

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**“Mosquitos“ Simuliidae (Insecta: Díptera) y su relación con
algunas características ambientales de su hábitat. Muyurina,
Ayacucho 2008**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

BIÓLOGO

ESPECIALIDAD DE RECURSOS NATURALES Y ECOLOGÍA

PRESENTADO POR:

BACH. RISCO MENDOZA, JOSÉ CARLOS

AYACUCHO – PERÚ

2011

DEDICATORIA

*A mis padres, hermanos y todas las
personas que hicieron posible la
culminación de mi carrera
profesional.*

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincera gratitud a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme acogido durante mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas por darme la formación profesional.

A la plana docente de la Escuela de Formación Profesional de Biología por brindarme su orientación y conocimientos.

A la Empresa Prestadora de Servicios de Agua y Saneamiento EPSASA-Ayacucho, por brindar las facilidades para el uso de sus equipos, sin el cual no hubiera sido posible la materialización y conclusión de este trabajo de investigación.

Al MCs. Carlos Emilio Carrasco Badajoz, por haber asesorado y brindado las valiosas sugerencias para el desarrollo de la presente investigación.

A, mis compañeros y amigos (as). Zuli, Melina, Romel, Miriam, Daniel, Wilson, Osear, Víctor, Omar, quienes en forma desinteresada apoyaron al desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE

	Pag
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Generalidades	6
2.2.1. Orden Díptera	6
2.2.2. Familia Simuliidae	12
2.2.2.1. Clasificación Taxonómica	12
2.2.2.2. Características de los “mosquitos” Simuliidae	12
2.2.2.3. Morfología de los mosquitos Simuliidae	15
2.2.2.4. Ciclo de vida de los Simúlidos	21
2.2.2.5. Comportamiento y ecología	23
2.2.2.6. Importancia veterinaria	25
2.2.3. Características fisicoquímicas de las aguas naturales	25
2.2.3.1. Nutrientes	26
2.2.3.2. Gases disueltos	26
2.2.3.3. Principales iones	27
2.2.3.4. Otras características derivadas	29
2.2.4. Factores ambientales	34
2.2.4.1. Temperatura	34
2.2.4.2. La Precipitación	34
2.2.4.3. Radiación solar	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. Área de estudio	36
3.1.1. Ubicación política del área de estudio	36
3.2. Características de las zonas de muestreo	38
3.3. Población y muestra	39
3.3.1. Población	39
3.3.2. Muestra	39
3.4. Sistema de muestreo y toma de datos	40
3.4.1. Colecta de adultos y determinación del índice poblacional	40
3.4.2. Colecta de larvas y densidad	40
3.4.3. Características físico químicas de las muestras de agua	41
3.4.4. Identificación de los Simúlidos	42
3.5. Diseño de investigación	43
3.6. Procesamiento y análisis de datos	43
3.6.1. Prueba de comparación de medias de Kruskal- Wallis	43
3.6.2. Regresión correlación de Roh de Spearman	43
IV. RESULTADOS	45
V. DISCUSIÓN	58
VI. CONCLUSIONES	73
VII. RECOMENDACIONES	75
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
IX. ANEXOS	80

“Mosquitos” Simuliidae (Insecta: Díptera) y su relación con algunas características ambientales de su hábitat. Muyurina, Ayacucho 2008

Autor : Bach. José Carlos Risco Mendoza

Asesor : Mcs. Carlos Emilio Carrasco Badajoz.

RESUMEN

Los “mosquitos” han sido estudiados por diversas razones, como grupo zoológico y por ser agentes transmisores de enfermedades. El trabajo de investigación se desarrolló en el curso del río Yucaes estableciéndose cuatro zonas de muestreo para larvas y una zona de muestreo en la localidad de Muyurina para adultos, durante los meses de junio a octubre del 2008. El tipo de investigación fue diseño de una sola casilla, planteándose los siguientes objetivos: Identificar las especies de de la familia Simuliidae en las formas larvales y adultos. Determinar la densidad de las larvas de los simúlidos en los puntos ubicados en el curso del río Yucaes. Determinar la densidad de las formas adultas de los simúlidos en la localidad de Muyurina mediante el índice de número de picaduras/hombre/hora. Determinar las principales características del hábitat de la forma adulta y de larvas (características fisicoquímicas del agua). Determinar la relación de la densidad de las formas adultas y larvales, con las principales características ambientales de su hábitat. Los muestreos fueron cada 15 días; para larvas y pupas se empleó una red tipo Surber de 1 200 cm²; mientras los adultos se capturaron con un tubo succionador. Se identificó a *Paraustrosimulium sp.* para la localidad de Muyurina, la densidad de larvas se halló que el mes de junio y octubre presentaron menor densidad y los meses de agosto y setiembre mayor densidad, siendo el punto de muestreo IV con 37 larvas/m² y el punto de muestreo I con 2 495 larvas/m², en caso de adultos, se encontró que los meses de julio y octubre presentan menor densidad, siendo el mes de agosto el que presento mayor densidad entre las 10:00 a 11:00 h, mientras en el mes de setiembre la mayor densidad se dio entre las 15:00 a 16:00 h, en relación a las características fisicoquímicas del agua se observó menores valores en los meses de junio y julio y mayores valores en el mes de setiembre, así mismo se observó que los adultos de *Paraustrosimulium sp.* presentan relación negativa con la temperatura y precipitación y relación directa con las horas de sol.

Palabras clave: Simuliidae, *Paraustrosimulium*.

I. INTRODUCCIÓN

Los "mosquitos" simúlidos, son una familia de insectos voladores que pertenecen al orden díptera, clase insecta, son conocidos genéricamente como "moscas negras", y han sido estudiados a lo largo del tiempo por diversas razones, entre las que se incluye el ser agentes transmisores de determinadas enfermedades y, por supuesto, el interés como grupo zoológico para su estudio taxonómico y faunístico. No se conocen estudios relacionados con la caracterización taxonómica, menos ecológica en nuestro departamento, lo que permitiría tener cabal información para su control. Entre sus miembros se encuentra a especies excesivamente agresivas; son de hábitos diurnos y atacan de preferencia en días soleados durante el día, aunque la mayoría de los mosquitos se alimentan de noche, su distribución está afectada principalmente por la disponibilidad del agua en movimiento principalmente para el desarrollo de las etapas inmaduras, pueden ser encontrados en cursos de agua corriente, de diferentes volúmenes, velocidades, temperatura, pH y altitud a partir del nivel del mar (Coscarón y Coscarón, 2007).

Sus ataques no están limitados a animales homeotermos, ya que hay citas de su alimentación sobre peces y reptiles. Estos insectos se pueden reproducir prácticamente en diferentes fuentes de agua, por lo que la asociación al medio

acuático obliga a este grupo a permanecer en lugares que provean de estas condiciones en las inmediaciones. Los simúlidos son organismos que se pueden coleccionar, capturar, fijar y diferenciar por muchos caracteres morfológicos y haciendo uso de claves se pueden llegar a diferenciar las especies. Existen muchísimas especies de “mosquitos” hematófagos, pero no se ha hecho publicación de una revisión sistemática, a pesar de la gran importancia que tienen en la transmisión de enfermedades. Son rurales pero frecuentemente llegan a la capital favorecidos por los suaves vientos que soplan y porque los adultos son potentes voladores teniendo la capacidad de recorrer varios kilómetros, cabe mencionar que el Ministerio de Salud (MINSA) tiene reportado algunas especies de dípteros faltando la identificación de otras, entre ellos los simúlidos, motivo por el cual se llevo a cabo la investigación de los “mosquitos” Simuliidae y su relación con algunas características ambientales de su hábitat en el curso del río Niño Yucaes, y en el centro poblado de la localidad de Muyurina, Ayacucho, 2008. Basándonos en lo señalado, el presente trabajo de investigación se desarrollo en base a los siguientes objetivos:

- Identificar las especies de los “mosquitos” de la familia Simuliidae en las formas larvales y adultos en el curso del río Yucaes y en la localidad de Muyurina durante los meses de junio a octubre del 2008.
- Determinar la densidad de las larvas de los “mosquitos” simúlidos en los puntos ubicados en el curso del río Yucaes entre los meses de junio a octubre del 2008.
- Determinar la densidad de las formas adultas de los “mosquitos” simúlidos en la localidad de Muyurina mediante el índice de número de picaduras/hombre/hora en el periodo de evaluación.

-
- Determinar las principales características del hábitat de la forma adulta (precipitación, temperatura y horas de brillo solar) y de larvas (características fisicoquímicas del agua).
 - Determinar la relación de la densidad de las formas adultas y larvales de los "mosquitos" simúlidos, con las principales características ambientales de su hábitad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Muzón, *et. al* (2005), realizaron un inventario preliminar de los insectos acuáticos de la meseta del Somuncura y su área de influencia (Patagonia, Argentina), realizado sobre la base de colecciones y registros previos de especies pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Hemiptera, Trichoptera, Díptera (familias Culicidae y Simuliidae). Con respecto al orden Díptera mencionan que en Argentina existen cerca de 300 especies, de las cuales 18 han sido citadas para la Patagonia, y dentro de la misma se halla a la familia Simuliidae como la más representativa seguida de la familia Culicidae.

Carrasco (2005), en su trabajo: Comunidad macroinvertebrada bentónica y su relación con la calidad de agua en cinco ríos de la provincia de Huamanga. Ayacucho, reporta que el phylum más representativo hallado fue Artropoda y dentro de ésta la clase Insecta, que reúne dentro de sí la gran mayoría de los taxones hallados, siendo el orden Díptera seguido de Trycoptera y Ephemeroptera los que muestran el mayor número de familias y géneros. Así mismo observó que la abundancia relativa por clase y orden, son los organismos pertenecientes a la clase Insecta que en su conjunto representó el 94,41% de la comunidad estudiada, dentro de la cual el orden Díptera es el que presentó mayor abundancia con 81,81%, seguido de Ephemeroptera y Trycoptera. Así

mismo halló que la abundancia está relacionada con algunos factores fisicoquímicos del agua resultados de la contaminación orgánica, es así que menciona que la concentración de las principales características fisicoquímicas son menor "río arriba" y mayores "río abajo", de la misma manera mencionó que el factor que influye es la presencia antropogénica, la cual es determinante en condicionar las características fisicoquímicas de las aguas y por lo tanto determinantes en las características de la comunidad macroinvertebrada.

Santiesteban y Dale (2004), realizaron un inventario de las especies de simúlidos presentes en los departamentos de Cusco, Junín, Lima, Puno, Ancash, Arequipa y Tacna, además de la determinación de los daños que causan al afectar al hombre, los animales de sangre caliente, su etología, las formas culturales de control, el empleo de insecticidas para su erradicación y otras formas de control que no afecten al medio ambiente. Debido al grave problema que está causando la presencia de simúlidos hematófagos en la ciudad de Huánuco, el gobierno regional de este departamento ha presentado el proyecto: Control y manejo de simúlidos en la ciudad de Huánuco y alrededores, ya que el manual de campo para la vigilancia entomológica, publicada por el Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), solo hace referencia del problema que causan los simúlidos haciendo hincapié que no se han determinado fehacientemente la forma de estimar sus densidades.

Guerrero-Bolaño (2001), en sus trabajos de estudios de la estructura de la comunidad macroinvertebrada bentónica en el sector de Pozo Azul sobre la cuenca del río Gaira (Magdalena-Colombia), en la que colectó 588 individuos distribuidos en 11 órdenes y 38 familias. Los órdenes más representativos fueron Trichoptera, Coleóptera, Díptera y Ephemeroptera, siendo el último de ellos el más abundante. Las familias más representativas fueron Baetidae, Simuliidae, Perlidae, Chironomidae e Hydropsychidae respectivamente.

Mariño (2001) identificó la presencia de una población de *Simulium* en donde *Psaroniocompsa jujuyense* Paterson y Shannon, es netamente antropófila y en total predominio. Desde mediados del 2002 a la actualidad esa especie fue reemplazada totalmente por la población de *Simulium cerqueirellum chaqueense* Coscarón, cita nueva para la provincia de Buenos Aires y con características de mayor agresividad y elevado cociente reproductivo, se encuentran sus estadios inmaduros en todos los cursos de agua, desde los grandes hasta pequeños (desbordes), siempre utilizando la vegetación como soportes. El estudio de los dípteros en México ha sido comparativamente escaso, salvo ciertas familias que históricamente representan un problema de salud pública o económico, como es el caso de Culicidae y Simuliidae (Ibáñez-Bernal, 1996), por lo que el conocimiento real del orden en cuanto a su diversidad en el territorio mexicano es incipiente, si se toma en cuenta el hecho de que México ocupa uno de los lugares preponderantes en la lista de países con megabiodiversidad.

2.2. Generalidades

2.2.1. Orden Díptera

El orden Díptera es uno de los órdenes de holometábolos más numerosos y diversificados en todo el mundo, ocupando en sus distintos estadios inmensa variedad de nichos ecológicos tanto terrestres como acuáticos, incluyendo parásitos, predadores y degradadores. Aun en una misma familia podemos hallar una gran diversidad (De la Fuente, 1994).

El orden Díptera son insectos caracterizados porque sus alas posteriores se han reducido a halterios, es decir, que poseen sólo dos alas membranosas y no cuatro como el resto de los insectos. De allí proviene su nombre que quiere decir dos alas. El segundo par de alas, está convertido en balancines o halterios que funcionan como giróscopos, usados para controlar la dirección durante el vuelo (Amett, 2000).

Los dípteros se reconocen por la presencia de un solo par de alas membranosas ya que el posterior se ha reducido a balancines en forma de clava; en concordancia con este carácter el pro y metatórax también están reducidos, algunos son secundariamente ápteros. Aproximadamente la mitad de las especies que conforman este orden tienen relación con el agua, como las familias Culicidae, Simuliidae y Chironomidae. Así mismo las formas inmaduras de este orden ocupan una gran variedad de hábitats, superior a cualquier orden de insectos. La importancia de este orden es médico-veterinaria, ya que muchos son transmisores de enfermedades (malaria, filariasis, dengue, fiebre amarilla, encefalitis, etc.) y que se constituyen en los ecosistemas acuáticos continentales como uno de los grupos base de la pirámide alimenticia (Fernández y Domínguez, 2001).

Su fuente de alimento de los dípteros es bastante variada, la que incluye desde detritus fino y microorganismos, a partes de plantas, madera en descomposición y otros insectos y vertebrados, además las preferencias y hábitos de algunas larvas cambian con la edad y la estación del año. Se encuentran en una diversidad grande de hábitat, existen taxones que requieren buena calidad de agua como la familia Simuliidae, otros habitan en aguas polucionadas como algunas especies de la familia Chironomidae, los que presentan diferentes adaptaciones respiratorias, como pigmentos respiratorios en la hemolinfa para hacer frente a la escasez de oxígeno (Roldan, 1992).

Arnett (2000), menciona que la alimentación de estos animales es muy variada, ya que pueden ser fitófagos, carnívoros, parásitos o saprófagos. Su desarrollo es holometábolo es decir de metamorfosis compleja. La mayoría tarda de 10 a 20 días en transformarse en adulto desde que sale del huevo, la duración varía según la especie. Pasa por 3 ó 4 estadios larvarios más el estadio de pupa antes

de llegar al adulto o imago. Las larvas son vermiformes (con forma de gusano) y no tienen patas.

De la Fuente (1994), menciona que los organismos patogénicos de algunas de las enfermedades más virulentas como la malaria, la enfermedad del sueño, la elefantiasis y la fiebre amarilla son transmitidos al hombre a través de dípteros chupadores de sangre. Se conocen muchas otras enfermedades transmitidas por mosquitos, entre ellas se encuentra la filariasis (como la producida por la infección con el gusano nemátodo que causa la temible elefantiasis filariana), el dengue, la encefalitis humana y equina y la frecuentemente fatal helmintiasis cardíaca del perro. En todas ellas, la labor de control está casi enteramente dirigida contra el agente portador.

De la Fuente (1994), describe las características morfológicas de los estadios del orden Díptera, las cuales se mencionan a continuación:

a. Huevo

Presenta una estructura interna simple, particularmente si se desarrollan en hábitats permanentes y húmedos. Unas pocas especies (por ejemplo del género *Tipula*) emprenden una corta diapausa antes del desarrollo. Los huevos de cierto número de géneros, especialmente aquellos que son puestos en substancias tales como estiércol de vaca o materias en fermentación, tienen una o varias proyecciones tubulares aplanadas. Estas se proyectan fuera del substrato y permiten al insecto respirar con gran eficiencia cuando son cubiertos por una capa de agua. Algunos huevos, concretamente los de algunos culícidos, se organizan en grupos (De la Fuente, 1994).

b. Larva

Ningún otro orden de insectos presenta tanta diversidad larvaria como los dípteros. Solo 4 familias tienen la inmensa mayoría de sus especies fitófagas en la fase larvaria: Cecidomyidae, Tephritidae, Agromyzidae y Chloropidae, mientras

Mycetophilidae y Platypezidae son fungívoros. Las larvas de los dípteros son eruciformes y, generalmente, apodas, solo algunas familias tienen pseudopatas. Su cuerpo suele ser alargado, cilíndrico y con una segmentación más o menos aparente; solo en algunas especies las larvas son elipsoidales y aplanadas. Por el desarrollo de la cabeza se conocen tres tipos de larvas: eucéfalas, hemicéfalas y acéfalas. Las larvas eucéfalas son típicas de muchos Nematóceros; se caracterizan por tener la cabeza bien desarrollada y una estructura craneal esclerotizada, en la que se diferencian varias partes y sobre las que se sitúan diversos apéndices. Las larvas hemicéfalas tienen la cabeza menos voluminosa y son típicas de muchos Brachycera y Orthorrhapha. La cabeza es más o menos retráctil en el tórax; los apéndices cefálicos son menos aparentes que en la eucéfalas; las mandíbulas se mueven en un plano vertical y no una con otra; además, son muy estilizadas y tienen forma de garfio o garra. En las larvas acéfalas la cabeza está muy reducida, no tiene cápsula cefálica externa esclerotizada y es típica de los Brachycera y Orthorrhapha. Las antenas así como los palpos maxilares y labiales están reducidos a pequeños lóbulos o papilas (De la Fuente, 1994).

c. Pupa

La mayor parte de los nematóceros tienen 4 intermudas larvales (6 en los simuliidae); en los braquíceros, el número varía por regla general entre 5 y 8; en los ciclórrafos hay solo 3 intermudas. La pupación tiene lugar por uno de dos métodos posibles. En los nematóceros y braquíceros, la piel es normalmente arrojada en la pupación; pero en los Stratiomyidae y algunos Cecidomyidae, las exuvias persisten y encierran la pupa. En los ciclórrafos, la pupa está encerrada en la piel larval, la cual se endurece y forman una membrana externa o pupario. El pupario es ovoide o en forma de cubilete y completamente inmóvil. La larva madura cesa de alimentarse, evacua el intestino y se transforma en "larva

postalimentaria". El proceso de "pupación" es relativamente rápido pero dentro del pupario primero se forma una "prepupa". Después de la apólis larval - pupal, aparece la pupa pero es al principio "criptocefálica", con la cabeza retraída (De la Fuente, 1994).

d. Adulto

El tamaño es pequeño o mediano, varía desde menos de 1 mm hasta 60 mm, de aspecto frágil o robusto de colores generalmente apagados, aunque algunos presentan colores vivos y metalizados. El cuerpo tiene la cabeza y el tórax más esclerotizados que el abdomen, está revestido por sedas, escamas y por una fina capa pruinosa. El color del tegumento puede ser de naturaleza óptica, producido por estriaciones de la superficie o superposición de laminillas o químico debido a los pigmentos de las células epidérmicas (De la Fuente, 1994).

Los imagos de la mayor parte de las especies son diurnos y la mayoría son amantes de las flores, de cuyo néctar se alimentan o con frecuencia de materia orgánica en descomposición de diverso tipo. Aunque predominan estos dos hábitos, considerable número de moscas son depredadoras, se alimentan de diversos insectos. Además de lo anteriormente expuesto, existen otros dípteros que han adquirido hábitos chupadores de sangre, y, además del hombre, otros muchos vertebrados pueden ser atacados por una u otra especie (De la Fuente, 1994).

Arnett (2000), menciona que los principales caracteres usados en su clasificación son: antenas, patas, nerviación de las alas y quetotaxia (disposición de las cerdas, principalmente en la cabeza y en el tórax). Ocasionalmente se usan otros caracteres tales como: presencia o ausencia de ciertas suturas, forma de la cabeza o del abdomen, forma de las piezas bucales y presencia o ausencia de ocelos.

La antena es de morfología variable en las diferentes familias y dentro de una misma familia. En el suborden Nematocera las antenas son multisegmentadas y los segmentos (con la posible excepción de los 2 basales) son semejantes entre si. En el suborden Brachycera, las antenas tienen generalmente 3 segmentos, siendo los segmentos basales pequeños y el tercero mayor. En algunos *Brachycera*, el tercer segmento de las antenas es anillado, dividido en subsegmentos. Las principales características de las patas empleadas en la separación de las familias de Dípteros son: la estructura del empodio y la presencia o ausencia de espolones tibiales. El empodio es una estructura que se encuentra entre las uñas, en el último segmento tarsal. En la mayoría de los dípteros tiene forma de cerda o no existe, pero en algunas familias es grande, membranosa y semejante a las pulvilli. Los pulvilli son almohadillas situadas en el ápice del segmento tarsal, uno en la base de cada uña. Así un díptero puede presentar 2 almohadillas (los pulvilli), tres almohadillas (2 pulvilli y un empodio pulvilliforme) o ninguna almohadilla (pulgilli ausentes) en el último segmento tarsal, o pulvilli y empodio setiforme, los espolones tibiales son estructuras en forma de espinas localizadas generalmente en la extremidad distal de la tibia. La principal sutura cefálica usada es la sutura frontal. En los Cyclorhapha el adulto emerge del pupario a través de una abertura circular en la extremidad anterior, esta abertura resulta de la presión ejercida por el ptilinum sobre el pupario. Esta es una estructura saculiforme que se evierte en la parte frontal de la cabeza, encima de la base de las antenas. Después de la emergencia del adulto, el ptilinum es absorbido en el interior de la cabeza y en la mayoría de las familias de Cyclorhapha permanece una sutura en la línea de eversión de esa estructura. Esa recibe el nombre de sutura frontal y usualmente tiene forma de U invertida (Arnett, 2000).

2.2.2. Familia Simuliidae

2.2.2.1. Clasificación Taxonómica

Según Coscarón y Coscarón (2007) y Roldan (1992), la familia Simuliidae tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio	: Eukaryota
Reino	: Animalia
Sub reino	: Metazoa
Filo	: Arthropoda
Clase	: Insecta
Sub clase	: Pterygota
Infra clase	: Neoptera
Super orden	: Endopterygota
Orden	: Díptera
Familia	: Simuliidae

A nivel mundial se ha podido describir aproximadamente unas 1 700 especies, mientras que a nivel del neotropico se conocen aproximadamente 400 especies. Hay dos sub-familias de Simuliidae. La más primitiva es la Parasimuliinae que incluye 4 especies descritas y una no descrita del Pacífico Noroeste. Las hembras de estas especies no tienen partes bucales para picar. La subfamilia Simuliinae contiene el resto de las especies y se divide en dos tribus; la Prosimuliini y la Simuliini, la última contiene las especies plaga más importantes. El género más grande es Simulium, contiene 41 sub-géneros y muchas de las especies son de importancia económica (Fernández y Domínguez, 2001).

2.2.2.2. Características de los “mosquitos” Simuliidae

Los simúlidos (Diptera: Simuliidae), mejor conocidos como moscas negras, rodadoras o morrongoy tienen importancia médica y veterinaria toda vez que algunas especies pueden transmitir enfermedades al hombre tales como

mansonelosis y oncocercosis (África). También pueden transmitir enfermedades a los animales tales como filaria del caballo, la malaria aviar, la mixomatosis en conejo y la Encefalitis Equina del Este (Petersen *et al.*, 1983).

Los mosquitos simuliidae, llamados también como moscas negras, es un insecto volador cuya hembra está adaptada para alimentarse de sangre, por lo que en muchos lugares del mundo se han constituido como una plaga formidable de animales domésticos, silvestres, incluyendo dentro de estos al hombre. Se los puede hallar ocupando diferentes hábitats, por ejemplo en aguas cuyas temperaturas van desde cercanas a 0 °C a un poco más de los 25 °C, a alturas que van desde el nivel del mar hasta alturas de 5 000 m.s.n.m., en aguas con oxígeno en nivel de saturación hasta aguas pobre en ella, en aguas sumamente limpias hasta aguas con elevados valores de turbidez. Solo tienen como condición distintiva, que los hábitats que ocupan deben tener aguas corrientes (ríos o riachuelos) que es requerida para el desarrollo de las fases inmaduras, por ello tienen distribución global, con la excepción de Antártica y varias islas oceánicas. Así mismo, éstos mosquitos están catalogados como un agente de importancia en términos de la transmisión de agentes infecciosos, aparte también se los cataloga como uno de los pocos artrópodos que pueden matar un animal por exanguinación (ataques masivos del insecto), su comportamiento de movilizarse en enjambres, crean una molestia intolerable cuando las hembras entomófagas se dirigen a los orificios naturales de la cara o se desplazan sobre la piel. Pero cabe recalcar que, este comportamiento solo lo presenta un grupo pequeño de esta familia, generando una mala reputación, que afecta al grupo completo, ya que sólo aproximadamente un 10% de las especies son plagas de importancia veterinaria (Coscarón y Coscarón, 2007).

Los simúlidos se desarrollan en aguas muy oxigenadas y de corrientes fuertes o moderadas de allí que algunos especialistas los consideran útiles como

indicadores de calidad de agua. Las larvas de simúlidos se han especializado en la explotación de las partículas en suspensión en el agua sin discriminar el tamaño de partículas para lo cual utilizan estructuras cefálicas a manera de abanicos y secreciones (Margalef, 1983).

Los conocimientos que se tiene del grupo han sido impulsados especialmente por su importancia entomoepidemiológica, ya que producen molestias muy desagradables con sus picaduras. Los simúlidos también producen pérdidas económicas afectando la actividad agrícola-ganadera, los simúlidos son insectos de hábitos predominantemente diurnos. Ambos sexos se alimentan de jugos vegetales o del néctar de las flores y solamente las hembras de algunas especies practican la hematofagia (Fernández y Domínguez, 2001).

Dentro de esta familia se agrupa a los nematóceros conocidos como mosca negra, mosca prieta, jején, rodador, mosca alazán, etc., que tienen una distribución mundial. Los juveniles se desarrollan exclusivamente en ambientes acuáticos lóticos, desde pequeños escurrideros hasta los grandes ríos. Se distinguen fácilmente de otros dípteros por presentar en el estado adulto el cuerpo robusto, con patas cortas y gruesas, antenas multiarticuladas de tipo moniliforme que difícilmente rebasan la anchura antero-posterior de la cabeza, el tórax fuertemente convexo dorsalmente y el ala muy ancha con un crecimiento del lóbulo anal considerable y con las venas anteriores (costal y radial) gruesas y esclerotizadas y las posteriores delgadas y débiles a manera de pliegues; adicionalmente el ala presenta un pliegue longitudinal cerca de su parte media entre las venas radial y cubital que se bifurca distalmente. La pupa se caracteriza por estar encerrada en un capullo de seda elaborado por la larva madura que la fija al sustrato, con forma variable dependiendo de las especies, pero siempre presentando una abertura anterior o anterodorsal por la cual sobresalen los estigmas ventiladores que normalmente son arboriformes. La larva es eucéfala,

con el tórax y la porción terminal del abdomen ensanchados de forma característica; salvo algunas pocas excepciones, están presentes un par de abanicos cefálicos originados a partir del labro y que les sirven para filtrar las partículas nutritivas. También es característica la presencia de un pseudópodo torácico única que posee un anillo de hileras de ganchos en su extremo y un disco similar no pedunculado en el extremo distal del abdomen que son útiles para la sujeción al sustrato (Fernández y Domínguez, 2001; Coronado, 1972).

2.2.2.3. Morfología de los “mosquitos” Simuliidae

En forma general, la morfología se basa sobre las características de todos los estados de desarrollo con excepción del embrionario. Los huevos no son diferenciables, mientras las larvas y adultos presentan caracteres específicos, mientras que en el estadio de pupa se observan buenas características morfológicas diferenciales para su identificación (Fernández y Domínguez, 2001).

a. Huevo

El huevo es ovalado o triangular con ángulos redondeados. Tiene una capa exterior glutinosa y una interior suave y pigmentada. Hay micrópilo en algunas especies y en otras no, mide de 0,18 mm a 0,46 mm de largo, es ovoide pero asimétrico, variando desde triangular a reniforme. Bajo el microscopio compuesto el corion no manifiesta ornamentaciones, se los encuentra casi siempre formando masas aglutinadas. Son blancos amarillentos recién depositados, tornándose luego castaños a castaños oscuros. Los huevos se depositan en masas sobre piedras o la vegetación, usualmente donde el agua corre rápido, los huevos típicamente no aguantan la desecación, aunque varias especies pueden sobrevivir en las riberas secas de los ríos por varios años o emergiendo de los huevos solo cuando llueve (Fernández y Domínguez, 2001).

b. Larva

La morfología de las larva de la familia Simuliidae es muy homogénea en todo el grupo, adaptados para la vida acuática , adhiriéndose a objetos sólidos con discos muy pequeños tipo ventosa y mediante pequeños ganchos en la punta del abdomen, de forma delgada y algunas cilíndricas, de 5,0 a 15,0 mm de longitud y cabeza bien diferenciada. La larva emerge ayudada por un quiebra huevo, un tubérculo pequeño en el dorso de la cápsula de la cabeza. El abdomen presenta sus segmentos anteriores delgados y hacia su parte terminal más ensanchados, con la presencia característica de un anillo de hileras de ganchos en la parte terminal del cuerpo, la coloración es variada desde castaño amarillento, verde gris blancuzco al castaño. Cabeza castaña amarillenta pálida, con manchas en el dorso de gran valor diagnóstico en el apotoma cefálico, mostrando variada ornamentación. La cápsula cefálica es en general un poco más larga que ancha. Lateralmente con respecto al apotoma cefálico están las genas que llevan las manchas oculares; ventralmente la cápsula cefálica presenta una proyección ántero-ventral, el hipostomio con el borde anterior bien esclerotizado y denticulado (Femández y Domínguez, 2001).

Coscarón y Coscarón (2007), menciona que el diseño básico de larva consiste de una cápsula de la cabeza bien esclerotizada con un par de colmillos labrales y un cuerpo alargado con una pseudopata torácica y otra en el terminal del abdomen. Cada pseudopata tiene un círculo de ganchos que se agarran de la seda producida por las glándulas de seda y con las que se anclan al sustrato. Estas glándulas de seda (adhesivas) se extienden de la parte anterior de la cabeza a la parte posterior del abdomen en donde se agrandan. El grado de lo adhesivo de la seda está directamente correlaciona con la velocidad del agua a la que cada especie está adaptada a vivir. Mientras se fijan mediante su pseudopata posterior, la larva extiende su cuerpo para filtrar el agua, para el cual

emplea los prominentes abanicos labrales, que presenta de 20 a 80 rayos con microtrichia en su superficie interior, filtran material particulado que es arrastrada por el agua. Las larvas de algunas especies que viven en aguas producto del derretimiento de glaciales con poco material particulado útil, han perdido los abanicos labrales y dependen de sus mandíbulas y del labrum especializado y de un hypostoma para raspar la comida del sustrato. Otros elementos prominentes de la cabeza y del cuerpo que son importantes taxonómicamente, son las antenas que consisten de tres artículos y de un sencillo cono terminal son alargados, delgados y pigmentados. Hay un par de puntos oculares prominentes en cada lado de la cápsula de la cabeza. Los patrones de pigmentación del cuerpo, de la cabeza y la forma de la zanja (cleft) postgenal, un área con poca esclerotización en el lado ventral de la cabeza, son importantes al interpretar la taxonomía a nivel de familia. La porción anteroventral de la cápsula de la cabeza contiene el hypostoma, una placa adientada utilizada junto con la mandíbula para cortar hebras de seda y para raspar comida del sustrato. Las larvas maduras se reconocen por tener una agalla histoblasto oscura en cada lado del tórax.

Las larvas de simúlidos se han especializado en la explotación de las partículas en suspensión en el agua sin discriminar el tamaño de partículas para lo cual utilizan estructuras cefálicas a manera de abanicos y secreciones (Margalef, 1983).

Méndez y Petersen (1981), los clasifican como organismos filtradores y los consideran como importantes en el funcionamiento del ecosistema toda vez que remueven partículas orgánicas finas que se perderían a lo largo del tramo del río y además las concentran en forma de heces haciéndolas disponibles a otros invertebrados. Para el desarrollo de las larvas acuáticas necesitan cursos de agua corriente que debe estar relativamente limpia y bien oxigenada, aunque

con un cierto aporte de materia orgánica en suspensión. Las larvas se fijan a diferentes sustratos, piedras del fondo, vegetación incluso plásticos y otras basuras. También favorece su desarrollo la proliferación de algas en las que tiene lugar la fase de pupa.

Los apéndices cefálicos son dorsalmente las antenas, compuestas de tres artejos, llevando el distal un órgano sensorial cónico y alargado, y el abanico cefálico provisto de una robusta base donde se articulan rayos cortos en número de 25 a 50 con denticulación interna variada a manera de peine. Ventralmente, se encuentran las robustas mandíbulas, provistas en el ápice de tres grandes dientes, dos externos y uno apical seguidos por tres preapicales, hacia la base, los dientes internos de longitud y número variados pudiendo estar dispuestos en más de una hilera, y a continuación las serrulaciones mandibulares. El abdomen lleva dorsal y distalmente las branquias rectales compuestas de tres ramas primarias, que pueden subdividirse en un número elevado de lóbulos secundarios. Por debajo y detrás de las branquias se encuentra el esclerito anal en forma de X; en algunos géneros, el esclerito secundario puede alcanzar a cerrar el círculo ventralmente. La presencia de escamas o tricomas, es común en el área abarcada por el esclerito anal. En la porción apical del cuerpo, que actúa como órgano de fijación en el sustrato a manera de ventosa, se encuentra el anillo posterior compuesto por 60 a 250 hileras de ganchos, llevando cada hilera de 12 a 30 ganchos (Fernández y Domínguez, 2001).

Para el desarrollo de las larvas acuáticas estas necesitan cursos de agua corriente que debe estar relativamente limpia y bien oxigenada, aunque con un cierto aporte de materia orgánica en suspensión. Las larvas se fijan a diferentes sustratos, piedras del fondo, vegetación incluso plásticos y otras basuras. También favorece su desarrollo la proliferación de algas en las que tiene lugar la fase de pupa (Santiesteban y Dale, 2004).

c. Pupa

Al igual que la larva, la pupa también está adaptada para la vida acuática, aunque la pupa no-motil tiene adaptaciones terrestres por si acaso el agua retrocede del lugar de cría. Es muy parecida al adulto con sus apéndices pegada al cuerpo, está encapsulada en una crisálida de seda. Las crisálidas van de sacos con forma en las especies más primitivas a cubiertas elaboradas tipo sandalia o bota y con frecuencia tiene procesos, ventanas laterales en las especies más avanzadas. Un par de agallas salen del tórax. Las agallas son de las estructuras más útiles en la taxonomía. Varían en arreglo, de espesas tipo mazo, a grupos de 2 a más de 100 filamentos delgados, algunas especies pupa en racimos o masas pero la mayoría pupa individualmente. La duración de la etapa de pupa depende principalmente de la temperatura y de la especie, y va de varios días a varias semanas (Coscarón y Coscarón, 2007).

Fernández y Domínguez (2001), mencionan que la pupa presenta una longitud entre 2 mm y 8 mm. Está protegida por un capullo que la recubre parcial o totalmente y de forma variado. La pupa presenta anteriormente expansiones protórnicas con funciones respiratorias de morfología muy variada y generalmente arborescentes. El número de ramas varía de una a más de un centenar. Tiene un pedúnculo basal del que salen las ramas primarias y sus ramificaciones son ramas secundarias, terciarias, etc. En el dorso del tórax y frontoclípeo generalmente presenta pequeños tubérculos de borde liso o rugoso, en número variado. El tegumento del abdomen presenta espinas y tricomas simples o ramificados en los que se fija el capullo, cuyo número y forma posee gran valor diagnóstico, mostrando la distribución de tricomas y espinas.

d. Adulto

Los insectos adultos viven en la vegetación próxima a los ríos y torrentes. Se alimentan de jugos vegetales, pero en algunas especies las hembras necesitan

el aporte de sangre para el desarrollo y la puesta de los huevos y son muy agresivas. Tienen hábitos diurnos. Pueden estar activos prácticamente todo el año, dependiendo de la temperatura, pero su actividad se desarrolla fundamentalmente desde principios de la primavera hasta mediados de otoño. Al amanecer y al atardecer pueden formar nubes en las cercanías de los ríos y riachuelos, pero su radio de acción es muy amplio, de 12 a 20 km. desde el lugar de cría, pudiendo las hembras desplazarse hasta 50 km en busca de seres a los que picar por su necesidad hematófaga (Méndez y Petersen, 1981).

Fernández y Domínguez (2001), mencionan que presentan tamaño relativamente pequeño desde 1,5 mm a 5 mm, color generalmente grisáceo a negro o de tonos castaños amarillentos. Cabeza ancha y redondeada, antenas relativamente cortas y moniliformes, de 10 a 11 artejos dependiendo de la especie. Apéndices bucales relativamente cortos, tórax ancho, con escudo convexo, más giboso en el macho, cubierto de pelos uniformes y a menudo ornamentados con bandas longitudinales. Alas anchas bien desarrolladas, presentando pelos y setas espiciformes. Patas relativamente cortas y robustas, de pigmentación y anchura variada en sus artejos. Abdomen grueso, generalmente con escasa ornamentación.

Coscarón y Coscarón (2007), describen que los adultos simúlidos presentan antenas cónicas o en forma de bolitas y un tórax arqueado de donde salen las alas de unos 6 a 10 mm de largo, con la vena del margen costal engrosada. La mayoría de las especies tienen un color negro, pero existen especies que presentan patrones de color amarillo y anaranjado. Las hembras presentan frente mientras los machos de todas las especies tienen ojos holópticos (que ocupan casi toda la cabeza y se unen en la línea medial). Las facetas de los omatidios dorsales son más grandes que las ventrales lo que les permite divisar

las hembras que entran a un enjambre de apareamiento desde arriba. Las hembras son más pequeñas con ojos dicópticos, (separados por el frons).

Las partes bucales están ubicadas en la parte ventralmente de la cabeza. Una par de palpos maxilares largos y conspicuos sale de la base de la probosis. El tercer segmento contiene el órgano de Lutz, con una vesícula sensorial el que presenta un sin número de quimiorreceptores para detectar la presencia de CO₂. El labium forma la parte trasera de la probosis y envuelve las otras partes bucales, incluyendo las diminutas pero serradas mandíbulas y las lacinias con dientes. Esto lo hace con un par de lóbulos carnosos llamados labella. Las partes bucales del macho son parecidas a las de la hembra, excepto que las mandíbulas y las lacinias no tienen dientes y no están adaptadas a alimentarse con sangre (Vargas, 1996).

El tórax robusto tiene un par de alas de color ahumado o hialino, donde la venación y la estación son importantes rasgos taxonómicos al nivel de género. La garra tarsal ocurre en uno de tres condiciones: la primera se da en especies que se alimentan de mamíferos tienen garra simple, la segunda con un diente en la base de cada garra, y el tercero las que se alimentan de aves tienen un lóbulo grande tipo dedo en la base de cada garra (Santiesteban y Dale, 2004).

2.2.2.4. Ciclo de vida de los simúlidos

Los estadios inmaduros se pueden encontrar en cualquier tipo de agua en movimiento. Hay diferenciación específica dependiendo del tipo de ambiente, habiendo especies univoltinas y otras multivoltinas. Algunas de las multivoltinas tienen hasta siete generaciones por año en Norte América, en los trópicos algunas especies de simulium pueden generar hasta veinte generaciones por año. Los huevos típicamente no aguantan la desecación, aunque varias especies pueden sobrevivir en las riberas secas de los ríos por varios años o emergiendo de los huevos solo cuando llueve. La etapa de larva dura como una

semana o menos, a medio año dependiendo de la especie, temperatura del agua y disponibilidad del alimento. Las larvas en su último instar típicamente buscan aguas menos turbulentas para pupar en una crisálida de seda que adhieren al sustrato. Algunas especies pupa en racimos o masas, pero la mayoría pupa individualmente. La duración de la etapa de pupa depende principalmente de la temperatura y de la especie, y va de varios días a varias semanas. Cuando el adulto está listo para emerger, expulsa aire de su sistema respiratorio lo que hiende la cutícula pupal a lo largo de una línea ecdisial (Fernández y Domínguez, 2001).

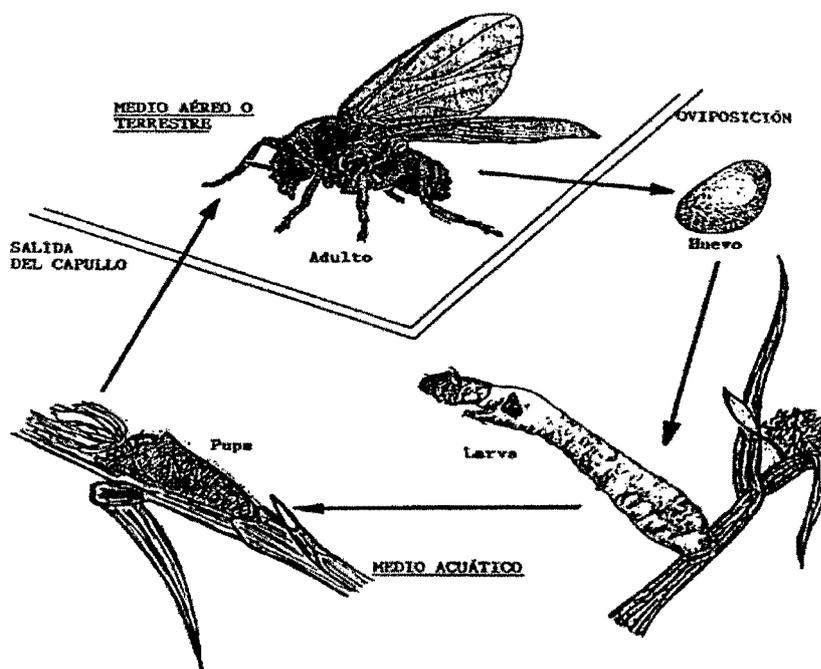


Figura Nº 01. Ciclo de vida de “mosquito” simúlido (Fernández y Domínguez, 2001)

Los adultos recién emergidos, parcialmente cubiertos de aire, suben a la superficie del agua con suficiente fuerza como para romper la tensión superficial. Entonces busca un lugar para reposar, usualmente en el banco del río o quebrada y allí se seca y esclerotiza. Los adultos duran menos de un mes, tiempo durante el cual aparean, se alimentan de néctar, buscan huésped, se alimentan de sangre y ovipositan. La mayoría de las hembras produce un grupo

de 100 a 600 huevos. Algunas producen varios grupos de huevos a lo largo de su vida, dependiendo del número de alimentaciones de sangre que puedan obtener. La oviposición típicamente se hace en la tarde o temprano en el atardecer. Los huevos son depositados en el agua durante el vuelo o pegados en masas a substratos como piedras y vegetación (Roldan, 1992).

La mayoría de las hembras produce un grupo de 100 a 600 huevos, produciendo algunas especies varios grupos de huevos a lo largo de su ciclo de vida, dependiendo del número de alimentaciones de sangre que puedan obtener. La oviposición típicamente se hace en la en el atardecer, siendo depositados los huevos en el agua durante el vuelo o siendo pegados en masas a substratos como piedras y vegetación (Martínez y Portillo, 1999).

2.2.2.5. Comportamiento y ecología

Una vez que las larvas eclosionan, éstas activamente buscan áreas más propicias para su desarrollo. Las larvas llevan una vida relativamente sésil, pegadas al substrato mediante almohadillas de seda. Se pegan a piedras, vegetación subacuática, palos o a montones de hojas. Las larvas de unas 30 especies, mayormente en África tropical se anclan a los cuerpos de larvas de moscas de mayo y a cangrejos de agua dulce. Cuando pasan por un disturbio las larvas se re-posicionan haciendo un arco sobre el substrato y moviéndose, poco a poco o se sueltan y van a la deriva con la corriente, con frecuencia todavía conectadas a un hilo de seda. Estos movimientos de deriva típicamente se hacen al atardecer y durante la noche, por lo que este comportamiento debe ser incluido en un programa de manejo de la especie. La mayor parte del tiempo larval se pasa ingiriendo alimento, el que obtienen a través de la filtración de las partículas suspendidas en el agua o activamente raspando material que se pega del substrato. Las larvas de algunas especies son depredadoras, consumiendo pequeños invertebrados como larvas de crinómidos. Las larvas que se alimentan

filtrando el agua se inclinan hacia la corriente y mueven su cuerpo en un arco longitudinal de 90 a 180°, de esta forma parte de los filamentos de los abanicos labrales recogen material que se resuspende del sustrato, mientras parte remueve material de la columna de agua (Coscarón y Coscarón, 2007).

Los patrones de distribución de las larvas y pupas están asociados a una variedad de factores ambientales, tal como sucede en los organismos vivos. Si la distribución es en la misma sección del río o sustrato se le puede llamar micro distribución, en este aspecto los factores de importancia son la textura del sustrato, la profundidad del agua, la hidrodinámica e interacción con otros organismos. La macro distribución conlleva escalas de varios metros a muchos kilómetros, en este caso los factores más importantes que afectan la macro-distribución son tamaño del cuerpo de agua, tipo de sustrato, características fisicoquímicas del agua (temperatura, velocidad del agua, etc.), cantidad y calidad del alimento y la presencia de salidas (a otros cuerpos de agua) de los lagos o lagunas. Las densidades más grandes tienden a darse un poco más abajo de las salidas de un lago debido a la presencia de gran cantidad de algas y otros organismos que se crían en dichos cuerpos de agua que le sirven de alimento (Coscarón y Coscarón, 2007).

Luego de emerger el adulto, este puede realizar vuelos de dispersión de incluso hasta 5 km, los machos, para buscar pareja y una fuente de néctar y las hembras, para buscar una sangre con que alimentarse y lugares para ovipositar, algunas especies como *Simulium damnosum* vuelan por cientos de kilómetros lo que también debe ser considerado en un programa de manejo. Por lo general vuelan de día cuando la temperatura es mayor de los 10°C. Las especies que vuelan grandes distancias típicamente se alimentan de mamíferos. Una vez la hembra se conecta a su huésped para alimentarse no se despega hasta saciarse (Femández y Domínguez, 2001).

2.2.2.6. Importancia veterinaria

El impacto veterinario de los mosquitos simúlidos radica en la posible transmisión de patógenos, el efecto de la picada y los efectos de molestia de sus enjambres. Transmite a los animales, nemátodos filariales, protozoos y varios virus. Los más insidiosos son aquellos que causan la leucocitoozoonosis en patos, gansos y pavos. La muerte de una parvada completa ha sido evidenciada como resultado de un ataque masivo de mosca negra. En casos extremos animales han muerto por sofocación cuando su sistema respiratorio se tapa con moscas. En ocasiones el gran número de moscas que penetra el sistema respiratorio causa infecciones que llegan a matar al animal. También se han reportado muertes por la remoción de demasiada sangre o exanginación. No obstante, la razón principal de muerte es el shock o toxemia causado por cantidades masivas de los componentes de la saliva que son inyectados durante la alimentación por parte de tantos individuos. Esto se puede traducir en pérdida de peso, disminución en la razón de ganancia en peso, disminución en la producción de leche o huevos, malnutrición, dermatitis, necrosis dermal, impotencia en los reproductores macho, problemas de preñez y cualquier tipo de condición generada por un aumento en el estrés del animal, incluyendo sistema inmunológico comprometido. Un tipo de problema causado por estas moscas viene como resultado de que la mosca *Dermatobia hominis* deposita huevos en el cuerpo de los simúlidos y cuando éstos entran en contacto con el animal, las larvas eclosionan, se pasan al animal y penetran en la piel causando miasis (Gorodner, 2002; Vargas, 1996).

2.2.3. Características fisicoquímicas de las aguas naturales

El agua que se encuentra en la naturaleza, contenida en los lagos y ríos, no es químicamente pura, en ella encontramos numerosos elementos y compuestos, sólidos y gaseosos en solución; la fuente principal de esta materia es el sustrato

en el cual se halla o por el cual circula, la atmósfera, la actividad de los seres vivos, entre otras. Es por ello que se afirma, que las características fisicoquímicas de las aguas de un ecosistema acuático es reflejo del sustrato con el cual está estrechamente relacionado (Wetzel, 1981; Roldan, 1996).

Los solutos encontrados en las aguas de los ríos y lagos pueden ser clasificados en:

2.2.3.1. Nutrientes

El fósforo y el nitrógeno, como limitantes de la productividad primaria se constituyen como los más importantes en los ecosistemas acuáticos. Estos nutrientes por lo general no se hallan en forma mineralizada (disponibles) en los cuerpos de agua, ya que inmediatamente son asimilados (inmovilizados) por los organismos productores, por ello en los ríos y lagos oligotróficos no se detectan su presencia (Margalef, 1983); las fuentes en el agua de estos nutrientes son, la mineralización de la materia orgánica y actualmente la contaminación como una de las fuentes más importantes.

2.2.3.2. Gases disueltos

En el agua, aparte de encontrar sustancias sólidas disueltas, se encuentra un conjunto de sustancias gaseosas, dentro de los más importantes tenemos, al oxígeno y el dióxido de carbono, que son indispensables para la respiración y la fotosíntesis, respectivamente. Otros gases que se producen en el agua en condiciones de anaerobiosis son tóxicos para la vida, como el metano (CH_4) y el ácido sulfhídrico (H_2S). En el agua también podemos encontrar otros gases como el nitrógeno y el argón que no intervienen directamente en los procesos metabólicos del ecosistema (Roldan, 1996).

El oxígeno es el parámetro más importante de los lagos, a parte del agua misma, es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan respiración aerobia (Wetzel, 1981). Las fuentes principales de este

gas en los ecosistemas acuáticos son la difusión de la atmósfera y la fotosíntesis. Las concentraciones de oxígeno presente en el agua, depende fundamentalmente de tres factores: la temperatura del agua, la presión parcial de los gases atmosféricos en contacto con el agua y la salinidad. El dióxido de carbono, es el segundo gas de importancia presente en el agua, las cantidades estimadas de CO_2 en la atmósfera son de 0,027 a 0,044 %, mientras que en el agua se presenta en mayores cantidades debido a su elevado coeficiente de solubilidad, siendo mucho mayor al del oxígeno y al del nitrógeno. Las principales fuentes de este gas en el agua son: la que arrastra el agua de lluvia, la respiración de organismos, la descomposición de la materia orgánica (Wetzel, 1981; Roldan, 1992).

2.2.3.3. Principales iones

Prácticamente todos los iones que podemos encontrar en el agua, existen en la corteza terrestre, por lo que la composición química del agua de un ecosistema acuático, refleja la naturaleza geoquímica del lecho donde se halla o por donde circula. Según Wetzel (1981), Roldan (1992) y Cole (1988), los principales iones presente en el agua de los ecosistemas acuáticos continentales son:

a. Carbonatos.

Son los iones más abundantes en el agua, hallándose principalmente bajo la forma de bicarbonato (HCO_3^-) unido usualmente con calcio y magnesio, debido a que el pH de las aguas naturales está entre los rangos de 6,0 y 8,0. Además este anión está íntimamente ligado con el sistema dióxido de carbono - pH alcalinidad (Cole, 1988). La alcalinidad mide indirectamente los cationes que está unidos químicamente a los carbonatos. Es importante aclarar que el sistema buffer funciona principalmente por el sistema dióxido de carbono, así una solución de sulfato de calcio CaSO_4 no tiene capacidad buffer, mientras que otra de NaCO_3 si, pese a que no presenta calcio.

b. Calcio

Es el catión más abundante en las aguas continentales representando un 45 a 55% del total de sólidos disueltos y es considerado como limitante por su importancia para los seres vivos, se presenta principalmente bajo la forma de carbonato, el que puede pasar a la forma de bicarbonato $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, en presencia de ácido carbónico. Se halla también bajo la forma de sulfato (CaSO_4), como cloruro (CaCl_2). Las fuentes principales del calcio están representadas por la corteza terrestre y los depósitos de origen orgánico (Roldan, 1992).

Wetzel (1981), reporta 7,2 mg/L como valor promedio de éste catión para los ríos de Sudamérica, mientras que Roldan (1992), 5 mg/L para ríos altoandinos de Colombia.

c. Magnesio

Segundo catión más importante, se halla principalmente bajo la forma de carbonato de magnesio (MgCO_3) y cloruro de magnesio (MgCl) en ecosistemas hipersalinos. Constituye el 14 al 34% del total de sólidos disueltos. Su importancia para la biota radica en que forma parte de la estructura de la clorofila. La fuente principal es la corteza terrestre (Roldan, 1992).

d. Sulfatos

Según Margalef (1983) y Roldan (1992), el azufre en el agua, comúnmente se presenta bajo la forma de sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), siendo el segundo anión en importancia aunque a veces el cloruro lo supera. En aguas naturales presenta valores que van desde 2 a 10 mg/L, incrementándose en aguas que se hallan en zonas volcánicas o con fuentes de contaminación orgánica y reduciéndose en aguas amazónicas. No existe un límite o rango de concentración óptimo de sulfatos para la mayor parte de la fauna acuática, pues existen especies animales que habitan en fuentes de agua que contienen, desde unas trazas de sulfatos hasta varios miles de mg/L. La forma de sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) y sulfuro (HS^-) se presenta en

zonas donde el agua presenta oxígeno y con pH superiores a 8 mientras que en zonas anóxicas con pH inferior a 8 se presenta bajo la forma de ácido sulfhídrico H_2S , causando problemas de mal olor y corrosión. Las fuentes de los sulfatos en las aguas son las rocas con sulfato de calcio ($CaSO_4$) y pirita (FeS_2), la actividad volcánica y en estos últimos años la actividad antropogénica (óxidos de azufre) y la incorporación de materia orgánica a las aguas (aguas servidas), tal como lo manifiesta Smith y Smith (2001).

e. Cloruro

Se presenta principalmente bajo la forma de cloruro de sodio, la que determina la salinidad de las aguas. El ión cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales, en concentraciones que varían desde unos pocos ppm hasta varios gramos por litro. Este ion ingresa al agua en forma natural, mediante el lavado que las aguas de las lluvias realizan sobre el suelo y sobre todo como consecuencia de la introducción de excretas humanas y en general las de todos los organismos superiores, (la orina principalmente, ya que su concentración es 500 mg/L), según lo manifestado por Roldan (1996).

f. Otros

Según Roldan (1996), dentro de esta categoría están considerados los iones menos abundantes en el agua, por lo mismo son denominados como micronutrientes, aun así desempeñan papeles esenciales en la biota, dentro de estos tenemos: molibdeno, cobre, zinc, cobalto, yodo y manganeso.

2.2.3.4. Otras características derivadas

a. Sólidos disueltos totales (TDS)

Las corrientes transportan materiales, principalmente sólidos disueltos o sólidos suspendidos. Los primeros se refieren a la materia orgánica en forma iónica y los segundos, a la materia orgánica como detritus y de origen aluvial como restos de rocas, arcilla, arena y similares. Los sólidos suspendidos pueden verse a simple

vista como pequeñas partículas y son los que dan turbiedad al agua. Desde el punto de vista ecológico, aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una presión osmótica. Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos y destruye su hábitat natural (Margalef, 1983; Roldan, 1992).

b. Alcalinidad

La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido. Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones. Los iones de bicarbonato y de carbonato son algunos de los iones dominantes presentes en las aguas naturales; por lo tanto, las mediciones de alcalinidad proporcionan información sobre las relaciones de los iones principales y la evolución de la química del agua. Este parámetro está íntimamente ligado con las formas en la cual se encuentran el dióxido de carbono. Cuando el CO_2 penetra en el agua, rápidamente se hidrata formando el ácido carbónico (Roldan, 1992).

c. Dureza total

En las aguas continentales está determinada por la concentración de metales alcalinotérreos originados por depósitos calcáreos de la superficie terrestre. Los iones de calcio y magnesio se combinan fácilmente con los bicarbonatos y carbonatos, dando origen a la dureza temporal y con los sulfatos, cloruros, nitratos lo que se conoce como dureza permanente. Debido a que en las aguas naturales los iones más comunes son los de Ca^{2+} y Mg^{2+} la dureza se define como

la concentración de estos iones expresados como carbonato de calcio (Cole 1988; Roldan, 1992).

d. Fosfatos

Es un elemento que juega un papel importante para los seres vivos, sin embargo es el que se presenta en menor cantidad. El fósforo en las aguas se presenta principalmente bajo la forma de ortofosfato (forma disuelta) y en un porcentaje menor bajo la forma particulada (como organismos vivos, compuestos orgánicos). La forma de ortofosfato es la más importante, puesto que de esta manera puede ser absorbida por las plantas y el fitoplancton (Roldan, 1992).

e. Conductividad eléctrica

Es la expresión numérica de la capacidad del agua de transportar corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición. Dentro de los factores que afecta el comportamiento de los iones en la solución, las atracciones y repulsiones eléctricas entre iones y la agitación térmica, son quizá los más importantes. Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicas, son relativamente buenos conductores de la corriente eléctrica. Inversamente, las soluciones acuosas de solutos orgánicos, que no se disocian o se disocian muy poco en el agua, presentan conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura. En la mayoría de las soluciones acuosas, cuanto mayor es la concentración de las sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. La temperatura también influye en los valores de conductividad, puede variar de un ión a otro, en general se acepta que ésta aumenta en promedio 3%, por cada grado centígrado que aumente la temperatura (Roldan, 1992).

f. pH

El agua pura se disocia débilmente en los iones H^+ y OH^- , sin embargo la constante de disociación es muy pequeña (10^{-14}) y las cantidades de H^+ y OH^- son de 10^{-7} iones-g/L. Las aguas naturales no son puras por lo que las sales, bases y ácidos que en ella se encuentran, influyen en forma diversa sobre la concentración de H^+ y OH^- (Cole, 1988).

El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso, en un sentido estricto, es una medida de la concentración molar del ion hidrogenión en un medio acuoso. Los conceptos de pH, alcalinidad y acidez se relacionan mutuamente debido a que el pH de la muestra, se utiliza como criterio para determinar si la capacidad amortiguadora de la muestra se ha de medir en función de su acidez o en función de su alcalinidad; en este sentido los conceptos de pH, acidez y alcalinidad, se asemejan mucho a los de temperatura y calor (Margalef, 1983). El pH de las aguas naturales es regido en gran medida por la interacción de los iones H^+ proveniente de la disociación de H_2CO_3 y los iones OH^- proveniente de la hidrólisis de los bicarbonatos. El pH de las aguas naturales oscila entre 2 y 12, prácticamente las aguas con valores inferiores a 4 están en regiones volcánicas que reciben ácidos minerales fuertes, así como debido a la oxidación de la pirita y arcillas. Las aguas naturales ricas en materia orgánica disuelta, presentan valores bajos de pH, especialmente en aquellas zonas donde predominan las turberas (Roldan, 1992).

g. Salinidad

Se refiere a la suma de cationes y aniones que se hallan disueltos en el agua, normalmente la salinidad de las aguas continentales está determinada por cuatro cationes, calcio, magnesio, sodio y potasio; y por los aniones carbonato, sulfato y cloruros. La salinidad promedio mundial es de unos 120 mg/L, pero varía enormemente de continente a continente, de región a región; este parámetro está determinado por los aportes debido al lavado de las rocas de la cuenca de

drenaje, por la precipitación atmosférica y por el equilibrio entre la precipitación y la evaporación. La mayoría de los organismos dulceacuícolas, son eurihalinas, tolerando un amplio espectro de salinidad, ya que tienen un origen marino o terrestre, habiéndose adaptado secundariamente a las aguas dulces. Prácticamente todos estos organismos muestran presiones osmóticas en sus fluidos corporales, inferiores a su medio externo y a otras formas marinas, por lo que han tenido que desarrollar mecanismos eficientes de captación de iones y mecanismos renales de retención de éstos (Cole, 1988; Wetzel, 1981; Roldan, 1992).

h. Turbidez

Se le define como la reducción de la transparencia de una muestra de agua ocasionada por el material particulado en suspensión que presenta. Este material puede consistir en partículas de arcilla, limo, plancton y materia orgánica finamente dividida que se mantiene suspendido por su naturaleza coloidal o por la turbulencia que genera el movimiento. Este parámetro debe medirse directamente en el campo o en su defecto dentro de las 24 horas siguientes al muestreo para evitar alteraciones en los parámetros. Muchos organismos acuáticos, como los peces requieren aguas totalmente transparente para su supervivencia, mientras que otras no se ven afectadas. Sin embargo, en términos genéricos, se acepta que la turbidez afecta adversamente el desarrollo de casi todos los organismos acuáticos, debido a que ésta reduce la intensidad y penetración de la luz en los ecosistemas acuáticos, limitando el crecimiento y desarrollo de los organismos autótrofos, que constituyen el sustento de dichos organismos (SUNASS, 1997).

i. Velocidad de la corriente

Es la distancia que una masa de agua recorre en una unidad de tiempo y se mide por lo regular en metros por segundo (m/s). La velocidad se ve afectada

por los materiales disueltos y suspendidos en el agua, por la naturaleza del sustrato y por la vegetación localizada a lo largo de su cauce (Roldan, 1992).

2.2.4. Factores ambientales

Según Mosino (1999), el ambiente y los seres vivos están en una mutua relación: el ambiente influye sobre los seres vivos y éstos influyen sobre el ambiente y sobre otros seres vivos. La forma en que ambos se influyen o condicionan se ha llegado a denominar como factores o condicionantes ambientales o ecológicos.

Roque (1997), menciona que la influencia del ambiente sobre los seres vivos es la suma de todos y cada uno de los factores ambientales. Estos factores determinan las adaptaciones, la gran variedad de especies y la distribución de los seres vivos sobre la Tierra.

2.2.4.1. Temperatura

Es uno de los factores ambientales que afectan el crecimiento y la supervivencia de los organismos. La temperatura es la medida de la cantidad de energía de un objeto. Ya que la temperatura es una medida relativa, las escalas que se basan en puntos de referencia deben ser usadas para medir la temperatura con precisión. Hay tres escalas comúnmente usadas actualmente para medir la temperatura: la escala Fahrenheit (°F), la escala Celsius (°C), y la escala Kelvin (°K). Al medir la temperatura es necesario tomar en cuenta su transparencia a la radiación solar y su pequeña conductividad térmica, sabiendo que la temperatura del aire varía rápidamente de un instante a otro, no es recomendable utilizar termómetros de gran sensibilidad por lo menos si se trata de obtener datos medios de la temperatura en un lapso dado para evitar errores que alteren en la evaluación (Roque, 1997).

2.2.4.2. La Precipitación

El término precipitación se usa para designar cualquier forma en que el agua cae desde las nubes a la tierra. Si bien existe una lista hecha por meteorólogos de diez tipos de precipitación, solo se distinguen tres normalmente: lluvia, granizo y nieve. La precipitación es toda forma de humedad que originándose en las nubes llega hasta la superficie del suelo. La precipitación se define como el fenómeno de caída del agua de las nubes en forma líquida o sólida, la cual es precedida por el proceso de condensación o sublimación o ambos, y está asociada primariamente, con las corrientes convectivas del aire (Roque, 1997).

2.2.4.3. Radiación solar

La fuente principal de la energía de la atmósfera es la radiación solar. La luz y el calor son formas de energía transmitida por ondas electromagnéticas que se propagan a través del espacio sin necesidad de un medio material y a la velocidad de 3 000 000 Km por segundo. De toda la energía que llegue del sol solamente una parte llamada rango visible, es detectada por el ojo humano con el nombre de Luz. La radiación solar es la que causa las variaciones de calor, tanto en gran escala (masas de aire), como en pequeña escala (células de convección). Estas variaciones de calor producen a su vez los vientos y brisas los que tienen papel muy importante en determinar las condiciones climáticas de una localidad (Roque, 1997).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio:

3.1.1. Ubicación política del área de estudio

País	: Perú
Región	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Distrito	: Tambillo
Centro poblado	: Muyurina

El área de estudio estuvo comprendida en el curso del río Yucaes, en la jurisdicción del centro poblado de Muyurina , distrito de Tambillo, que río abajo se une al río Cachi, luego al río Mantaro, formando la cuenca del mismo nombre, el cual forma parte de la vertiente del Atlántico.

A lo largo del río Yucaes se ubicaron cuatro zonas de muestreo, para la colección de larvas y pupas (figura N° 02), cuya ubicación geográfica de las coordenadas y la altitud de las zonas de muestreo fueron determinadas con un equipo de posicionamiento global (GPS) y un altímetro (cuadro N° 01), de igual manera se tomó un punto en el centro poblado de Muyurina, para la captura de adultos.



Figura N° 02: Ubicación de las zonas de muestreo a lo largo del río Yucaes. - Muyurina – Tambillo – Ayacucho, 2008.

Cuadro N° 01. Ubicación georeferenciada de los cuatro puntos de muestreo en el río Yucaes. Ayacucho, 2008.

ZONAS	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (UTM)	ALTUD (m.s.n.m.)
I	8549970 N	2 536
	590135 E	
II	8550024N	2 523
	589098E	
III	8550066 N	2 520
	587946 E	
IV	8550382 N	2 505
	587645 E	

3.2. Características de las zonas de muestreo

El río Yucaes circula por ambas márgenes por elevaciones geográficas. En la zona I, la vegetación representativa está constituida por "sauce" *Salix chilensis*, en las riberas del río, "tuna" *Opuntia ficus indica*, "cabuya" *Agave americana*, "retama" *Spartium junceum*, "huarango" *Acacia macracantha*, y especies de consumo alimenticio como frutales, hortalizas de tallo corto. Esta zona se halla relativamente alejada de concentraciones humanas y las características de las aguas de este tramo aparentemente no sufren alteraciones importantes. Mientras que para la zona II, se observó la presencia de pobladores de esta zona lavando ropa, provocando una ligera contaminación de las aguas y riberas del río determinado mediante el análisis fisicoquímico del agua de dicha zona; en esta zona se observó que la vegetación predominante es el sauce *Salix chilensis*, "retama" *Spartium junceum*, "tuna" *Opuntia ficus indica*, "cabuya" *Agave americana*. En la zona III, ubicada ya a la altura de los centros de esparcimiento de la localidad de Muyurina (recreos-restaurantes), se observó que las riveras de los ríos presentan mayor contaminación y que los

asentamientos humanos establecidos alteran notoriamente la calidad del agua mediante la incorporación de aguas servidas, el arrojado de residuos sólidos entre otros, la vegetación no es predominante, “cabuya” *Agave americana*, “retama” *Spartium junceum*, especies más representativas, además del sauce que se encuentra en las riveras del río y especies de consumo alimenticio que los mismos pobladores siembran. Mientras que para la zona IV, ubicado luego que el río atraviesa la comunidad de Muyurina, recibiendo el impacto directo de productos de las actividades humanas que en ella se desarrollan (colector de aguas servidas y residuos sólidos), se observó que la vegetación ribereña está constituida principalmente por “sauce” *Salix chilensis*, “kikuyo” *Pennisetum clandestinum*, “tuna” *Opuntia ficus indica*, “cabuya” *Agave americana* y rodeado por cultivos de hortalizas como “cebolla” *Allium cepa*, “col” *Brassica oleracea*, “apio” *Apium graveolens* y hierbas aromáticas como “culantro” *Coriandrum sativum*, “orégano” *Origanum vulgare*, siendo de carácter intensivo, con lo cual se observó la presencia de envases provenientes de los fertilizantes e insecticidas que usan los pobladores de esta zona, causando perturbaciones en las aguas del río, además del lavado de carros y ropas de los pobladores.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Todos los “mosquitos” Simuliidae adultos ubicados en la localidad de Muyurina.

Larvas ubicadas en el curso del río Yucaes zona I 8549970 N - 590135 E, zona II 8550024N - 589098E, zona III 8550066 N - 587946 E y zona IV 8550382 N - 587645 E).

3.3.2. Muestra

Para el caso de adultos las muestras se obtuvieron aleatoriamente siguiendo un muestreo sistemático, para el cual se ubicó una zona de muestreo (pampa de la localidad de Muyurina). Para el caso de larvas, las muestras fueron tomadas de

4 zonas a lo largo del río Yucaes, muestras que se tomaron cada 15 días durante los meses de Junio a Octubre. Cabe resaltar que las muestras de agua se tomaron en los mismos puntos donde se realiza el muestreo de larvas

3.4. Sistema de muestreo y toma de datos

3.4.1. Colecta de adultos y determinación del índice poblacional

Los mosquitos adultos hembras fueron colectados siguiendo la técnica del tubo succionador, para estimar el número de picaduras/hombre/hora, para el cual fue necesario que una persona deje descubierta la pierna y en el lapso de 1 hora coleccionar los adultos hembras que se acercaron a picar mediante un tubo succionador. Así mismo la técnica permitió reportar los resultados y estimar la densidad de los adultos de igual manera sirvió para poder realizar las determinaciones taxonómicas respectivas.

Estas capturas se realizaron una vez al mes, en los horarios establecidos (11 de la mañana y 4 de la tarde), basándose en estudios previos de (Villantoy, 2009) en su trabajo "Simuliidae (Insecta: Díptera), densidad y caracterización ambiental de larvas en el río Alameda y adultos en la ciudad de Ayacucho, 2008" y de encuestas realizadas a los pobladores que manifestaron las horas de mayor actividad.

3.4.2. Colecta de larvas y densidad

Para la recolección de muestras de larvas se utilizó una red de tipo Surber con un área de muestreo 40 x 30 cm y con una luz de malla de 0.5 mm, el área señalada de la red Surber sirvió para determinar el número de larvas por m². En cada zona de muestreo se tomó muestras por tres veces, tratando de abarcar lechos con el mismo tipo de sustratos (piedras entre 10 a 20 cm) y en profundidades comprendidas entre 10 a 40 cm, (orillas y parte central), muestras que posteriormente se homogenizaron.

El proceso de toma de muestras se realizó colocando la boca de la red en contra de la corriente de agua y con la ayuda de las manos se removió los guijarros componentes del lecho con la finalidad de que los organismos adheridos o bajo ellos, sean arrastrados por la corriente hacia el fondo de la red. Una vez colectados fueron colocados en bolsas de polietileno debidamente rotulados para su identificación a los cuales se les agregó alcohol al 90%, para posteriormente ser trasladados al laboratorio donde fueron seleccionados del resto de material indeseable. Las muestras fueron colocadas en "tapers" descartables, previamente rotulados para su identificación. Los organismos seleccionados (larvas y pupas) fueron colocados en frascos viales considerando las semejanzas morfológicas (morfoespecie) previamente contados y conservados con alcohol glicerinado al 70%. Con la finalidad de identificar a los frascos viales por la zona y fecha de muestreo se rotuló cada frasco vial. Con la ayuda de microscopios y estereoscopios, para la visualización de características de importancia taxonómica, se procedió a su identificación procurando llegar hasta la categoría de género empleándose las claves taxonómicas de Coscaron y Coscaron (2007), complementadas por Fernández y Domínguez (2001) y Roldan (1996).

3.4.3. Características físico químicas de las muestras de agua

Las muestras de agua fueron tomadas en frascos de polietileno de aproximadamente 700 mL para las determinaciones fisicoquímicas. El procedimiento de colección fue sumergiendo los frascos en la parte media del curso del agua, haciendo que ingrese cuidadosamente el agua sin producir mucha turbulencia, empleándose como metodología lo recomendado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 1997). Las características fisicoquímicas determinadas fueron analizados dentro de las 24

horas posteriores a la toma de muestra; las que se reportan en el cuadro N° 02, las determinaciones fueron llevados a cabo en los Laboratorios de Ecología y Control Ambiental de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Totorá, perteneciente a la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ayacucho (EPSASA).

Con la finalidad de reducir al mínimo las posibles variaciones de las características del agua, desde la toma de muestra hasta su análisis, se adoptaron las siguientes medidas:

Los frascos colectores fueron completamente llenados con las muestra de agua y cerrados herméticamente observando que no contengan burbujas de aire

Los frascos conteniendo las muestras de agua, fueron colocados en refrigeración con la finalidad de que la temperatura de las muestras disminuya.

3.4.4. Identificación de los Simúlidos

Para la identificación de las larvas, pupas y adultos se utilizó la clave propuesto por Coscarón y Coscarón (2007), las muestras biológicas (larvas, pupas y adultos), fueron previamente aclaradas colocando a los especímenes en una solución de hidróxido de sodio al 10% por un tiempo de 14 horas (excepto las larvas con un tiempo de 10 horas), luego del tiempo transcurrido se retiraron las muestras y se colocó en una solución de ácido acético por un tiempo de 1 hora, finalmente las muestras tratadas se conservaron en alcohol glicerinado al 70%.

Una vez realizado el tratamiento de las muestras se preparó la solución de montaje con fenol puro líquido mezclado con bálsamo de Canadá, las muestras de larvas fueron colocados en un porta objeto a la cual se agregó una gota de bálsamo de Canadá y dos gotas de fenol puro líquido cubriéndolo con la lamina cubre objetos, se llevó a la estufa por un tiempo de 48 horas a una temperatura de 40 °C, finalmente las muestras fueron observadas al microscopio resaltando

las características morfológicas de importancia para su identificación. Para el caso de pupas y adultos la observación fue directa al microscopio sin realizar ningún montaje.

3.5. Diseño de investigación

La presente investigación se adecuó a un diseño de una sola casilla, donde se recopiló información de las variables identificadas, para posteriormente buscar la relación existente entre ellas, por lo que el diseño seguido puede considerarse como de una casilla y de naturaleza transversal.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Con las medidas de las variables consideradas, se construyó una base de datos en el software SPSS 15, para posteriormente ser procesados y analizados; así mismo se empleó el MINITAB 14, obteniéndose estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión los cuales fueron presentados en cuadros y gráficos. Dentro de los análisis estadísticos más especializados empleados fueron:

3.6.1. Prueba de comparación de medias de Kruskal- Wallis

Con la finalidad de detectar posibles diferencias entre las zonas de muestreo, para las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, ya que los datos aparentemente no mostraban una distribución normal.

3.6.2. Regresión correlación de Rho de Spearman

Para determinar la existencia de asociación lineal entre la densidad de los taxones que conforman la comunidad macroinvertebrada bentónica con las principales características fisicoquímicos de las aguas.

Cuadro N° 02. Características fisicoquímicas determinadas en las muestras de agua del río Yucaes. Ayacucho, 2008.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	MÉTODO	COMENTARIO
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	Volumétrico	Mediante neutralización
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	Volumétrico	Mediante quelación
Dureza cálcica	mg CaCO ₃ /L	Volumétrico	Mediante quelación
Dureza magnésica	mg MgCO ₃ /L	indirecta	Diferencia entre Dureza Total y Dureza Cálcica
Cloruro (Cl ⁻)	mg Cl ⁻ /L	Volu ^{me} tr ^{ico}	Mediante titulación con nitrato de plata
pH		Elect ^{ro} métrico	Con pHmetro digital HACH
Conductividad	µMhos/cm.	Elect ^{ro} métrico	Con conductímetro digital HACH
Salinidad	%	Elect ^{ro} métrico	Con conductímetro digital HACH
Turbidez	NTU	Elect ^{ro} métrico	Con turbidímetro digital HACH
Sólidos disueltos totales	mg/L	Elect ^{ro} métrico	Con conductímetro digital HACH
Nitrógeno amoniacal	mg/L	Comparación	Método semicuantitativo
CO ₂	Mg/L		

IV. RESULTADOS

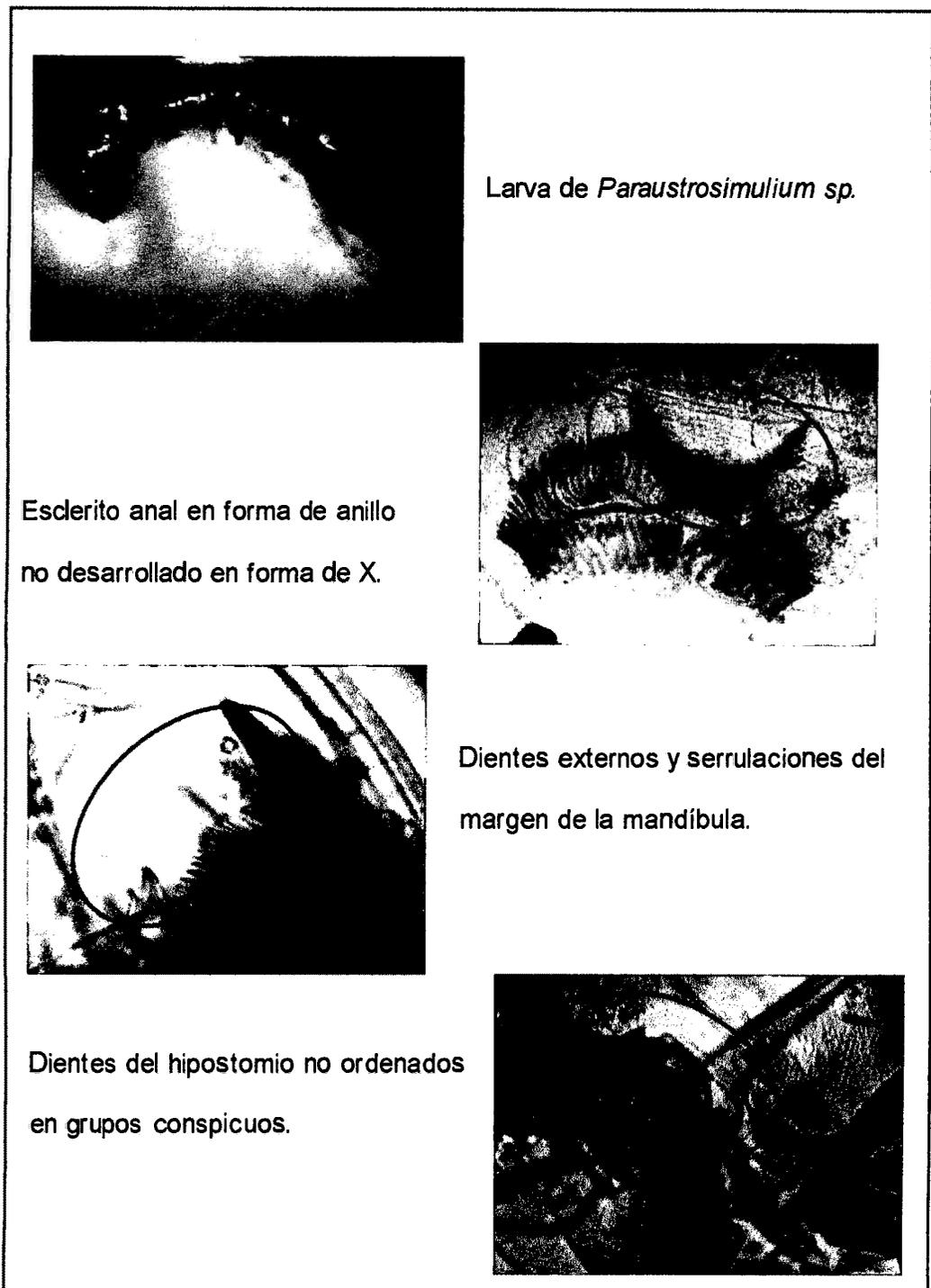
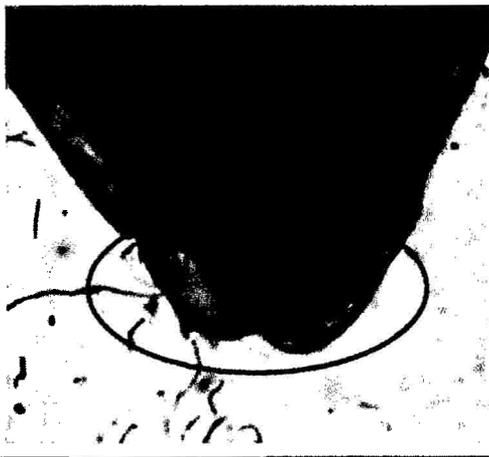
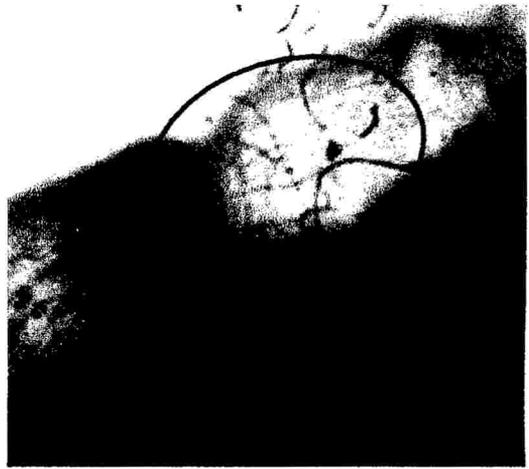


Figura N° 03: Principales características morfológicas del género *Paraustrosimulium* sp. en el estado de larva. Ayacucho 2008.



Cuerpo cubierto por el capullo bien desarrollado excepto las branquias que son dos en forma de lámina y pseudosegmentadas.

Cerdas robustas simples curvas en forma de gancho en los segmentos abdominales VIII y IX.



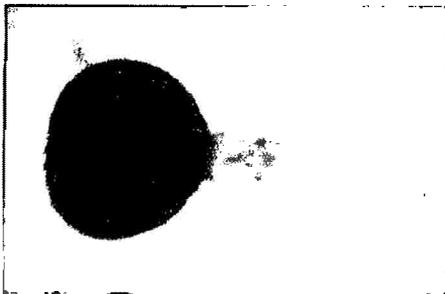
Proceso terminal del abdomen corto y puntiagudo sin espinas numerarias

Figura N° 04: Principales características morfológicas del género *Paraustrosimulium* sp. en el estado de pupa. Ayacucho, 2008.



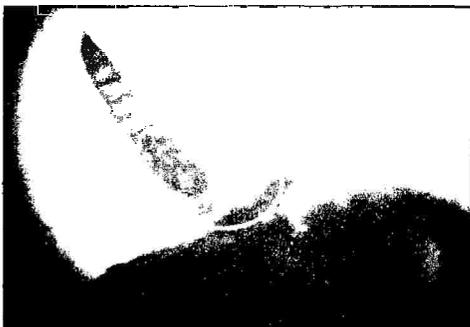
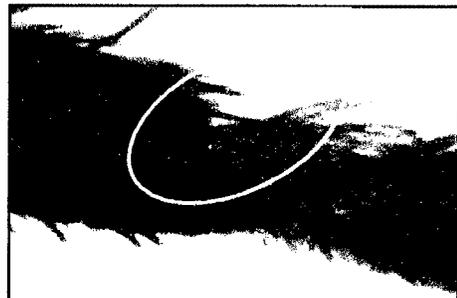
Hembra adulta de *Paraustrosimulium* sp.

Ala de *Paraustrosimulium* sp. con la vena cubital 2 y vena anal 1 curvadas



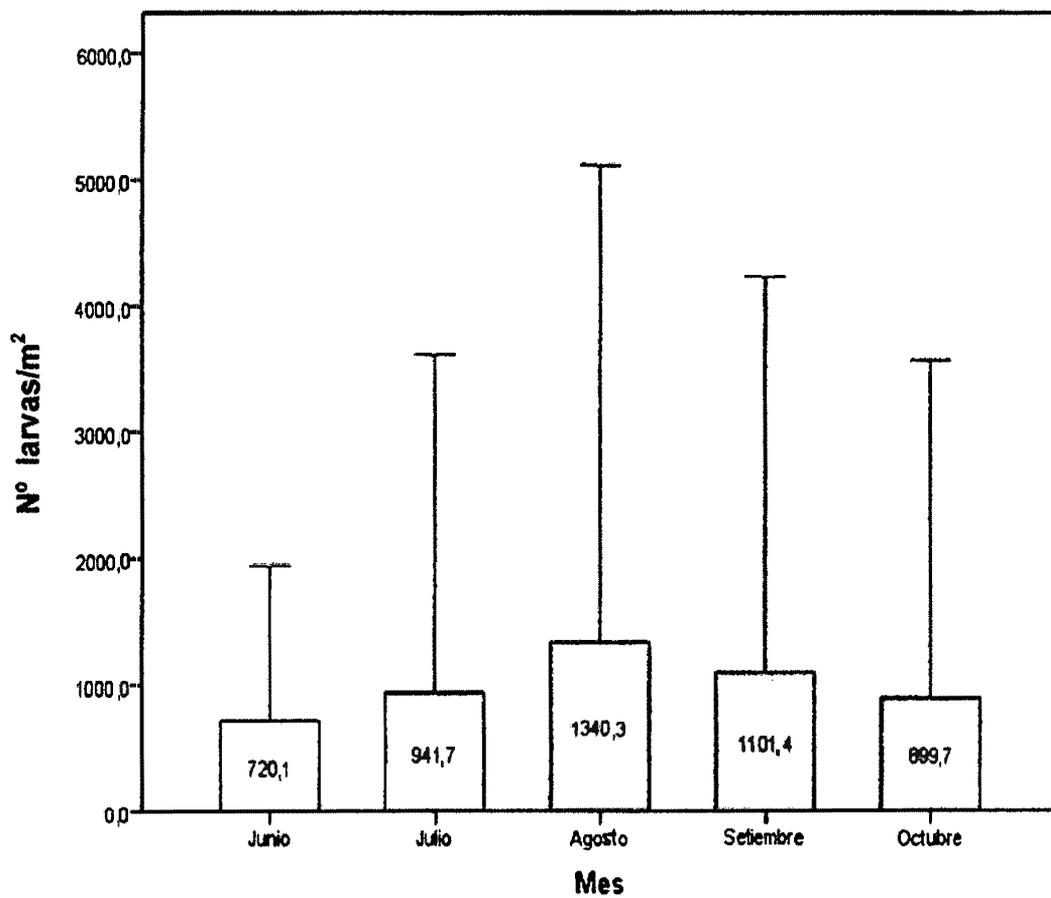
Palpos maxilares con el segmento apical menos largo que el penúltimo.

Pata de *Paraustrosimulium* sp. con el pedisulco ausente.



Antena de *Paraustrosimulium* sp. corta, de forma moniliforme, con 10 artejos.

Figura N° 05: Principales características morfológicas del género *Paraustrosimulium* sp. en el estado de adulto. Ayacucho, 2008.



Kruskal Wallis: $X^2 = 0,989$; GL = 4; P = 0,911

Figura N° 06: Valores medios de la abundancia de larvas de *Paraustrosimulium* sp. durante los meses de junio a octubre en el río Yucaes. Ayacucho, 2008.

Cuadro N° 03. Valores promedios de las características fisicoquímicas de las aguas del río Yucaes, durante los meses de junio a octubre. Ayacucho, 2008

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO YUCAES	MES				
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	136,00	139,50	158,25	178,75	158,25
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	104,50	101,83	254,25	331,25	113,25
Dureza cálcica (mg CaCO ₃ /L)	63,00	66,67	182,75	224,75	71,00
Dureza magnésica (mg MgCO ₃ /L)	41,50	35,17	71,50	106,50	42,25
Cloruros (Cl ₂)	17,00	15,71	17,06	23,06	17,63
pH	8,23	8,49	8,6250	8,1613	8,12
Conductividad eléctrica (uMhos/cm)		315,83	348,25	402,13	421,13
Salinidad (%)		0,16	0,18	0,18	0,20
Turbidez (NTU)		12,94	8,36	10,68	9,15
Sólidos disueltos totales (mg/L)		159,31	174,00	213,34	212,25
CO ₂ (mg/L)		0,77	0,58	2,38	1,94

Cuadro Nº 04. Valores promedios de las características fisicoquímicas de las aguas del río Yucaes, en cuatro zonas de muestreo, Ayacucho 2008.

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS DEL RÍO YUCAES	ZONAS DE MUESTREO			
	I	II	III	IV
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	145,2	154,4	157,2	161,2
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	105,2	156,4	205,4	256,0
Dureza Cálcica (mg CaCO ₃ /L)	69,6	106,8	140,4	171,2
Dureza Magnésica (mg MgCO ₃ /L)	35,6	49,6	65,0	84,8
Cloruros (Cl ⁻²)	15	17,6	18,8	20,5
pH	8,2	8,4	8,4	8,5
Conductividad Eléctrica (uMhos/cm)	349,4	371,3	369,1	381,4
Salinidad (%)	0,14	0,16	0,2	0,2
Turbidez (NTU)	5,41	5,85	12,95	19,22
Sólidos disueltos totales (mg/L)	174,76	187,2	191,74	197,84
CO ₂ (mg/L)	2,29	1,22	1,24	1,02

Cuadro N° 05. Correlación (Rho de Serman) de la densidad de larvas de *Paraustrosimulium sp.* con las características fisicoquímicas del agua para cuatro zonas de muestreo ubicadas en el río Yucaes. Ayacucho, 2008.

Características fisicoquímicas	Significancia/correlación	Rhode Serman
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	Coeficiente de correlación	-0,398
	Sig. (bilateral)	0,011
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Coeficiente de correlación	-0,410
	Sig. (bilateral)	0,0087
Dureza Cálcica (mg CaCO ₃ /L)	Coeficiente de correlación	-0,2552
	Sig. (bilateral)	0,1120
Dureza Magnésica (mg MgCO ₃ /L)	Coeficiente de correlación	-0,5043
	Sig. (bilateral)	0,0009
Cloruros (Cl ⁻²)	Coeficiente de correlación	-0,3907
	Sig. (bilateral)	0,0127
pH	Coeficiente de correlación	-0,2987
	Sig. (bilateral)	0,0612
Conductividad Eléctrica (uMhos/cm)	Coeficiente de correlación	-0,0958
	Sig. (bilateral)	0,6019
Salinidad(%)	Coeficiente de correlación	-0,3166
	Sig. (bilateral)	0,0774
Turbidez (NTU)	Coeficiente de correlación	-0,5497
	Sig. (bilateral)	0,0011
Sólidos disueltos totales (mg/L)	Coeficiente de correlación	-0,1754
	Sig. (bilateral)	0,3370
CO ₂ (mg/L)	Coeficiente de correlación	0,2572
	Sig. (bilateral)	0,1553

La prueba estadística es significativa

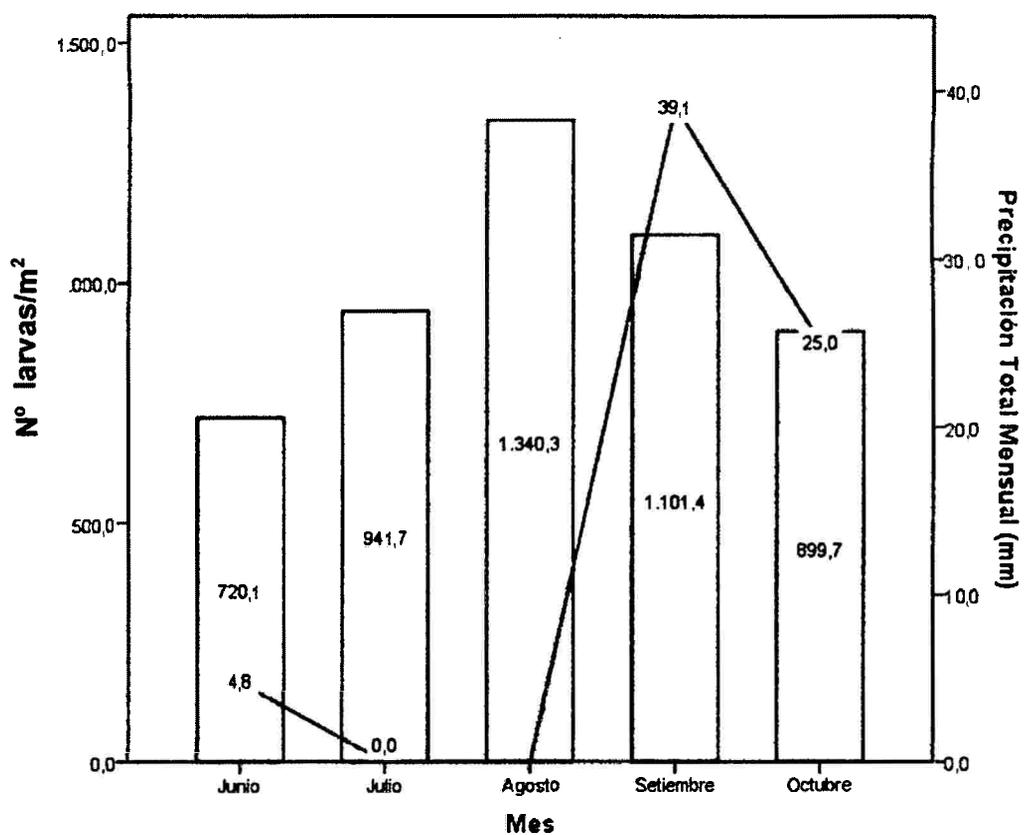


Figura Nº 09: Densidad de *Paraustrosimulium* sp. (N° larvas/m²) y precipitación mensual (mm) en las aguas del río Yucaes durante los meses de junio a octubre. Ayacucho, 2008.

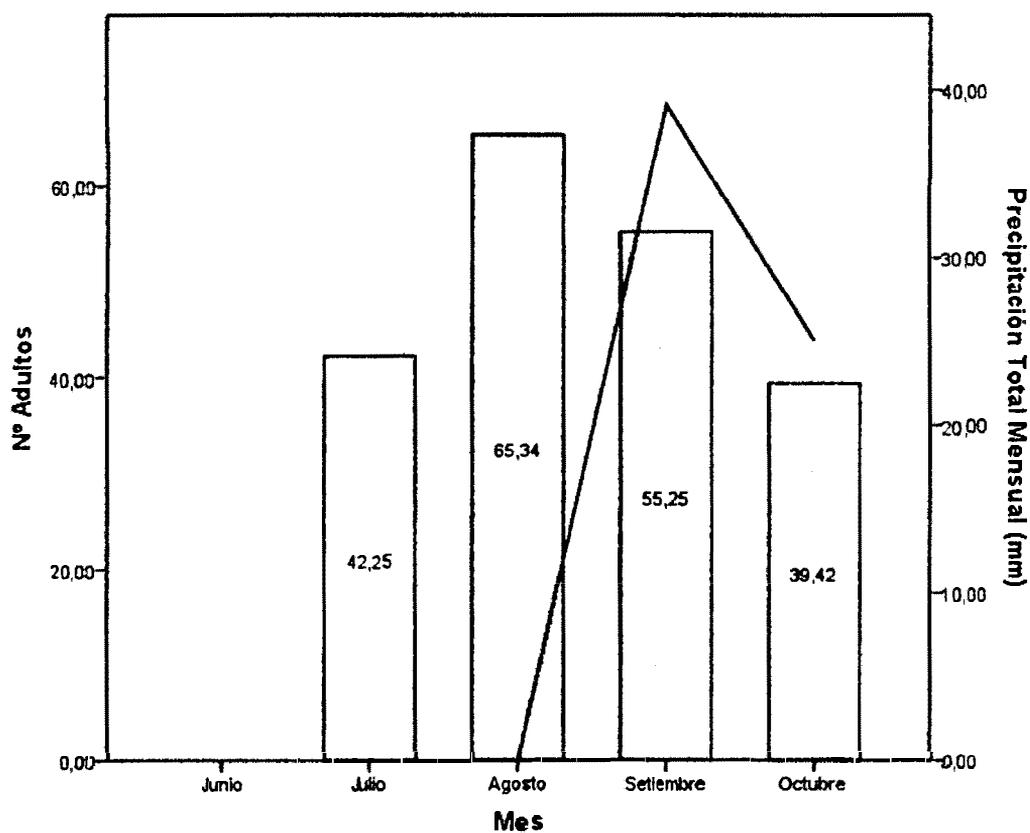


FIGURA N° 10: Densidad de *Paraustrosimulium* sp. (N° de hembras adultos/hombre/hora) y precipitación mensual (mm) durante los meses de junio a octubre en la localidad de Muyurina. Ayacucho, 2008.

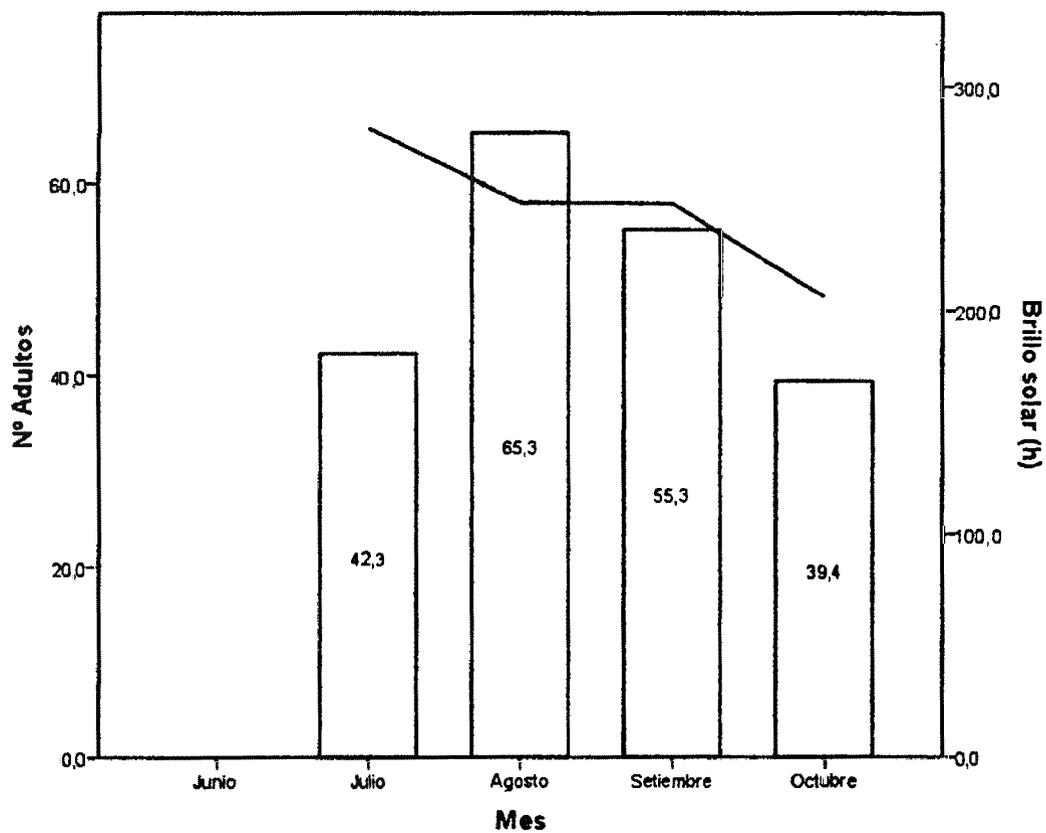


FIGURA N° 11: Relación de la densidad de *Paraustrosimulium* sp. (N° de hembras adultos/hombre/hora) y brillo solar (horas) durante los meses de junio a octubre en la localidad de Muyurina. Ayacucho, 2008.

V. DISCUSIÓN.

El taxón de la familia Simuliidae del orden Díptera, para la localidad de Muyurina, Ayacucho fue identificado como *Paraustrosimulium sp.*, por las características morfológicas que presentó:

En estado de larva son pequeñas mostrando longitudes de 5,0 a 10,0 mm, con forma alargada, presencia del esclerito anal en forma de anillo no desarrollado en forma de X, mandíbulas con 2 dientes externos con serrulaciones del margen de las mandíbulas poco numerosas, los dientes del hipostomio no están ordenados en grupos conspicuos, la antena más larga que el tallo del abanico cefálico, con el artejo distal de la antena notoriamente más largo que el proximal y mediano juntos, características que se muestran en la figura N° 03, lo cual concuerda con las descritas para este género por Fernández y Domínguez (2001) y Coscarón y Coscarón (2007).

El estadio de pupa de *Paraustrosimulium sp.* se caracteriza por presentar un tamaño entre 4.0 a 8.0 mm, protegida por un capullo bien desarrollado de forma definida cubriendo todo el cuerpo de la pupa excepto las branquias, que son dos en forma de lámina y pseudosegmentadas, presenta ganchos de los tergitos VI y VIII simples, en los segmentos abdominales VIII y IX presentan cerdas robustas curvas, enrutadas bífidas en forma de gancho, el proceso terminal del abdomen es corto y puntiagudo, el abdomen poco esclerotizada, con espinas en poca

cantidad y con cortos procesos terminales tal como se muestran en la figura. N° 04. Estas características morfológicas descritas concuerdan con las mencionadas por Coscarón y Coscarón (2007) y Fernández y Domínguez (2001). Adicionalmente mencionan que los caracteres de la pupa aportan buenos caracteres diferenciales para la identificación, lo que no sucede con los huevos y larvas,

El estadio de adulto de *Paraustrosimulium* sp. se caracteriza por presentar tamaños medianos que va desde 2,5 a 5,0 mm de longitud, de color negro a rojizo y castaños amarillentos, cabeza ancha y redondeada, las alas con la vena cubital 2 y vena anal 1 curvadas, membrana pleural totalmente desnuda, segmento apical del palpo maxilar generalmente menos largo que el penúltimo, en la pata el pedisulco se encuentra ausente, la antena corta de forma moniliforme con 10 artejos, ramas del furcasternum con conspicuas proyecciones, características que se muestran en la figura N° 05, lo que concuerdan con las señaladas para este género por Coscarón y Coscarón (2007).

En la figura N° 06, se muestra las abundancias medias de larvas (N°/m^2) entre los meses de junio a octubre en el río Yucaes observándose que el mes de junio presenta un promedio mínimo con 720 larvas/ m^2 ; registrándose en los meses de julio, agosto y setiembre mayores densidades con 941, 1 340 y 1 101 respectivamente, disminuyendo en el mes de octubre a 899 larvas/ m^2 . Es de notar que en los meses donde se realizó el muestreo se observa desviaciones típicas muy elevadas, lo que nos estaría indicando que las densidades de las larvas son sumamente variables en las zonas de muestreo, posiblemente debido a que dichas larvas se ubican en determinados lugares que reúnan características como, poca profundidad, sustrato adecuado (piedras sin muchas irregularidades, hojas de vegetales), elevada velocidad de las aguas. Al realizar

la prueba de Kruskal Wallis, no se halló significancia estadística ($P > 0,05$), lo que quiere decir que entre los meses de muestreo no hay diferencias en cuanto a la densidad de larvas. La igualdad estadística hallada, posiblemente es consecuencia de la gran variabilidad de la abundancia, coadyuvando a la ausencia de factores ambientales como lluvias, que es un factor determinante sobre la abundancia de larvas ya que influye sobre el caudal de los ríos (a mayor caudal mayor arrastre). Lo mencionado coincide con lo manifestado por Roldán (1992), que afirma que la precipitación influye en la densidad de los macroinvertebrados acuáticos en especial en las etapas de larva y pupas, existentes en los ríos ya que el caudal crece incrementando su capacidad de arrastre, además de llevar en suspensión y arrastre mayor cantidad de solutos que afecta negativamente la existencia de dichos organismos, además menciona que *Paraustrosimulium* sp. se caracteriza por ser hallados comúnmente en zonas con mediana o rápida corriente en los ríos, no muy profundos, con regular material pedregoso. Fernández y Domínguez (2001), señalan que algunas especies viven en cursos de aguas en que la velocidad mínima es de alrededor de 2 cm/s, pero también mencionan que la mayoría de las especies prefieren velocidades entre 10 y 50 cm/s, por ello, la velocidad de la corriente es un factor muy importante en la abundancia de los simúlidos. Así mismo Roldan (1996), afirma que varias especies de ésta familia presentan rangos de tolerancia no muy amplios a los factores ambientales que otras especies. Por otro lado Coscarón y Coscarón (2007) y Roldán (1996), mencionan que algunas especies habitan cuerpos de agua con variadas características, encontrándose con mayor frecuencia en aguas con regular caudal, también en pequeños riachuelos naturales y artificiales nada o poco alterados, por lo cual son considerados indicadores de aguas oligotróficas. Margalef (1983), menciona que los simúlidos se desarrollan en aguas muy

oxigenadas y de corrientes fuertes o moderadas de allí que algunos especialistas los consideran útiles como indicadores de calidad de agua, condiciones que favorecen una mayor densidad, así mismo tomando en consideración la estación seca y lluviosa menciona que los simúlidos presentan mayor densidad en la estación seca, aunque la diferencia no es tan notoria ya que estos organismos inician su actividad de desarrollo fundamentalmente desde principios de la primavera hasta mediados de otoño. Belqat y Dakki (2005), en su trabajo realizado en el norte de Marruecos mencionan que los factores preponderantes que regulan la distribución de los simúlidos en los cursos de agua son la altitud y la temperatura del agua además de mencionar que la velocidad del agua es un factor que influye en la densidad de los simúlidos, siendo esta en épocas donde la precipitación es mayor, lo cual afecta en la densidad ya que al incrementarse el caudal hay mayor arrastre y como consecuencia disminuye la densidad de larvas.

En la figura N° 07, se muestra el número de larvas / m² según las zonas de muestreo, observándose que la zonas III y IV presentan menor densidad con 414 y 37 larvas por m² respectivamente, siendo las zonas de muestreo I y II las que presentaron mayor densidad con 2 495 larvas por m² y 1 143 larvas por m², esto puede explicarse a que posiblemente en la zonas de muestreo I y II al encontrarse relativamente alejados de concentraciones humanas no sufre mayores alteraciones por actividades antrópicas lo que favorece el incremento de la densidad de larvas. Mientras que en las zonas de muestreo III y IV muestran menores densidades, debido a que posiblemente son alteradas por acción del hombre, afectando negativamente la densidad de las larvas. Al efectuarse el análisis estadístico de Kruskal Wallis, se halló significancia estadística ($P < 0,05$), interpretándose como que cada zona de muestreo presenta diferentes densidades de larvas, posiblemente se deba a las diferentes

condiciones fisicoquímicas del agua y de igual forma por la gran variabilidad de sustratos en los que se fijan las larvas. Los resultados hallados coincidieron con los hallados por Leiva (2004) y Figueroa (2003), quienes realizaron investigaciones similares en ríos de Chile, reportando un menor número de familias y especies de dípteros a medida que las aguas de los ríos están cercanas a centros urbanos y aún más si estos atraviesan o se hallan inmediatamente luego de ellos. Carrasco (2003), reportó la presencia de larvas de la familia Simuliidae incluso en aguas afectadas por contaminación orgánica, pero solo en aquellas que presentan corrientes rápidas, además señala que existe similitud en las densidades de organismos en zonas con características ambientales similares, es así que en ríos poco influenciados, es de esperar que las densidades de las comunidades acuáticas sean similares. Guardia (2007) en su trabajo titulado: Calidad fisicoquímica, microbiológica y macroinvertebrados bentónicos del río Yucaes. Ayacucho, 2002, reportó que el orden Díptera presentó tres familias, de las cuales la familia Simuliidae fue la de mayor densidad en comparación con las demás familias, así mismo estos resultados coincide con lo mencionado por Carrasco (2005), en su estudio Comunidad macroinvertebrada bentónica y su relación con la calidad de agua en cinco ríos de la provincia de Huamanga. Ayacucho 2003 – 2004, en la cual reportó que los organismos pertenecientes a la clase Insecta representó el 94,41% de la comunidad estudiada. Así mismo, determinó que dentro de la clase Insecta, el orden Díptera es el que presentó mayor abundancia con 81,81% y dentro de ella la familia Simuliidae con mayor densidad. Por otro lado Roldan (1996), sostiene que los dípteros de la familia Simuliidae conforman los grupos ampliamente evolucionados y de mayor densidad biológica que requiere de hábitat específicos para su desarrollo y muchos de ellos están confinados en ecosistemas lóticos y lénticos. La variabilidad de las características ambientales presentes en las

zonas explicarían la mayor o menor diversidad biótica, más aún si estas son derivadas de la actividad antropogénica (contaminación); en este marco no es coincidencia que la mayor densidad de larvas se hallaron en zonas donde la acción antropogénica es mínima y menor densidad donde dicha acción es apreciable y constante, coincidiendo con Ramírez (1999), Margalef (1983), que sostienen que la diversidad de una comunidad sometida a efectos de la contaminación, tiende a disminuir debido a que los organismos al poseer información en su carga genética que les permite desempeñarse bajo determinadas condiciones y al no cumplirse éstas, muchos de ellos considerados como estenotípicos (rangos estrechos de tolerancia), tienden a desaparecer o disminuir su abundancia, subsistiendo solo aquellas especies que tienen amplios rangos (euritípicos) y/o apareciendo otros organismos para las nuevas condiciones.

En la figura N° 08, se muestra la media del número de adultos hembra de *Paraustrosimulium sp.* entre las horas de muestreo de 10:00 a 11:00 y 15:00 a 16:00 horas, durante los meses de julio a octubre, se observó que los mosquitos tienen mayor densidad en el mes de agosto y setiembre, presentando 68 adultos/hombre/hora en el horario de 10:00 a 11:00 horas, mientras que entre las 15:00 y 16:00 horas se encontró un valor de 62 para el mes de agosto, en el mes de setiembre 48 adultos/hombre/hora entre las 10:00 y 11:00 horas, y entre las 15:00 y 16:00 horas 62, disminuyendo considerablemente en el mes de octubre donde se reportó la menor densidad de los adultos, posiblemente se deba a que en los meses de agosto y setiembre presentan temperaturas adecuadas, mayor brillo solar lo cual favorece la actividad de éstos mosquitos, tal como lo menciona Coscarón y Coscarón (2007). Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se halló significancia estadística ($P < 0,05$), lo que quiere decir que las densidades entre los meses de muestreo son diferentes tanto para los horarios de muestreo de

10:00 a 11:00 horas y de 15:00 y 16:00 horas, condicionado por las características ambientales propias de cada zona, concordando con lo manifestado por Méndez y Petersen (1981), quienes mencionan que estos mosquitos pueden llegar a desplazarse hasta 50 km en busca de alimento y lugares donde ovipositar y en días soleados además de tener temperaturas que favorecen la actividad de estos mosquitos, cabe mencionar de que los muestreos que se realizaron en los meses no fueron días con las mismas características ambientales (días con mayor y menos horas de brillo solar, temperaturas diferentes), lo cual influye en la densidad de los mosquitos.

Los promedios de las variables fisicoquímicas determinadas en las aguas del río Yucaes, según los meses de muestreo (junio a octubre), se muestran en el cuadro N° 03, siendo los meses de junio y julio los que presenta en la mayoría de las características fisicoquímicas menores valores, mientras los meses de agosto, setiembre y octubre presentan mayores valores. Para el caso de la alcalinidad se observó que en los meses de junio y julio presentan menores valores 136 mg/L y 139 mg/L respectivamente, y mayores valores para los meses de agosto, setiembre y noviembre con 158,25 mg/L, 178 mg/L y 158,25 mg/L; esto podría deberse a que la alcalinidad al estar íntimamente asociado a las formas en las cuales se encuentra el dióxido de carbono, además de la naturaleza del lecho del río (como fuente de carbonatos y bicarbonatos), está influenciado por la descomposición aeróbica de la materia orgánica como fuente adicional de dióxido de carbono, lo que toma al agua más agresivo con las rocas calcáreas incrementando la concentración de bicarbonatos y carbonatos, por lo tanto de la alcalinidad. La dureza total del agua no escapa a la misma tendencia, con valores elevados en los meses de agosto y setiembre y menores valores en los meses de junio y julio, ya que los iones de calcio y magnesio se combinan fácilmente con los bicarbonatos y carbonatos, dando origen a la dureza temporal

y con los sulfatos, cloruros, nitratos que determina la dureza permanente. La dureza de las aguas es el resultado de la disolución y lavado de los minerales que componen el suelo y las rocas, así como también del vertimiento de aguas residuales, estos resultados encontrados también se debe a que la alcalinidad y dureza total están influenciados por el caudal, ya que a mayor caudal, menor es la concentración y a menor caudal aumenta la concentración, con lo cual la precipitación es un factor determinante para la alcalinidad y dureza total. En el referido cuadro se muestra la tendencia de la conductividad y sólidos disueltos totales, siendo similar a las anteriormente señaladas. En caso de las variables fisicoquímicas de cloruros, pH, turbidez, nitrógeno amoniacal, se observó que las concentraciones de cloruro, presenta la misma tendencia que las características anteriormente descritas, debido a que es un anión que se presenta en forma abundante en la orina (5 gr/L) bajo la forma de cloruro de sodio el cual determina la salinidad del agua, y al ser ésta eliminada en las aguas servidas, determinan un ostensible incremento en las aguas que reciben estos desechos orgánicos, a esto se suma la presencia de precipitaciones que también incrementa la concentración de cloruros ya que a mayor precipitación y aumento del caudal hay mayor lavado del suelo que ingresa a las aguas del río. Con respecto al pH los valores mínimos se registraron en el mes de junio con valores de 8,2 y máximos en agosto con 8,6, posiblemente estos valores se deba a que no haya mucha descomposición de la materia orgánica ya que las precipitaciones son mínimas, además que la alcalinidad tiene la capacidad de reaccionar o neutralizar iones hidrogeniones (H^+) hasta un valor de pH igual a 4,5; con respecto a la turbidez se observó que los meses de agosto y octubre presentan menores valores siendo los meses de julio y setiembre los que presentaron mayores valores, ya que en estos meses se inicia las precipitaciones con lo cual hay incremento del caudal y con ello el movimiento, generando el arrastre de

material particulado en suspensión. La misma tendencia presenta el CO₂ con menores valores en los meses de julio y agosto para incrementarse en los meses de setiembre y octubre, resultados que coinciden con los valores reportados por Roldan (1992), quien menciona que los valores se hallan dentro de los valores promedios señalados para los ríos de América del Sur, así mismo menciona que la principal fuente de contaminación de las aguas continentales son las aguas que han sido empleadas en los hogares los que son denominadas como aguas negras, aguas servidas, etc., que finalmente van a dar a los lagos y ríos.

En el cuadro N° 04, se muestra los promedios de las variables fisicoquímicas del agua determinadas en las cuatro zonas de muestreo, así la alcalinidad presenta menores concentraciones en las zonas de muestreo I y II (río arriba) con 145,2 mg/L y 154,4 mg/L y mayores concentraciones en la zona de muestreo IV (río abajo) con 161,2, esto se explica a que las aguas del río Yucaes a medida que circula incorpora carbonatos y bicarbonatos del lecho, además de dióxido de carbono proveniente de la descomposición de la materia orgánica, así mismo por estar afectada por la acción antropogénica que ocasiona el hombre, la dureza total del agua presenta la misma tendencia, con valores de hasta 256 mg/L en la zona IV (río abajo) y 105,2 mg/L para la zona I (río arriba); esta característica al estar determinado por la concentración de iones de calcio y magnesio bajo la forma de carbonatos, bicarbonatos (dureza temporal), cloruros y sulfatos (dureza permanente) y al presentar las zonas de aguas "abajo" incremento de iones cloruro y sulfatos, además de la presencia de calcio y magnesio, determinan el incremento de la dureza. Estas características que no son directamente derivados de la descomposición de la materia orgánica, pero que sin embargo están influenciadas por la misma ya que a medida que las aguas se acercan a los centros urbanos hay mayor incorporación de factores disturbantes

(incorporación de residuos líquidos y sólidos) y siendo mayor en aguas catalogadas "río abajo" ya que reciben todo el impacto de las concentraciones humanas. Comparando los valores de alcalinidad halladas para zonas "río arriba" con los reportados por Roldan (1992), estos se hallan un tanto elevados ya que señala en promedio un valor de 140 mg/L para los ríos de América del Sur. En el cuadro también se hace referencia del comportamiento de la dureza total en la que se encontró menores valores en las aguas río arriba, zonas de muestre I y II, incrementándose en las zonas III y IV, aguas río abajo, estas variaciones posiblemente se deban a que en el recorrido las aguas sufren alteraciones lo cual afecta negativamente la calidad de la aguas, la misma tendencia sucede con la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, encontrándose para la conductividad eléctrica valores mínimos en las zonas catalogadas como "río arriba" con 349,4 uMhos/cm para la zona I, y máximos en las zonas III y IV (río abajo) con 381,4 uMhos/cm para la zona IV, posiblemente determinado por la presencia de contaminantes en mayor cantidad en la última zona señalada representado principalmente por materia orgánica en pleno proceso de descomposición, coincidiendo con lo sostenido por Roldan (1996), que mencionan que la principal fuente de contaminación de las aguas continentales son las aguas que han sido empleadas en los hogares los que son denominadas como aguas negras, aguas servidas, etc., las cuales son vertidas al curso del río en las diferentes zonas lo cual altera en su calidad. Mientras para el caso de cloruros, se halló menores valores con 15 mg/L para la zona I (río arriba) y mayores valores en la zona IV con 20,5 mg/L, esto posiblemente debido a que es incorporado a las aguas del río bajo la forma de cloruro en la orina (ya que contiene hasta 5 gr/L) principalmente en la zona "aguas abajo", lo cual determina un ostensible incremento en las aguas que reciben estos desechos, tal como lo manifiesta Cole (1988) y Roldan (1992), quienes mencionan que los

valores máximos se hallan en aquellas zonas influenciadas por la actividad antropogénica. Así mismo se hace referencia que los valores mínimos hallados son ligeramente superiores a los reportados por Margalef (1983), Cole (1988) y Roldan (1992), que mencionan que en promedio para los ríos sudamericanos es de 6 mg/L. Para el caso de pH, se halló valores de 8,2 para la zona I y 8,54 para la zona IV. Aparentemente estos resultados no son congruentes, si se considera que la descomposición de la materia orgánica es una fuente de alteración del pH, sin embargo si tomamos en cuenta que las aguas del área de estudio presentan alcalinidades consideradas de medianas a elevadas, se puede explicar esa poca fluctuación, ya que ésta actúa como un amortiguador o buffer tal como lo señala Roldan (1992), otro factor que podría estar influyendo, es la presencia de detergentes que contienen agentes tenso activos que esencialmente son sustancias alcalinas. En relación a la turbidez se halló valores mínimos en las zonas "aguas arriba" y mayores en zonas "aguas abajo", este comportamiento posiblemente se deba a los hechos explicados anteriormente, que determinan la existencia en mayor cantidad de material particulado en suspensión en las zonas "aguas abajo". Cabe mencionar que entre las zonas de muestreo II y III se observó un ligero incremento de la concentración de estos nutrientes, esto se debe a que en el trecho comprendido entre ellas, se hallan concentraciones humanas que desarrollan actividades agrícolas, lo que implica el uso de fertilizantes aumentando la concentración de estos nutrientes que afecta la calidad del agua, así como el vertimiento de aguas residuales al río.

En el cuadro N° 05 se muestra la Correlación (Sperman) de la densidad de larvas de *Paraustrosimulium sp.* con las características fisicoquímicas del agua para cuatro zonas de muestreo ubicadas en el río Yucaes, en la que se halló significancia estadística ($P < 0,05$) negativa con la alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, esto se explica a que los

siendo la precipitación pluvial el factor de mayor importancia ya que las mayores densidades coinciden con las épocas donde no hay lluvia y las menores en las épocas de lluvia, la temperatura ambiental también influye posiblemente sobre la densidad de estos organismos, tal como lo señala Coscarón y Coscarón (2007), quienes manifiestan que estos mosquitos por lo general vuelan de día cuando la temperatura es mayor de 10 °C y menor a 16 °C, con la finalidad de alimentarse, buscar aparearse y encontrar lugares donde ovipositar.

En la figura N° 11, se observa la relación del número de adultos con el brillo solar durante los meses de muestreo, en la que se puede observar que los meses de agosto y setiembre presentan mayor densidad, siendo los meses de julio y octubre los de menor densidad, muy posiblemente se deba a que su densidad está relacionado con las características ambientales en dichos meses, siendo la precipitación pluvial el factor de mayor importancia ya que las mayores densidades coinciden con las épocas donde no hay lluvia y las menores en las épocas de lluvia, así mismo con el brillo solar ya que al no haber precipitación hay mayor brillo solar (cielo despejado) lo cual favorece el desarrollo de los adultos, ya que la temperatura aumenta, resultados que coinciden con lo mencionado por Coscaron y Coscaron (2007), quienes manifiestan que estos mosquitos por lo general vuelan de día cuando la temperatura es mayor de 10 °C y menor a 16 °C, con la finalidad de alimentarse, buscar aparearse y encontrar lugares donde ovipositar. Se ha podido determinar que existe una mayor densidad de adultos durante los meses donde la precipitación pluvial es mínimo o se halla ausente, lo que coincide con meses donde el brillo solar (horas de sol) es máximo, por lo que nos atrevemos a mencionar que el factor más importante que influye en la densidad viene a ser la precipitación pluvial influenciando sobre dos aspectos, por un lado sobre las densidades de las larvas (a mayor precipitación menor densidad y viceversa), y sobre la densidad de los adultos, ya

que genera mortalidad como consecuencia de ser golpeadas y arrastradas por las gotas de lluvia, resultados que concuerda con lo mencionado por Fernández y Domínguez (2001), quienes mencionan que estos mosquitos tienen mayor actividad a temperaturas de 15 °C, y en días donde la radiación solar es mayor, ya que por su hábito de alimentación que es durante las horas del día presentan una mayor densidad.

VI. CONCLUSIONES.

1. El simulido presente en la localidad de Muyurina, Ayacucho fue identificado como *Paraustrosimulium sp.*
2. La densidad poblacional de larvas de *Paraustrosimulium sp.* en el río Yucaes, es variable, encontrándose mayores densidades río arriba (zona I) y menores río abajo (zona IV) con respecto al poblado de Muyurina, siendo esta diferencia significativa ($P < 0,05$). En cuanto a los meses, la mayor densidad se presentó en el mes de agosto y las menores en los meses de junio y octubre, siendo dichas diferencias significativas ($P < 0,05$).
3. La densidad poblacional de hembras adulto de *Paraustrosimulium sp.* estimadas mediante el índice de N° de picaduras por hombre por hora, fue mayor en el mes de agosto para ambos horarios, siendo el mes de octubre la de menor densidad.
4. Los valores medios de la mayoría de las características fisicoquímicas del agua tienden a incrementarse a medida que el río avanza; así se halló menores valores en las zonas de muestreo I y II y mayores en las zonas de muestreo III y IV, mientras que para las características ambientales como la precipitación se registró menores valores para el mes de junio, julio y agosto y mayores valores en los meses de setiembre y octubre, para el brillo solar,

hubo menores valores en los meses de agosto, setiembre y octubre y mayores en los meses de junio y julio.

5. La relación de la abundancia de hembras adulto de *Paraustrosimulium sp.* es negativa con la precipitación (a mayor precipitación, menor es la densidad de larvas y adultos) y es positiva con el brillo solar (a mayor horas de brillo solar la densidad de larvas y adultos es mayor), siendo aparentemente el factor más importante que influye en la densidad de larvas y adultos, la precipitación pluvial. Con respecto a la relación de la densidad larval con las características fisicoquímicas del agua, existe una relación negativa ($p < 0,05$) con la alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Continuar con los estudios sobre el orden Díptera, en especial de la familia Simuliidae, con la finalidad de comprender mejor su comportamiento en relación de las alteraciones de su habitad.
2. Realizar estudios en otros lugares de la región para identificar que otras especies se encuentran presentes y establecer el biorritmo de alimentación de los adultos a fin de contribuir a tomar medidas de control y prevención de estos dípteros.
3. Realizar convenios con las diferentes instituciones dedicadas a estudios de los dípteros, principalmente de la familia simuliidae, con la finalidad de investigar la importancia que tienen estos insectos en nuestra Región.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **Arnett, R.** 2000. Insectos de América. Segunda edición Nueva York-Washington. Disponible en URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Diptera>.
2. **Carrasco, C.** 2005. Comunidad macroinvertebrada bentónica y su relación con la calidad de agua en cinco ríos de la provincia de Huamanga. Ayacucho 2003 – 2004. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho- Perú.
3. **Carrasco, C.** 2001. Composición estructural de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos y su relación con las características físico químicas en el río Alameda, UNSCH. Ayacucho-Perú.
4. **Carrasco, C.** 2003. Limnología-Guía de Trabajos Prácticos, UNSCH. Ayacucho-Perú.
5. **Cole, A.** 1988. Manual de Limnología. Segunda edición. Hemisferio Sur. Buenos Aires-Argentina.
6. **Coronado, R.** 1972. Introducción a la Entomología: morfología y taxonomía de los Insectos. Segunda edición. Editorial Limusa. México.
7. **Coscarón, S. y Coscarón, C.** 2007. Biodiversidad Acuática en América Latina Simuliidae Neotropicales (Diptera: Insecta). Vol. 3 Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
8. **De la Fuente, C.** 1994. Biodiversidad faunística y florística de macroinvertebrados acuáticos, Cuarta edición. Editorial Limusa. Tolima – México.
9. **Fernández, H. y Domínguez, E.** 2001. Guía para determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
10. **Figuroa, S.** 2003. Clave para identificar especies de dípteros en el Perú. Revista Peruana de Entomología Vol. 10 Lima – Perú.

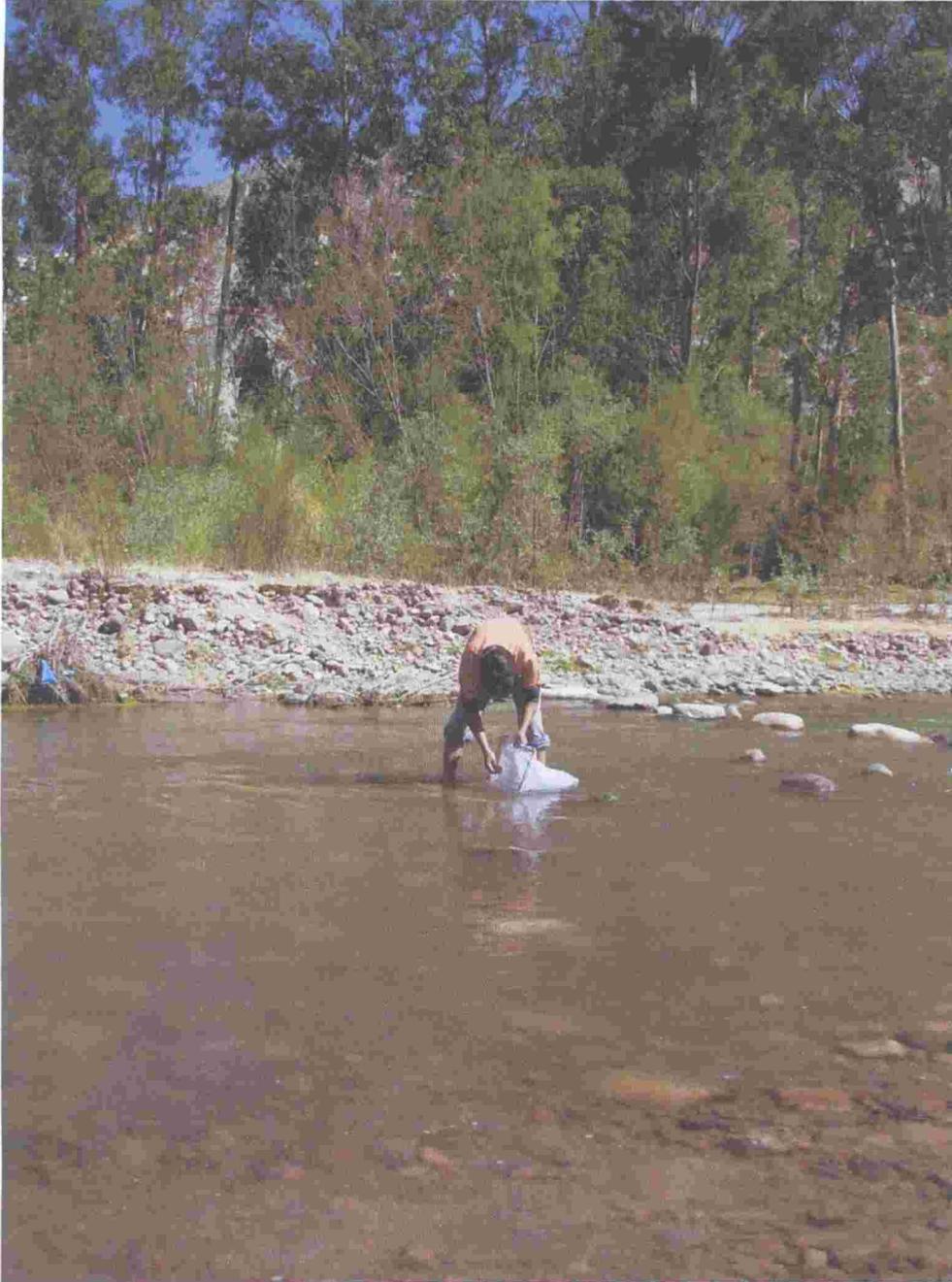
11. **Guerrero-Bolaño, F.** 2001. Los Macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul y su relación con la calidad del agua. Acta Biológica Colombiana. Vol. 8 Nº 2. Magdalena – Colombia.
12. **Gorodner, J.** 2002. Entomología, artrópodos de interés medico Primera Edición Editorial Mac Graw – Hill Interamericana. México.
13. **Guardia, O.** 2007. Calidad fisicoquímica, microbiológica y macroinvertebrados bentónicos del río Yucaes. Ayacucho, 2002. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional san Cristóbal de Huamanga.
14. **Ibáñez-Bernal, C.** 1996. Entomología médica y veterinaria. Revista Azteca Vol. 5. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México.
15. **Leiva, C.** 2004. Entomología médica y veterinaria. Revista Azteca Vol 8. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México. 615 pp.
16. **Margalef, R.** 1983. Limnología. Segunda edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
17. **Marino, H.** 2003. Los simúlidos (Díptera: Simuliidae) en la cuenca del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina: ecología y control. Disponible en URL: <http://www.ugf.br/editora/revistas/entomologia/eyv2003/art20.pdf>.
18. **Mariño, M.** 2001. Comportamiento de los Simúlidos en la cuenca del río Salado en la provincia de Buenos Aires - Argentina. Disponible en URL: <http://www.ugf.br/editora/revistas/entomologia/eyv2001/art13>.
19. **Martínez, R. y Portillo, M.** 1999. Estudio faunístico y ecológico de los Simulidos (Díptera, Simuliidae) del río Cidacos a su paso por La Rioja.
20. **Méndez, M. y Petersen, R.** 1981. Especies de insectos acuáticos. <http://www.pancanal.com/esp/cuenca/rocc/6-9.pdf>.
21. **Mosino, P.** 1999. Estudios de Meteorología y Climatología – Universidad Nacional Autónoma de México (I y II cuaderno de trabajo).

22. **Muñoz, M.** 1999. Simulidos (Díptera: Simuliidae) de la región central del departamento de Cundinamarca. Universidad de Antioquía Colombia.
23. **Muzón, J., Spinelli, G., Pessacq, P., Von Ellenrieder, N., Stevez, E., Marino, P., Pérez, P., Angrisano, A.** 2005. Insectos acuáticos de la meseta del Somuncura, Patagonia, Argentina. Inventario preliminar. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 64 (3-4):47-67, 2005.
24. **Petersen, R.** 1983. Especies de insectos acuáticos. Tercera Edición Panamá.
25. **Pérez, B. y Segnini, S.** 2005. Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Dípteros (Insecta) en un río tropical altoandino. Entomotropica Vol. 20(1): 49-57. Abril 2005.
26. **Ramírez, A.** 1999. Ecología Aplicada. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano – Colombia.
27. **Roldan, G.** 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Primera edición Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
28. **Roldan, G.** 1996. Guía Para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Primera edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
29. **Roque, O.** 1997. Guía de Meteorología Práctica. Oficina de Investigaciones Ayacucho-Perú.
30. **Santiesteban, F. y Dale, S.** 2004. Diagnóstico y control de simúlidos. Disponible en URL:
www.google.com.pe/search?hl=es&q=simulidos&btnG=Buscar&meta=cr%3.
31. **Smith, R. y Smith, T.** 2001. Ecología. Cuarta edición. Pearson Educación S.A. Madrid, España.
32. **SUNASS (Superintendencia de Servicios de Saneamiento).** 1997. Manual de procedimiento de análisis de agua. Lima, Perú.

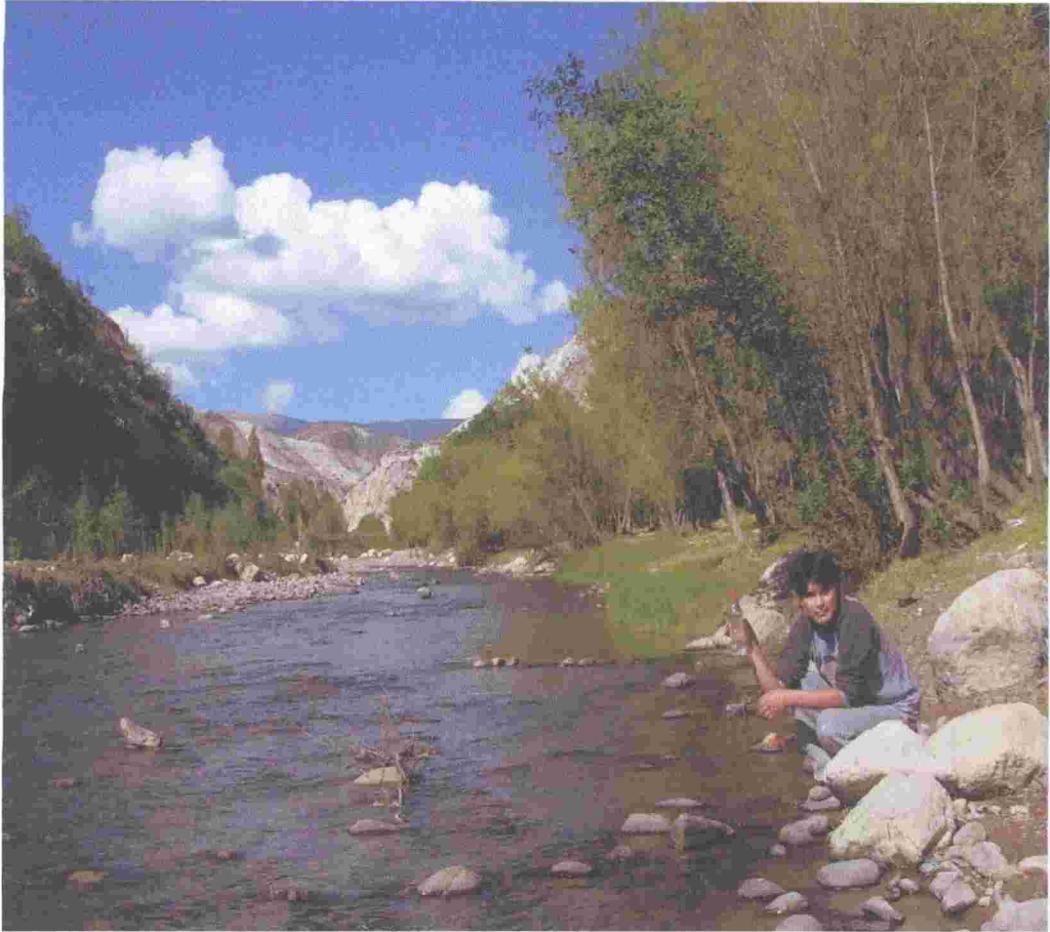
33. **Vargas, M.** 1996. Notas sobre artropodología médica. Oficina de Publicaciones Universidad de Costa Rica. Disponible en URL:
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Referencias/Refbib130.htm>
34. **Wetzel, R.** 1981. Limnología. Primera edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.

ANEXOS

Anexo N° 01
Panel Fotográfico



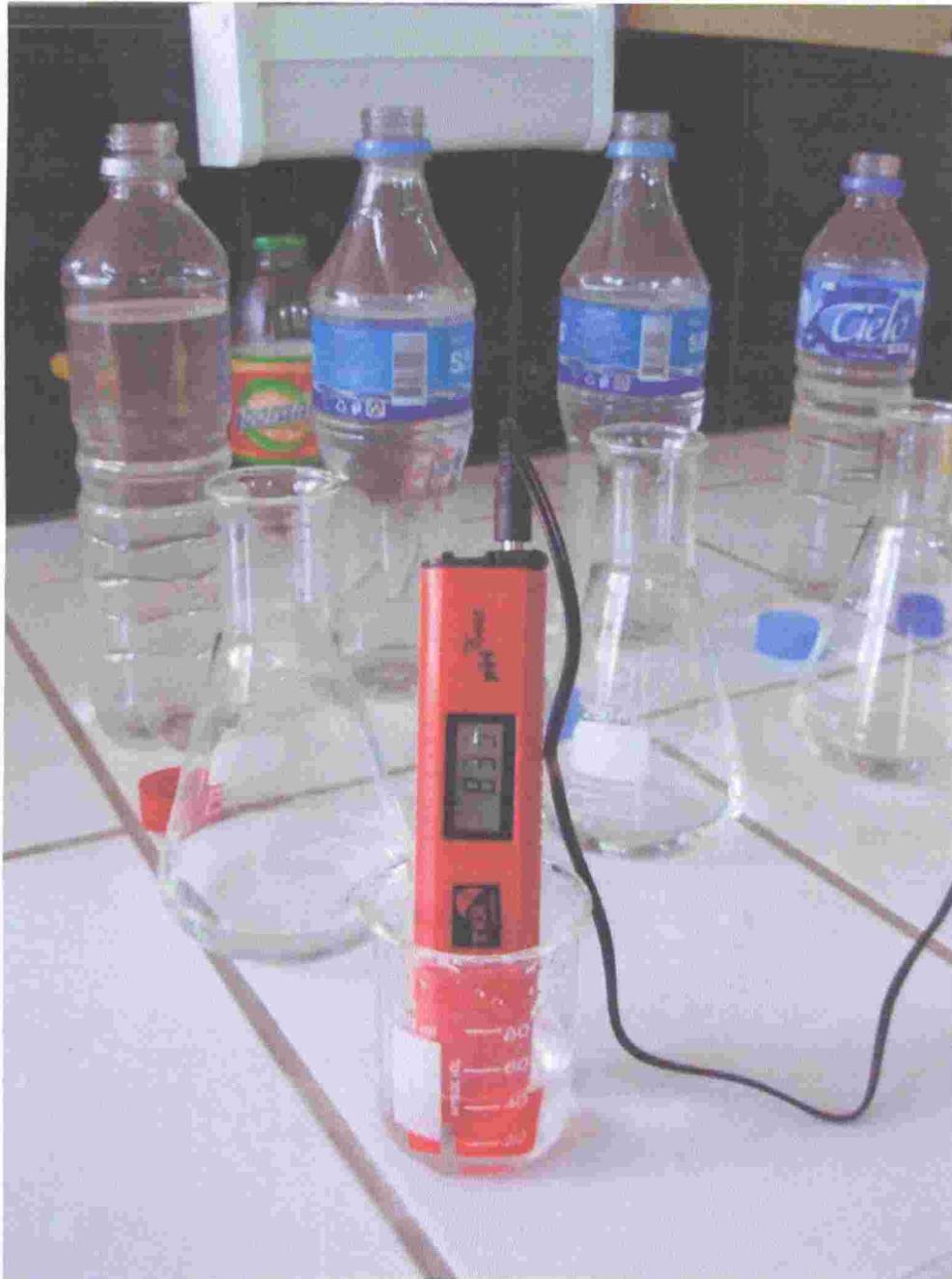
Fotografía N° 01: Muestreo de larvas y pupas de *Paraustrosimulium sp.* en las aguas del río Yucaes. Ayacucho, 2008.



Fotografía Nº 02: Muestreo de agua en el río Yucaes. Ayacucho, 2008.



Fotografía N° 03: Muestreo y captura de los mosquitos adultos de *Paraustrosimulium* sp. en la localidad de Muyurina. Ayacucho, 2008.



Fotografía N° 04: Muestras de agua del río Yucaes para el análisis fisicoquímico realizadas en el laboratorio de Ecología y Control Ambiental de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.



Fotografía N° 05: Proceso de análisis fisicoquímico de las muestras de agua del río Yucaes realizado en el laboratorio de ecología y control ambiental de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.