a través de sus picaduras que son dolorosas (ejm. *Culex quinquefasciatus*) o las exuvias liberadas por estos (ejm. *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*), que generan alergias principalmente en los niños.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. POBLACIÓN Y MUESTRA

a) Población

Larvas de *Culex quinquefasciatus* colectadas en contenedor de cemento. Ciudad Universitaria, laboratorios de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas - UNSCH) (Distrito de Ayacucho).

Larvas de *Chironomus sp.*, colectadas en las lagunas de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR-Totora) del Distrito de Jesús de Nazareno (Ayacucho).

Ninfas y adultos de *Notonecta sp.*, colectados en la poza de almacenamiento de agua temporal para riego, ubicado en Canaán Bajo (Distrito de Ayacucho).

b) Muestra

- 30 insectos predadores del “chinche nadador de dorso” *Notonecta sp.*
- 3000 Larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*
- 3000 Larvas de IV instar de *Chironomus sp.*

2. RECOLECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS MUESTRAS

Los chinches acuáticos *Notonecta sp.* (Insecta: Hemiptera) fueron colectados en las aguas contenidas en la poza de almacenamiento temporal para riego ubicado en Canaán Bajo (Coordenadas UTM: E 586474, N 8544000, 2754 msnm). Las larvas de los mosquitos *Culex quinquefasciatus* fueron criadas en aguas estancadas contenidas en el contenedor de cemento ubicado en la Ciudad Universitaria (pabellón de los laboratorios de Biología-FCB, UNSCH; Coordenadas UTM: E 584415N 8546458, 2799 msnm), en ambos casos la colecta del material biológico se llevó a cabo utilizando un muestreador *dipper* de 350 mL de capacidad. En caso de las larvas de *Chironomus sp.*, estas fueron colectadas de las aguas contenidas en las lagunas de maduración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “Totora”, por medio de una red entomológica. Colectado el material biológico, las muestras fueron trasladadas utilizando baldes con tapa hermética hasta el laboratorio de Zoología (FCB, Ciudad Universitaria-UNSCH), donde se llevó a cabo la identificación taxonómica de los insectos y la separación de los especímenes que fueron mantenidas en tres peceras de vidrio conteniendo agua provista de materia orgánica en descomposición (una para cada insecto), hasta las pruebas de respuesta funcional y capacidad predadora.

Los adultos del chinche *Notonecta sp.*, (en los que no se tomaron en cuenta la longevidad, tamaño ni sexo), fueron mantenidas en el laboratorio hasta 48 h antes de las pruebas alimentadas con larvas del mosquito culicido; en tanto que las larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, fueron criadas con alimento para peces tropicales tipo hojuelas hasta obtener larvas de IV instar (tamaño promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* de 1.0 a 1.2 cm; *Chironomus sp.*, 1.5 a 2.0 cm). Los experimentos fueron llevados a cabo bajo condiciones ambientales de la sala de investigación del laboratorio de Zoología, de la Facultad de Ciencias Biológicas - UNSCH.

3. DETERMINACION DE LA RESPUESTA FUNCIONAL

a) Respuesta funcional

A fin de establecer el tipo de respuesta funcional según los modelos matemáticos propuestos por Holling (1959) (ver Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000) y la tendencia de predación que desarrollaron los notonéctidos en el control de larvas de IV instar de los mosquitos *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, se dispuso de 26 recipientes de PVC de 1 L de capacidad conteniendo agua declorada. Posteriormente, a cada envase utilizado para las pruebas, se administraron números creciente de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, en proporción 1 : 1 y en las siguientes densidades: 5, 10, 15, 25, 35, 50, 75 larvas de cada insecto/recipiente. Los ensayos se realizaron con tres repeticiones y un control. Una hora después de haberse colocado las larvas en los recipientes, se introdujo un adulto del chinche *Notonecta sp.*, por envase, el cual fue seleccionado de la crianza mantenida en el laboratorio (item 3.1). Las lecturas se llevaron a cabo transcurrido las 24 h, contabilizándose el número de exuvias y/o larvas muertas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp* consumidas por el predador en cada tratamiento y su respectivo blanco experimental. Con los datos obtenidos se confeccionaron gráficos relacionando la densidad de larvas de IV instar de *Culex Quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (X) ofrecidas vs. el promedio de larvas consumidas (Y). Para cada presa se elaboró un gráfico a fin de determinar el tipo de respuesta funcional que mejor se ajuste a los modelos matemáticos propuestos por Holling (1966): Modelo lineal, cóncavo o sigmoidea. El coeficiente de determinación, R^2 , se utilizó como criterio de selección de los modelos que fueron examinados. Este último representa el nivel de relación existente entre las variables evaluadas. Aquellos modelos donde los valores del coeficiente de determinación se encuentren por debajo de 0.50 fueron descartados (ver Morales *et al.*, 2001).

Adicionalmente se estableció la capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque como parámetros cuantitativos de la respuesta funcional del predador *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y

Chironomus sp., para lo cual se tomaron en cuenta los modelos matemáticos propuesto por Holling (1966) reportado por Zanuncio (2007), Fernández-Arhex y Corley (2004).

b) Capacidad de búsqueda, tiempo de manipuleo y tasa de ataque

Tomando en cuenta la ecuación básica de Holling (1966) (en Fernández y Corley, 2004) se estimarán los parámetros Capacidad de búsqueda o eficiencia de búsqueda (E_b), Tiempo de Manipuleo (T_h) y tasa de ataque (N_a) a través del método de cuadrados mínimos ordinarios para modelos no lineales, usando el paquete estadístico EXCEL 2007 (Fernández y Corley, 2004). A fin de analizar la forma de la respuesta funcional y confirmar entre una curva de tipo II o de tipo III se ajustaron los datos a una gráfica de regresión polinómica de segundo grado con su respectiva regresión lineal, entre el número de presas ofrecidas (N_o) vs. la proporción de presas consumidas (N_a/N_o) para cada insecto en estado larval evaluado (Trexler *et al.*, 1988, ver en Fernández y Corley, 2004), generándose posteriormente la ecuación lineal:

$$y = b x + a$$

Donde:

y = Cantidad de presas atacadas/consumida.

x = Cantidad de presas consumidas.

b = Pendiente de la recta o eficiencia de búsqueda del predador (tasa de ataque).

a = Término independiente u ordenada al origen (larvas consumidas sobre densidad de larvas administradas).

b.1) Capacidad de búsqueda o eficiencia de búsqueda (E_b)

La eficiencia de búsqueda o capacidad de búsqueda fueron estimadas para cada presa a través de la fórmula propuesta por O'Neil y Stimac, 1988 (ver Zanuncio, 2007):

$$E_b = (N_a/N_o)$$

Donde:

E_b = Eficiencia de búsqueda.

N_a = Número de presas consumidas.

N_o = Número de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, ofrecidas.

b.2) Tiempo de manipuleo (Th)

El tiempo de manipuleo (Th) fue calculado para cada insecto presa a través de la “ecuación del disco” de Holling (1966) por el método no lineal de cuadrados mínimos y la aplicación de la siguiente fórmula (Rocha y Redaelli, 2004):

$$(Th) = \frac{\text{Coeficiente de regresión dependiente (a)}}{\text{Coeficiente de regresión independiente (b)}}$$

b.3) Tasa de ataque (N_a)

Fue estimada para cada tratamiento de larvas de IV instar de las especies presas evaluadas, mediante la aplicación de la fórmula que se detalla a continuación (Holling, 1966, en Zanuncio-Junior, 2007, Fernández y Cortey, 2004):

$$N_a = (aN_T) / (1 + aN_T)$$

Donde:

- N_a=Número de larvas predadas.
- N_o=Densidad de la presa.
- a = Tasa de ataque constante o tasa de búsqueda instantánea(= b).
- T = Tiempo para contacto entre la presa y el predador.
- T_h=Tiempo de manipulación de la presa.

4. CAPACIDAD DE PREDACIÓN

El índice de predación (capacidad de predación), fue estimada tomando en cuenta los resultados de presas consumidas, transcurrida las 24 h de evaluación, estimándose la Tasa de predación (ataque) o Clearance Rate (CR = número de presas/h/predador) de *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, un indicador de la eficacia predatora de un organismo. Los valores del CR, fueron estimados a través de la aplicación de la fórmula original propuesta por Gilbert y Bums (1999) modificada por Chandra *et al.* (2008);

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

Donde:

- V = Volumen de agua (en litros).
- ln= Logaritmo neperiano o natural.
- P= número de presa muertas/consumidas.
- T = Tiempo de duración del ensayo, 24 h.
- N= Número de predadores.

5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño experimental fue adecuado a un factorial de A x B; donde A= Especies, B= Densidades.

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos generados en las pruebas experimentales se graficaron curvas de tendencia central que representan el tipo de respuesta funcional que desarrollan los notonéctidos en el consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*; así mismo se calcularon los parámetros cuantitativos de respuesta funcional y capacidad predatora los que son reportados en tablas y gráficos. Finalmente se estableció la preferencia trófica del predador *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, para lo cual los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, en tanto que las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5% usando el procedimiento del paquete estadístico SPSS 15.

RESULTADOS

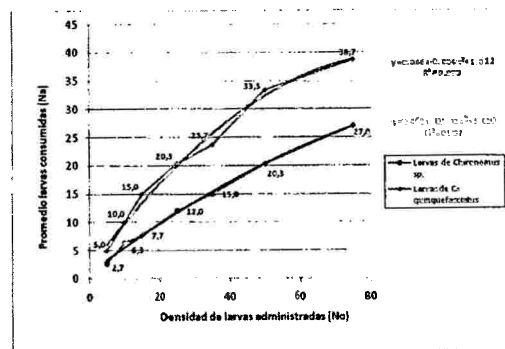


FIGURA No. 01: Respuesta funcional (TIPO II) desarrollada por el predador *Notonecta sp.* a diferentes densidades larvales (IV instar) de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, en condiciones de laboratorio.

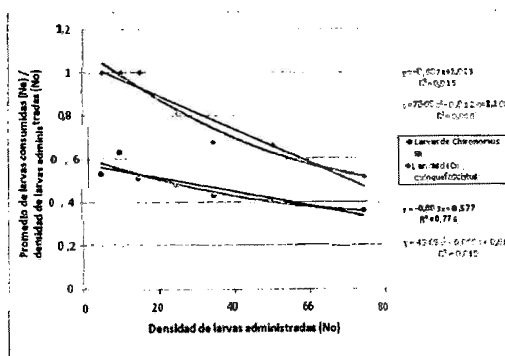


FIGURA No. 02: Relación entre la proporción de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.* (N_c/N_o) consumidas por el predador *Notonecta sp.*, y el número de presas ofrecidas (N_o).

Densidad larval (N ₀)	Larvas consumidas (N _s)	Capacidad de búsqueda (Eb) ¹	Tiempo de manipuleo (Th)(por Seg)	Tasa de ataque (%Ne)	Capacidad de predación (CR) ²
5	5.00	1.00	0.007 (25.20)	0.84	0.07
10	10.00	1.00	0.007 (25.20)	1.68	0.10
15	15.00	1.00	0.007 (25.20)	2.52	0.11
25	20.33	0.81	0.009 (30.98)	4.19	0.13
35	23.67	0.68	0.010 (37.27)	5.87	0.13
50	33.33	0.67	0.011 (37.80)	8.37	0.15
75	38.67	0.52	0.014 (48.88)	12.51	0.15

CR = número de presas/h/predador.
 (*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales.

TABLA No. 01: Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de *Notonecta sp.*, (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), en condiciones de laboratorio.

Densidad larval (N ₀)	Larvas consumidas (N _s)	Capacidad de búsqueda (Eb) ¹	Tiempo de manipuleo (Th)(por Seg)	Tasa de ataque (%Ne)	Capacidad de predación (CR) ²
5	2.67	0.53	0.006 (20.25)	0.36	0.04
10	6.33	0.63	0.005 (17.05)	0.72	0.08
15	7.67	0.51	0.006 (21.13)	1.08	0.08
25	12.00	0.48	0.006 (22.50)	1.80	0.10
35	15.00	0.43	0.007 (25.20)	2.52	0.11
50	20.33	0.41	0.007 (26.56)	3.60	0.13
75	27.00	0.36	0.008 (30.00)	5.39	0.14

CR = número de presas/h/predador.
 (*) = valores que deben de ser expresados en términos porcentuales

TABLA No. 02: Parámetros de respuesta funcional y capacidad predadora de *Notonecta sp.* (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Chironomus sp.* (Diptera: Chironomidae) bajo condiciones de laboratorio.

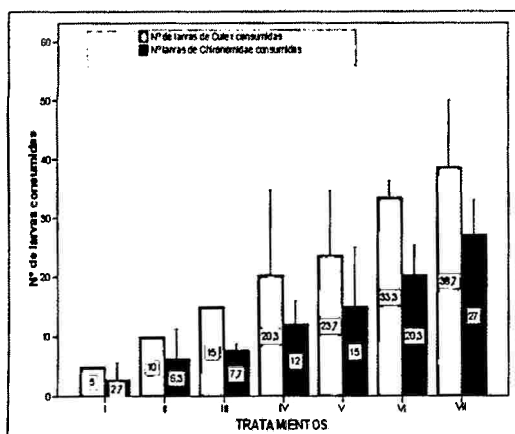


FIGURA 03: Consumo promedio de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número de larvas ofrecidas (tratamientos), bajo condiciones de laboratorio.

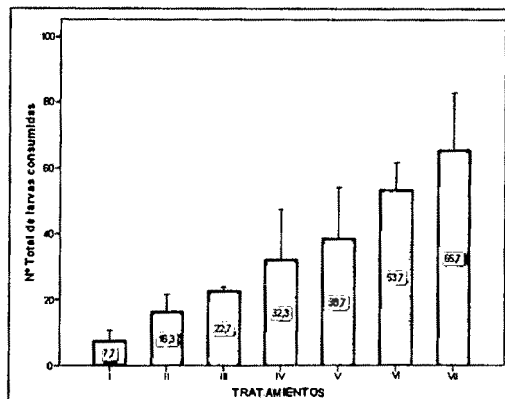


FIGURA 04: Promedio total de larvas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, en relación al número total de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, ofrecidas (tratamientos), en condiciones de laboratorio, 24 h de exposición.

DISCUSIÓN

De los datos logrados en la presente investigación se establece que el chinche “nadador de dorso” *Notonecta sp.*, presenta una respuesta funcional que responde al modelo tipo II de características cóncavas en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, (Fig. 01), con un coeficiente de correlación de 0.990 y 0.997, respectivamente, para cada una de las presas evaluadas, tipo de respuesta que responde al modelo descrito inicialmente por Holling (1966), reportado por Pervez (2005), Begon *et al.*, (2000) y Fernández y Corley (2004). Al evaluar la proporción de presas consumidas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, (N_s/N₀) por el predador notonéctido vs el Número de presas ofrecidas (N₀) según lo planteado por Fernández y Corley (2004), se confirma la tendencia de la respuesta funcional tipo II hallada en la Fig. 01, con un coeficiente de correlación de 0.915 para las larvas de *Culex quinquefasciatus* y 0.946 para las larvas de *Chironomus sp.*, demostrándose que el predador *Notonecta sp.*, tiene posibilidades de consumo de las dos presas ofertadas y que el tipo de respuesta hallada, resulta en un incremento desacelerado de consumo a medida que aumentan las presas administradas, hasta llegar a una asíntota en la cual el predador expresa la máxima tasa de ataque. A esa densidad, el tiempo disponible por *Notonecta sp.*, es utilizado para manipular su presa (*Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*), y el

tiempo de búsqueda de la presa resulta despreciable (Fernández y Corley, 2004), dando como resultado un consumo densodependiente inverso a altas densidades poblacionales y una menor posibilidad de ser atacadas las presas cuando están en bajas cantidades (Begon *et al.*, 2000, Fernández y Corley, 2004). Según Chesson (1989), referido por Begon *et al.* (2000), este tipo de respuesta funcional, ha sido observada frecuentemente en insectos acuáticos, como por ejemplo *Notonecta* alimentándose de larvas de mosquitos. Ayala (2009), reporta que la capacidad predatora de *Notonecta sp.*, sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* en presencia y ausencia de refugio (*Arrachis sp.*), responde a un modelo tipo II similar a la hallada en nuestra investigación con un coeficiente de correlación de 0.755 y 0.738, respectivamente para cada tratamiento, resultados de evaluaciones llevadas a cabo cada 03 h por 24 h en condiciones de laboratorio. Chesson (1989) reportado por Begon *et al.*, (2000), menciona que las respuestas tipo II no son estables, ya que llevan a la extinción de la presa o a escapar del control de los predadores.

A la luz de los resultados hallados en la presente investigación (Fig. 01 y 02), la presencia de dos presas (larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*), permite al predador notonéctido desarrollar mayor preferencia o selectividad por larvas de los mosquitos culícido y en consecuencia menor consumo de larvas de quironómidos.

Se ha intentado explicar estas diferencias proponiendo modelos en los cuales la estabilidad se incrementa con la heterogeneidad espacial, la presencia de refugios o de diferentes presas alternas (Chesson, 1989 reportado por Begon *et al.*, 2000), sin embargo estas condiciones puede promover a estabilizar la tasa de predación densodependiente, en el cual los predadores consumen presas cuando las densidades de las mismas son altas que cuando son bajas. Por lo tanto, el predominio de respuestas funcionales inestables de tipo II reportadas para predadores acuáticos puede ser producto de las condiciones artificiales bajo las cuales fueron medidas (Peckarsky, 1984 reportado por Pervez, 2005).

PARAMETROS CUANTITATIVOS DE LA RESPUESTA FUNCIONAL

La Tabla No. 01 reporta los parámetros cuantitativos de la respuesta funcional que desarrollaron los notonéctidos en el consumo de larvas del IV instar de *Culex quinquefasciatus*. Se tiene que para la Capacidad de Búsqueda (E_b), el "chinche nadador de dorso" es eficaz y eficiente en la ubicación de sus presas (100%) a bajas densidades larvales (5, 10 y 15 larvas/predador). Cuando el número de presas ofertadas es mayor (25, 35, 50 y 70 larvas/predador), esta capacidad disminuyó progresivamente de 81 a 52%, en 24 h de evaluación. Similar comportamiento se aprecia en los chinches notonéctidos en su afán de ubicar las larvas de *Chironomus sp.* (Tabla No. 02), a bajas densidades larvales (5, 10 y 15 larvas/predador), *Notonecta sp.*, documenta alta capacidad E_b (63 a 51%). Cuando se incrementa el número de presas (25, 35, 50 y 70 larvas/predador) disminuye con la misma tendencia esta capacidad de 48 a 36%. Este comportamiento es justificable, pues a menor cantidad de larvas ofertadas es mayor el esfuerzo que desarrollan los notonéctidos por ubicar sus presas, pero cuando se incrementa el número de larvas, se minimiza el esfuerzo de búsqueda induciendo al predador a relajarse y disminuye su capacidad E_b . Sin embargo, se denota de los resultados clara preferencia por búsqueda de larvas de mosquitos culícidos. Esto podría deberse a que notonecta prefiere capturar sus presas cuando están en movimiento como sucede con las larvas de los culícidos, que al tener un sifón respiratorio largo tienden a salir a espacio abierto para respirar, exponiéndose a ser capturados por el predador, mientras que las larvas de los quironómidos de escaso movimiento, normalmente reposan en la base de los recipientes y raramente en la superficie del agua ya que respiran por vía cutánea, lo que estaría limitando su captura. Al respecto Andrade y Urbano dos Santos (2004), reportan que 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, concordante con los resultados hallados en nuestra investigación.

Ayala (2009), señala que el chinche notonéctido a bajas densidades larvales de los mosquitos culícidos (5 a 10 presas) presenta alta capacidad de

búsqueda (Eb) (73 a 67% en "ausencia de refugio" y 87 a 40%, en "presencia de refugio"); en tanto que, cuando las ofertas larvales se incrementaron (75 a 100 larvas/predador) esta capacidad disminuye (9 a 6% y 7 a 5%, respectivamente), comportamiento similar a los hallados en la presente investigación, demostrando que un ambiente heterogéneo, como el simulado en el experimento citado en la referencia con la incorporación de *Arracharis sp.* "elodea", estaría distraendo y limitando la actividad predatora de los notonectidos al proporcionarles refugio que permite que escapen las presas, lo que justificaría en parte los valores menores hallados en la investigación.

Andrade y Urbano dos Santos (2004), manifiesta que los notonectidos del género *Buenoa* mostraron formas diferentes de ataque a larvas del mosquito *Culex sp.*, ofertadas diariamente durante un experimento. Los notonectidos atacaron a todos los estadios de larvas y apenas en una sola vez el predador capturó a la larva, matándola y enseguida liberándola sin consumirla. Notonectidos en campos de arroz pueden reducir cerca del 80% del número de pupas de varias especies de mosquitos, siendo los individuos del género *Notonecta* y *Buenoa* los más frecuentes en esos ambientes.

El *Tiempo de Manipuleo (Th)*, nos demuestra que los chinches notonectidos tardan entre 25.20 a 48.88 seg. en manipular una larva de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, tiempo que involucra perseguirla, matarla, comerla y digerirla a la presa, tal como lo manifiesta Holling (1959) reportado por Pervez (2005), comportamiento que guarda relación con el incremento de presas, y que como se aprecia, es mayor cuando las ofertas larvales son elevadas, demostrándonos que los notonectidos ocupan su tiempo en manipular sus presas o "jugar" con ellas, menos en matarlas como una respuesta innata a su carácter predator aprendido por generaciones (Tabla No. 01). En caso de las larvas de *Chironomus sp.*, el predador *Notonecta sp.*, tarda entre 20.25 a 30 seg., en manipular una presa, tiempo que se incrementa similar al caso anterior, conforme se adiciona mayor número de presas (Tabla No. 02). Las diferencias en el *Tiempo de Manipuleo* reportados, son explicables si tomamos en cuenta el tamaño de las larvas, así se tiene que el tamaño promedio de las larvas de *Culex quinquefasciatus* fue de 1.0 a 1.2 cm; en caso de

Chironomus sp., el tamaño de las larvas osciló entre 1.5 a 2.0 cm. Este factor probablemente este contribuyendo a los bajos tiempos de manipuleo hallados en caso de las larvas de quironómidos, pues es lógico pensar que cuanto más grande la presa mayor probabilidad de ser capturado rápidamente, caso opuesto hallamos en las larvas de los culícidos, por ser más pequeñas incrementan el *Th*, dificultando la predación por los notonectidos. En consecuencia, tiempos de manipulación largos conducen a bajas tasa de ataque y viceversa (Hassell 2000, en Fernández y Corley, 2004), lo que refuerza la tesis que el "chinche nadador de dorso" ocupa el mayor tiempo, aun cuando existen altas densidades de las presas, en manipularlas y distraerse con las mismas. Datos que concuerdan con los hallados por Ayala (2009), quien establece que el chinche *Notonecta sp.*, requiere de 23.38 min para preda un total de 38 larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, mostrando un rango de 3.25 a 60.43 min en la manipulación de presas a espacios de 3 h por 24 h de evaluación. Debemos precisar que los tiempos de predación que se reportan en la presente investigación son resultados de 24 h de evaluación por densidad larval y no así de cada 03 h como lo planteó el citado autor, razón básica que sería la causa por la que se reportan menores tiempos de *Th* en comparación a los halladas por Ayala (2009).

La *Tasa de Ataque (%Ne)* relaciona y resume sintéticamente los parámetros cuantitativos de la respuesta funcional. Según los resultados hallados en este parámetro (%Ne), cuyos valores son reportados en la Tabla No. 01, *Notonecta sp.*, documenta una tasa creciente de ataque que va de 0.84 a 12.51% en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus*, valores que son proporcionales a las densidades larvales evaluadas (5, 10, 15, 25, 35, 50 y 70 larvas/predador). Similar comportamiento se aprecia en el ataque que desarrollan los notonectidos a larvas de quironómidos, donde el %Ne oscila entre 0.36 a 5.39%, ocurriendo progresivo incremento de la tasas de ataque conforme se aumentan las densidades larvales (Tabla No. 02). Es decir que, el %Ne que muestra el predador notonectido a bajas ofertas larvales, hace que estos ocupen un mayor tiempo en la búsqueda de estos organismos y por consecuencia dispongan de menores tiempos de manipulación,

voracidad que los consolida a este nivel como los mejores candidatos a ser incluidos en programas de control biológico de larvas de mosquitos culícidos y quironómidos; sin embargo cuando las densidades son mayores, este mismo predador reporta tasas de ataque (%Ne) elevadas, pero reduce su capacidad de búsqueda en razón de que existe una mayor disponibilidad de presas en el ambiente y por consecuencia se incrementa el tiempo de manipuleo de las larvas, donde el predador ocupa un mayor tiempo en perseguirlas presas, matarlas, comerlas y digerirlas (Holling, 1959 reportado por Pervez, 2005), hecho que reafirma la tesis de que estos insectos a menores densidades larvales son más eficientes en el control de larvas de mosquitos que en densidades elevadas.

CAPACIDAD PREDADORA (CR)

Sin lugar a dudas, este parámetro es el que mejor relaciona la eficiencia y efectividad de un controlador biológico en el control de una población de insectos. De los resultados hallados (Tablas No. 01 y 02), se desprende que *Notonecta sp.*, desarrolla capacidad predadora creciente conforme se incrementan las densidades larvales de *Culex quinquefasciatus*, así para las densidades de 5, 10 y 15 larvas/predador, la CR oscila entre 7 y 11% larvas predadas/h/predador, llegando a ser constantes a partir de las densidades 25 y 35 larvas/predador (13% larvas predadas/h/predador de CR), así como en las densidades de 50 y 75 larvas/predador (CR= 15% larvas predadas/h/predador). Similar comportamiento se documenta cuando los notonéctidos predatan las larvas de *Chironomus sp.*, reportándose una capacidad CR que va de 4 a 8% larvas predadas/h/predador, a las densidades de 5, 10 y 15 larvas administradas, en tanto que a partir de las densidades de 25, 35, 50 y 75, el porcentaje de predación se mantiene casi constante entre 10 y 14% larvas/h/predador. Demostrándonos para ambas presas (larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*), que el "chinche nadador de dorso" desarrolla una respuesta funcional que responde al modelo tipo II, de características cóncavas y de consumo de larvas densodependiente inversa. Es decir que el predador notonéctidos desarrolla bajos niveles de CR en densidades larvales bajas, incrementando esta característica cuando son incrementados el número de larvas ofrecidas, hasta

llegar a una asíntota donde a pesar de existir un mayor número de presas la capacidad CR se mantiene constante. Ayala (2009), reporta que el chinche *Notonecta sp.*, a las 24 h de evaluación desarrolla capacidad CR de 16 y 15% larvas predadas/h/predador, en "ausencia" y "presencia de refugio" respectivamente en el consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus*, valores que son próximos a los hallados en nuestro experimento. De igual forma, Chandra *et al.* (2008), analizando la CR para *Aclis sulcatus* en la predación de larvas de *Culex quinquefasciatus* del IV instar, demostraron que los coleópteros ditiscidos consumen entre 13.59 y 20.09 larvas/h/predador, reafirmando el hecho que el notonéctido evaluado resulta ser un potencial controlador biológico en ambientes acuáticos donde viven precisamente las larvas de los mosquitos culícidos y quironómidos.

El análisis de varianza (Anexo No. 03) para el conjunto de datos obtenidos en la capacidad predadora que desarrolla el chinche *Notonecta sp.*, en el consumo de larvas de IV instar de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus sp.*, documenta que existen diferencias altamente significativas ($P=0.00$), para el número de larvas consumidas. En tanto que, cuando se comparan las medias para demostrar que presa es la que consumió en mayor cantidad el chinche notonéctido, la prueba de Tuckey ($P\leq 0.05$) nos demuestra que existe mayor preferencia por larvas de *Culex quinquefasciatus* en comparación a las de *Chironomus sp.* (Anexo No. 04, Fig. 07), de lo que podemos reafirmar tal como lo indican Andrade y Urbano dos Santos (2004), Quiroz-Martínez *et al.* (2005), Ayala (2009) y otros investigadores que, el chinche *Notonecta sp.*, pese a ser un predador generalista tienen preferencia marcada por larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus* sin dejar de lado que parte de esta dieta puede ser compensada con el consumo de larvas de *Chironomus sp.* Este comportamiento alimenticio podría deberse a que los notonéctidos prefieren capturar presas que nadan libremente en el agua y por consecuencia se hallan en constante movimiento (como ocurre con las larvas de los mosquitos culícidos), sin embargo, pueden optar por otras presas como las larvas de *Chironomus sp.*, consumiéndolas posiblemente más por el tamaño (son relativamente grandes en comparación a las larvas de los mosquitos culícidos)

que por el movimiento que desarrollan (tal como se analizan en los ítems 5.1 y 5.2).

Al comparar el promedio de larvas de *Culex quinquefasciatus* consumidas por *Notonecta sp.*, en cada uno de los tratamientos (densidades larvales administradas) (Anexo No. 04), la prueba de Tuckey ($P \leq 0.05$), demuestra que existe similar media de consumo en las densidades de 75 y 50 larvas/predador (a, ab respectivamente), mostrándonos además que a esas densidades ocurrió el mayor número de larvas extinguidas (Fig. 07 y 08). Este comportamiento no solamente se observa a las densidades señaladas, pues si analizamos en los otros tratamientos apreciamos que el promedio de larvas predadas guarda proporcionalidad creciente en todos los casos conforme se incrementan los suministros larvales. Al respecto la prueba de Tuckey ($P \leq 0.05$) demuestra que es similar el promedio de larvas que se predata en la densidad de 5 y 10 (e, de), o que aquella que se consume en el tratamiento 25 y 35 larvas/predador (cd, bc). Similar comportamiento se aprecia al evaluar los promedios de consumo de larvas de *Chironomus sp.*, por *Notonecta sp.*, a la densidad de 75 y 50 larvas/predador se documentan medias equivalentes en la predación (a, ab respectivamente por la prueba de Tuckey, $P \leq 0.05$), la misma tendencia creciente se observa en los otros tratamientos guardando proporcionalidad conforme se incrementan las presas (Fig. 08). Hecho que confirma una vez más que los notonéctidos pueden preda tanto larvas de culicidos como de quironómidos indistintamente, teniendo mayor preferencia por larvas de *Culex quinquefasciatus*.

Ayala (2009), demostró a través del análisis de varianza ($P \leq 0.05$) que existen diferencias significativas en cuanto a los tratamientos y las densidades consumidas por notonecta en el control de larvas de *Culex quinquefasciatus*. Al comparar las medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), estableció que la cantidad de presas consumidas por el predador *Notonecta sp.*, es similar en todas las densidades evaluadas no existiendo diferencias significativas entre ellas, resultados que son similares a los hallados en nuestra investigación. Quiroz *et al.* (2005), demostraron en México (Nuevo León) que el insecto acuático más prometedor y considerado como el mejor prospecto en programas de control

biológico de *Aedes aegypti* e insectos afines, son los "chinchas nadadoras de dorso": *Boenascimitra*, *B. antigone* y *Notonecta irrorata* ya que fueron los depredadores con más altas capacidades de búsqueda y capacidad de predación.

De los resultados hallados en la presente investigación, se desprende que los chinchas notonéctidos desarrollan una respuesta funcional de tipo II de características cóncavas, con alta capacidad de búsqueda y bajos tiempos de manipuleo a densidades larvales bajas y tasas de ataque proporcionales al aumento de presas, la capacidad predatora es creciente conforme se incrementan las densidades larvales de sus presas, teniendo preferencias en todos estos parámetros por el consumo de larvas principalmente de mosquitos culicidos sin dejar de lado presas alternas como las larvas de quironómidos. Adicionalmente, estos depredadores estarían desarrollando habilidad adaptativa a los cambios en las condiciones físicas del medio ambiente, capacidad de búsqueda particularmente a bajas densidades del hospedero/presa que demuestra la alta preferencia por un determinado hospedero/presa (en este caso larvas de *Culex quinquefasciatus*, tal como lo señalan Huffaker *et al.* (1971) y (1977), Rodríguez Del Bosque (2007), que ponen en evidencia su alto potencial biológico a ser considerado en programas de control biológico de larvas de mosquitos como los culicidos y quironómidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade CF y Urbano dos Santos L. O uso de predadores no controle biológico de Mosquitos, com destaque aos *Aedes*. Departamento de Zoología. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Brasil. 2004. Disponible en: <http://www.pdfpdf.com/0.htm>
2. Ayala YO. Capacidad predatora 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 la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 2009. 54 pp.

3. Begon M, Harper JL, Townsend CR. Ecología: *individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega. Barcelona-España. 2000.
4. Bence JR. Indirect Effects and biological control of mosquitoes by mosquito fish. *The J Ap Ecol*. 1998; 25 (2): 505-521.
5. Chandra G, Mandal SK, Ghosh AK, Das D, Banerjee SS, Chakraborty S. Biocontrol of larval mosquitoes by *Aciurus sulcatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *BMC Infectious Diseases* 2008, 8:138.
6. Chapman HC. Biological Control of Mosquito Larvae. *Annu. Rev. Entomol.* 1974; 19: 33-59.
7. Fernández V, Corley JC. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. Ayuda didáctica. *Asociación Argentina de Ecología*. *Ecología Austral* 2004; (14):83-93.
8. Huffaker CB, Luck RF, Messenger PS. The ecological basis of biological control. *Proc. XV Internat. Cong. Entomol.*, Washington, D.C. Aug. 19-27, 1977. pp. 560-586.
9. Huffaker CB, Messenger PS, De Bach P. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. Huffaker CB (ed.). *In Biological Control*. Plenum Press, New York. 1971. pp. 16-67.
10. 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.
11. Lee DK. Predation efficacy of the fish muddy loach *Misgurnus mizolepis*, against *Aedes* and *Culex* mosquitoes in laboratory and small rice plots. *J Am Mosq Control Assoc.* 2000; 16(3): 258-261.
12. Lima JB, De Melo NV, 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.
13. Mercer DR, Wettach GR, Smith JL. 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.
14. Mkoji GM, Boyce TG, Mungai BN, Copeland RS, Hofkin BV, Loker ES. Predation of aquatic stages of *Anopheles gambiae* by the Louisiana red swamp crawfish (*Procambarus darkii*). *J Am Mosq Control Assoc.* 1999; 15(1): 69-71.
15. Morales J, Gallardo JS, Vásquez C, Ríos Y. Respuesta funcional de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) a los huevos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bioagro.* 2001; 13(2):49-55. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/857/85713201.pdf>. Fecha de ingreso: 18/Mar./2010.
16. Murdoch WW, Sih A. Age-Dependent Interference in a Predatory Insect. *J An Ecol.* 1978(47): 581-592.
17. Neri-Barbosa JF, Quiroz-Martínez IH, Rodríguez-Tovar ML, Tejada LO, Badii MH. 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.
18. Perich MJ, Clair PM, Boobar LR. 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.
19. Pervez AO. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *J Insec Science.* 2005; (5):1-6. Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1283886&blobtype=pdf>
20. Quiroz-Martínez H, Rodríguez-Castro VA, Solís-Rojas C, Maldonado-Blanco MG. Predatory capacity and prey selectivity of nymphs of the dragonfly *Pantala hymenaea*. *J Am Mosq Control Assoc.* 2005; 21(3): 328-330.
21. Rocha L, Redaelli LR. Functional response of *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hem.: Reduviidae) to different densities of *Spartocera dentiventris* (Hem.: Coreidae) nymphae. *Braz. J. Biol.* 2004; 64(2):309-316. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bjb/v64n2/v64n2a17.pdf>. Fecha de ingreso: 03/Mar./2010.
22. Rodríguez Del Bosque LA, Arredondo-Bernal HC (eds.). *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 2007. p. 303
23. Willems KJ, Webb CE, Russell RC. 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.
24. Zanuncio JS. Capacidade predatória de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) sobre *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). Tese para obtenção do título de *Doctor Scientiae*. Programa de Pós-Graduação em Entomologia. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais – Brasil. 2007: 77 pp. Disponible en: http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/10/TDE-2009-03-03T05.
25. Zapater MC. (ed.). El control biológico en América Latina. Actas de la III Mesa redonda de control biológico en el Neotrópico. SRNT/IOBC. Buenos Aires, Argentina. 1996, 142 p.

Acta de sustentación de Tesis

R.D. N°

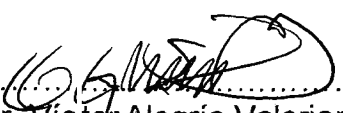
Bach. Karina Cisneros Gamboa

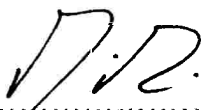
En la ciudad de Ayacucho a los veintiún días del mes de diciembre del año dos mil once, siendo las cuatro de la tarde, se reunieron en el Auditorium del la Facultad de Ciencias Biológicas los miembros del Jurado de Sustentación de Tesis Titulado: Capacidad predadora de *Notonecta* sp. (Hemiptera: Notonectidae) en relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *chironomus* sp. (insecta: Diptera), presentado por la Bach. Karina Cisneros Gamboa; acto académico que estuvo presidida por el Dr. Víctor Alegría Valeriano (Decano (e)) y con la participación de los miembros del jurado calificador el Mg. Julio Vilca Vivas, Mg. Yuri Ayala Sulca y el Mg. Edwin Portal Quicaña, actuando a la vez como secretario docente encargado. El presidente de la Comisión dio inicio al acto previa verificación de los documentos, pertinente, dando conformidad, luego invitó a la sustentante a exponer su trabajo de investigación previa información de las normas que rige en el Reglamento General de Grados y Títulos de la UNSCH. La sustentante dio inicio a la exposición usando medios audiovisuales. Finalizada la exposición el Presidente dio inicio a la segunda etapa de este acto, invitando a los miembros del Jurado Calificador a realizar sus observaciones, correcciones y preguntas referentes al trabajo de investigación. Finalizada esta etapa el Presidente invitó a la sustentante y público en general abandonar el Auditorium a fin de que el jurado calificador pueda deliberar y emitir la calificación correspondiente, el cual es como sigue:

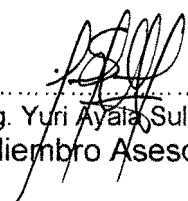
Jurado Calificador	Exposición	Rpta. a Preguntas	Promedio
Mg. Julio Vilca Vivas	16	16	16
Mg. Yuri Ayala Sulca	17	17	17
Mg. Edwin Portal Quicaña	16	16	16

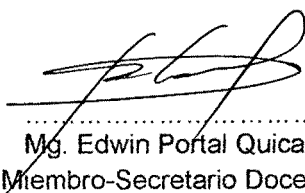
PROMEDIO

De la evaluación efectuada, la sustentante obtuvo la calificación promedio de Dieciséis (16) de la cual dan fe los miembros del jurado Calificador estampando sus firmas al pie del presente, culminando el acto de sustentación de Tesis a las seis y diez de la noche.


.....
Dr. Víctor Alegría Valeriano
Decano (e)


.....
Mg. Julio Vilca Vivas
Miembro


.....
Mg. Yuri Ayala Sulca
Miembro Asesor


.....
Mg. Edwin Portal Quicaña
Miembro-Secretario Docente (e)

DICTAMEN

AL : Dr. Tomás Castro Carranza
Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas-UNSCH

ASUNTO : Dictamen final de tesis sustentada.

FECHA : Ayacucho, 13 de junio de 2012

La Comisión Académica designada por su Despacho conformada por los docentes: Mg. Jesús De La Cruz Arango, Mg. Serapio Romero Gavilán y Mg. José Manuel Diez Macavilca, hemos cumplido en revisar la tesis sustentada, titulada: "Capacidad predadora de *Notonecta* sp. (Hemiptera: Notonectidae) con relación al consumo de larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Chironomus* sp. (Insecta: Díptera)" Presentado por la Bachiller en Ciencias Biológicas KARINA CISNEROS GAMBOA, la recurrente ha cumplido con las correcciones sugeridas, en tal sentido, se aprueba a seguir con los trámites correspondientes:


1. La tesis cumple con todos los requisitos exigidos de todo trabajo de investigación científica que exige el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Formación Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas.
2. La Comisión opina favorablemente par su impresión y trámites correspondientes.

Es cuanto podemos informar para los fines que estime conveniente.

Atentamente,


Mg. Serapio Romero Gavilán
MIEMBRO DE COMISIÓN


Mg. José Manuel Diez Macavilca
MIEMBRO DE COMISIÓN


Mg. Jesús De La Cruz Arango
PRESIDENTE DE COMISIÓN