

Macroinvertebrados bentónicos del humedal de Palo Verde, Costa Rica

Trama, F.A.¹, F.L. Rizo Patrón V.¹ & M. Springer^{2,3}

1. Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales-Perú. Jr. Puerto Inca #174 Depto 302. Urb. Los Olivos-Surco. Lima 33, Lima. Perú; ftrama@centroneotropical.org
2. Museo de Zoología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 11501-2060, San José, Costa Rica; springer@biologia.ucr.ac.cr
3. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, 11501-2060, San José, Costa Rica.

Recibido 06-XI-2008. Corregido 01-X-2009. Aceptado 02-XI-2009.

Abstract: Benthic macroinvertebrates of the Palo Verde wetland, Costa Rica. Palo Verde, Costa Rica, is one of the most important wetlands in the region now recovering from some invasive plants, especially *Typha domingensis*, and monitoring programs were started, including studies on the aquatic macroinvertebrate fauna. We sampled benthic macroinvertebrates monthly for more than a year with artificial substrates, and identified 116 taxa from 57 families and 18 orders, with 90 morfospecies of insects. The highest abundances were in the class Conchostraca (typical in seasonal wetlands) and in the family Chironomidae (Diptera, Insecta), which together represent almost half of all individuals collected. In contrast, 97 taxa were less than 1% of total abundance each. Number of individuals and number of species were higher at lower water levels (dry season). Cumulative species curves indicate that more species would be found if sampling had continued for more time. *Rev. Biol. Trop.* 57 (Suppl. 1): 275-284. Epub 2009 November 30.

Key words: Inventory, fresh water marsh, aquatic invertebrates, wetland, *Typha*, Palo Verde, Costa Rica.

El humedal estacional de Palo Verde (1247 ha), localizado en el Parque Nacional Palo Verde, (Guanacaste, Costa Rica), es considerado como uno de los humedales más importantes de la región del Pacífico de América Central, representando un refugio importante para más de 60 especies de aves acuáticas, tanto migratorias como residentes (Boza 1981, Boza & Mendoza 1981, McCoy & Rodríguez 1994), incluyendo especies con poblaciones reducidas o en peligro de extinción, siendo además considerada una zona de vital importancia como sitio de reproducción y alimentación (Vaughan *et al.* 1996). En el pasado, el humedal fue parte de una finca ganadera en la cual se mantenían los animales pastoreando en las lagunas sobre todo en época seca (Vaughan *et al.* 1996). Debido a su importancia, en el año 1980 la zona fue

declarada Parque Nacional, por lo que el ganado fue retirado del área protegida eliminando la presión de pastoreo y el pisoteo de la vegetación acuática. Además se bloquearon, por la construcción de un camino hacia el río Tempisque, dos quebradas naturales que traían agua de lluvia en invierno desde los cerros aledaños al humedal (Jiménez *et al.* 2003). Estos cambios de manejo y cambios hidrológicos debido a períodos secos con valores totales de precipitación menores a la media anual (OET & UICN 2005) contribuyeron al avance de especies invasoras de plantas. En 1985, el humedal de Palo Verde fue cubierto casi por completo por dos especies, la tifa (*Typha domingensis*), planta acuática que invadió más de 500 ha y el Palo Verde (*Parkinsonia aculeata*), especie leñosa que avanzó sobre las áreas menos profundas

cubriendo 247 ha (Castillo & Guzmán 2004). Por esta razón las zonas abiertas como espejos de agua disminuyeron considerablemente, resultando en una disminución importante en las cantidades de las diferentes especies de aves y plantas, y la composición, estructura y función biológica del humedal se vieron afectadas (Vaughan *et al.* 1996). Desde el año 2002 el humedal de Palo Verde se encuentra bajo manejo activo para reducir la población de tifa, por medio de una técnica adaptada del cultivo de arroz, el “fangueo” (McCoy & Rodríguez 1994). El proyecto de restauración desarrollado conjuntamente por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y la Organización para Estudios Tropicales (OET), incluyó un componente de monitoreo de la respuesta de la fauna y la flora del humedal (OTS 2002).

Los invertebrados desempeñan un papel importante en este tipo de ecosistemas acuáticos dentro de las cadenas tróficas, procesando detritos y siendo alimento de consumidores secundarios, tanto invertebrados como vertebrados, representando una fuente importante de proteína para muchas especies animales como los patos y otras aves acuáticas (Fredrickson & Reed 1988). Hasta la fecha, en el humedal de Palo Verde se han realizado algunos trabajos cortos, (la mayoría de ellos de tres días) acerca de la presencia o abundancia de invertebrados en diferentes partes del humedal (Martin 1992, Rule 1992, Gibson & Allen 1993, Wright & Ruiz 1993). Sin embargo, ninguno de estos trabajos ha realizado un inventario, ni evaluado la composición de la comunidad y la abundancia de los invertebrados. Hasta la fecha, tampoco existe un listado de las especies, géneros o familias presentes en la laguna.

El objetivo del presente estudio fue el de realizar un inventario de las especies, así como estimar la abundancia relativa para cada taxón durante un período de un año y así contribuir al conocimiento de los macroinvertebrados bentónicos existentes en el humedal de Palo Verde.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una evaluación de los invertebrados presentes en el humedal Palo Verde dentro del Parque Nacional Palo Verde (10°20'35" N, 85°20'26" W), tanto en época seca como lluviosa durante agosto del 2003 a julio del 2004. La laguna posee un régimen estacional lo que implica una dinámica de llenado principalmente por agua de lluvia, escorrentía de los cerros aledaños y de secado por evapotranspiración. Esta dinámica determina el volumen y profundidad de agua presente en ella, variando de 0 a 1.50 m en la época lluviosa y entre 0 y 40 cm en la época seca, hasta secarse completamente entre finales de marzo y mediados de abril (Vaughan *et al.* 1982, Vaughan *et al.* 1996, Calvo & Arias 2003).

Se seleccionaron nueve estaciones distribuidas al azar, incluyendo zonas de la laguna con diferentes tipos de cobertura y profundidades. Los sitios fueron muestreados todos los meses hasta que se secaron por completo. Los macroinvertebrados fueron recolectados utilizando el método de sustratos artificiales (Castillo 2000), los cuales fueron colonizados por los organismos durante cada mes. Cada sustrato consistió en un bloque de concreto dentro de una bolsa de malla plástica (diámetro de 0.3 cm) (Fig. 1) y en cada estación de muestreo se ubicaron dos sustratos. Se realizaron un total de diez muestreos en el humedal de Palo Verde durante el año de estudio. El esfuerzo de muestreo fue de 18 sustratos/mes haciendo un total de 180 sustratos durante el tiempo de muestreo. La laguna se encontró seca durante casi tres meses (abril-mayo) por lo cual no se pudieron realizar muestreos en ese período.

Después de un mes de exposición, se recolectaron los invertebrados que colonizaron cada uno de los sustratos. Para esto se lavaron tanto los bloques como las bolsas, y después se filtró el líquido obtenido por un tamiz de 500 μ m. Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se las conservó en alcohol de

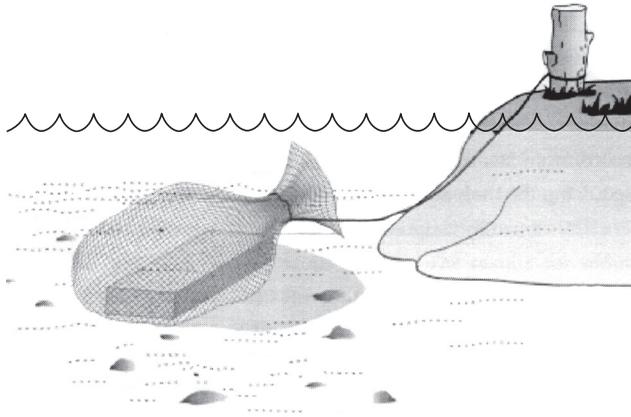


Fig. 1. Método de muestreo utilizando sustratos artificiales. (modificado de Castillo 2000).
Fig. 1. Sampling method using artificial substrates (modified from Castillo 2000).

90° y se almacenaron hasta el momento de ser procesadas. Los organismos fueron separados, clasificados por medio de las claves taxonómicas disponibles y preservados en alcohol de 70°. El material se encuentra depositado en la estación biológica Palo Verde y en la Colección de Entomología Acuática del Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica.

Se estimó la riqueza de especies y abundancia total y relativa de los invertebrados recolectados durante el período de estudio. Se realizó además una curva acumulada y se empleó el estimador de Chao mediante el programa Diversity (Henderson & Seaby 1998) para determinar el número de taxa que se deberían haber recolectado (Espinosa 2003). Se realizó un Análisis de Varianza Paramétrica (ANOVA) mediante el programa Statgraphics 3.1 (Statistical) con transformación de log para evaluar la diferencia de riqueza y abundancia de invertebrados recolectados en época seca y en lluviosa. Además, en cada muestreo se determinaron los siguientes parámetros: temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, profundidad y el tipo de cobertura presente definida como espejo de agua, tifa, vegetación flotante y vegetación emergente (Trama 2005).

RESULTADOS

La riqueza total de invertebrados recolectados en los muestreos con los 180 sustratos artificiales, fue de 116 táxones pertenecientes a 57 familias y 18 órdenes. Los táxones encontrados y las clases de abundancia se detallan en el Cuadro 1.

La curva acumulada muestra que la cantidad de taxa aumentó durante todo el período de muestreo y se obtuvieron taxa nuevos inclusive en el último muestreo (Fig. 2) y el estimador Chao mostró que se deberían haber recolectado 150 taxa. La riqueza taxonómicafue mayor en época seca ($\bar{X}=45.2$) que en la lluviosa ($\bar{X}=31.8$), aunque no significativamente ($F=1.42$, $gl=1,9$, $P=0.26$). Por otro lado, los insectos fueron los más diversos con una riqueza de 41 familias, 62 géneros y 90 morfoespecies en comparación con los otros macroinvertebrados (Mollusca, Crustacea, Oligochaeta e Hirudinea) con 14 familias, 12 géneros y 26 morfoespecies.

La abundancia media de invertebrados por bloque/época para todo el estudio fue mayor en la estación seca (Diciembre-Abril) ($\bar{X}=59.2$) que en la lluviosa ($\bar{X}=28.7$) ($F=8.85$, $gl=1,135$, $P=0.0035$) (Fig. 3). Los grupos más

CUADRO 1

Lista taxonómica de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el humedal Palo Verde, con sus abundancias (totales para el periodo de estudio, entre agosto 2003 a julio 2004)

TABLE 1

Taxonomic list and total abundances of aquatic macroinvertebrates sampled in Palo Verde for the study period, from August 2003 to July 2004

TAXON	Clase de abundancia	TAXON	Clase de abundancia
OLIGOCHAETA	IV	Notonectidae	
HIRUDINEA	IV	<i>Buenoa</i> sp.	II
HYGROPHYLA/BASOMMATOPHORA		Pleidae	III
Bulinidae		Corixidae	II
<i>Gundlachia radiata</i>	I	Nepidae	
Lymnaeidae	II	<i>Curicta</i> sp.	I
Physidae	IV	<i>Ranatra</i> sp.	II
Planorbidae		ODONATA	
<i>Planorbella</i> sp.	IV	Libellulidae	
<i>Biomphalaria</i> sp.	II	<i>Anatya</i> sp.	I
<i>Antillorhis aeruginosus</i>	IV	<i>Brachymesia herbida</i>	Adulto
<i>Drepanotrema anatinum</i>	IV	<i>Brechmorhoga</i> sp.	Adulto
MESOGASTROPODA		<i>Erythrodiplax umbrata</i>	Adulto
Ampullariidae/Pilidae		<i>Erythrodiplax funeria</i>	Adulto
<i>Pomacea flagellata</i>	III	<i>Eryhemis</i> sp.	II
Hydrobiidae		<i>Eryhemis vesiculosa</i>	II
<i>Aroapyrgus costaricensis</i>	III	<i>Orthemis ferruginea</i>	Adulto
Thiaridae		<i>Orthemis levis</i>	Adulto
<i>Melanoides tuberculata</i>	II	<i>Orthemis</i> sp.	II
VENEROIDEA		<i>Pantala flavescens</i>	Adulto
Sphaeriidae		<i>Pantala</i> sp.	II
<i>Eupera veatleyi</i>	III	<i>Perithemis</i> sp.	III
EPHEMEROPTERA		<i>Tramea</i> sp.	III
Baetidae		<i>Pseudoleon</i> sp.	I
<i>Baetis</i> sp.	II	<i>Nephepeltia</i> sp.	II
<i>Calibaetis</i> sp.	I	<i>Miathyria</i> sp.	II
<i>Fallceon</i> sp.	III	Gen. sp.1.	II
Polymitarcidae		Gen. sp.2	II
<i>Campsurus</i> sp.	I	Gen. sp.3	II
Caenidae		Gomphidae	
<i>Caenis</i> sp.	IV	<i>Phyllogomphoides</i> sp.	recolecta directa
Leptohiphidae		Lestidae	
<i>Leptohiphes</i> sp.	II	<i>Lestes</i> sp.	recolecta directa
Leptophlebiidae		Aeshnidae	
<i>Farrodes</i> sp.	II	<i>Anax</i> sp.	III
<i>Traverella</i> sp.	I	<i>Coryphaeshna</i> sp.	recolecta directa
NEUROPTERA/MEGALOPTERA		<i>Coryphaeshna adnexa</i>	Adulto
Corydalidae		<i>Coryphaeshna diapyra</i>	Adulto
<i>Corydalis</i> sp.	I	<i>Gynacantha nervosa</i>	Adulto
HEMIPTERA		<i>Remartinia</i> sp.	recolecta directa
Hydrometridae		<i>Triacanthagyna</i> sp.	recolecta directa
<i>Hydrometra</i> sp.	I	Calopterygidae	
Belostomatidae		<i>Heteaerina</i> sp.	I
<i>Lethocerus</i> sp.	III	Coenagrionidae	
Hebridae		<i>Ischnura ramburii</i>	II
<i>Hebrus</i> sp.	III	<i>Telebasis</i> sp.	II
sp. 1	I	<i>Leptobasis</i> sp.	III
Veliidae		<i>Acanthagrion</i> sp.	III
<i>Microvelia</i> sp.	I	<i>Argia</i> sp.	III
<i>Stridulivelia</i>	I	COLEOPTERA	
Mesoveliidae		Elmidae	
<i>Mesovelia</i> sp.	III	<i>Microcylloepus</i> sp.	II
Naucoridae		Haliplidae	
<i>Pelocoris</i> sp.	II	<i>Halipus</i> sp.	II

CUADRO 1 (Continuación)

Lista taxonómica de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el humedal Palo Verde, con sus abundancias (totales para el período de estudio, entre agosto 2003 a julio 2004)

TABLE 1 (Continued)

Taxonomic list and total abundances of aquatic macroinvertebrates sampled in Palo Verde for the study period, from August 2003 to July 2004

TAXON	Clase de abundancia	TAXON	Clase de abundancia
Staphylinidae	II	DIPTERA	
Lampiridiidae		Ceratopogonidae	
Gen. sp. 1	I	<i>Probezzia</i> sp.	II
<i>Lutrochidae</i> sp.	I	<i>Alluaudomya</i> sp.	II
Driopidae		sp. 1	III
<i>Pelonomua</i> sp.	I	Chironomidae	
Dytiscidae		Tanytopodinae	IV
<i>Thermonectes</i> sp.	recolecta directa	Podonominae	II
sp. 1	III	Chinorominae	IV
sp. 2	II	Tabanidae	
sp. 3	III	<i>Chrysops</i> sp.	III
sp. 4	II	<i>Tabanus</i> sp.	I
sp. 5	recolecta directa	Culicidae	
sp. 6	recolecta directa	<i>Aedeomyia squamipennis</i>	I
Noteridae		<i>Anopheles albimanus</i>	recolecta directa
sp. 1	III	<i>Culex culex</i>	II
sp. 2	III	<i>Culex erraticus</i>	I
Hydrophilidae		<i>Culex nigripalpus</i>	recolecta directa
<i>Derralus</i> sp.	IV	<i>Mansonia dyari</i>	III
<i>Berosus</i> sp.	II	<i>Mansonia titillans</i>	II
<i>Tropisternus</i> sp.	II	<i>Uranotaenia lowii?</i>	recolecta directa
<i>Helochaeres</i> sp.	II	Chaoboridae	
<i>Phaenonotum</i> sp.	II	<i>Chaoborus</i> sp.	I
<i>Hydrophilus</i> sp.	II	Stratiomyidae	III
Gen. sp 4	III	Tipulidae	
<i>Helobata</i> sp.	II	sp. 1	II
<i>Enochrus</i> sp.	II	<i>Tipula?</i> sp.	II
Scirtidae	IV	ACARI/ACARINA	
Curculionidae	II	Fam. Indet.	III
COLLEMBOLA	III	Oripatidae	II
TRICHOPTERA		CONCHOSTRACA	IV
Hydropsychidae		CLADOCERA	
<i>Smicridea</i> sp.	I	Daphniidae	III
Hydroptilidae		OSTRACODA (PODOCOPIDA)	
<i>Hydroptila</i> sp.	III	Cyprididae	
<i>Neotrichia</i> sp.	III	<i>Zonocypris</i> sp.	III
<i>Oxyethira</i> sp.	IV	<i>Sasrcypridopsis</i> sp.	III
Leptoceridae		Lymnocytheridae	
<i>Nectopsyche</i> sp.	II	<i>Cytheridella</i> sp.	IV
<i>Oecetis</i> sp.	I	Gen. sp. 1	IV
LEPIDOPTERA		Gen. sp. 2	IV
Pyralidae		Gen. sp. 3	III
<i>Petrophila</i> sp.	I	Gen. sp. 4	III
		Gen. sp. 5	III
		Gen. sp. 6	II

Las clases de abundancia se definen según la siguiente clasificación: I: 1 individuo; II: 2-10 individuos; III: 11-50 individuos; IV: > 50 individuos. Además se incluyen aquellos táxones que fueron recolectados mediante recolecta directa, pero no por el método de sustrato artificial o mediante crianza del adulto.

Abundance classes were defined as follows: I: 1 individual; II: 2-10 individuals; III: 11-50 individuals; IV: > 50 individuals. Other taxa collected directly but not by the artificial substrates or adult raising methods were also included.

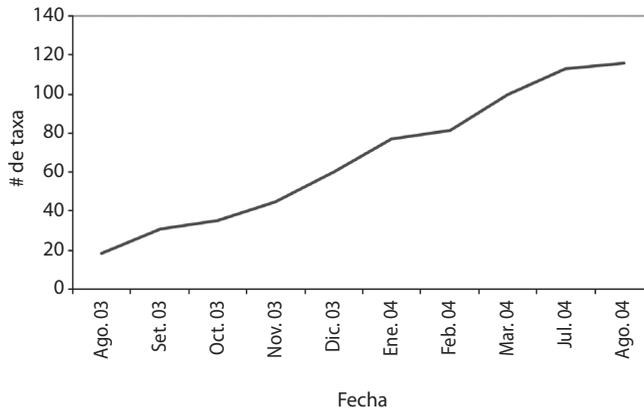


Fig. 2. Curva acumulada de macroinvertebrados bentónicos colectados a lo largo del estudio, agosto 2003 - julio 2004, Humedal Palo Verde, Costa Rica.

Fig. 2. Cummulative curve of benthic macroinvertebrates collected in Palo Verde along the study period from August 2003 to July 2004.

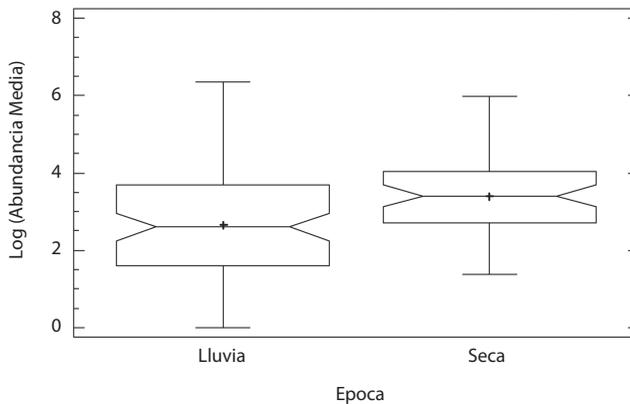


Fig. 3. Abundancia media de macroinvertebrados bentónicos por época para todo el período de estudio, Humedal Palo Verde, agosto 2003 - julio 2004, Costa Rica.

Fig. 3. Seasonal average abundance of benthic macroinvertebrates for the study period, Palo Verde, from August 2003 to July 2004.

abundantes fueron Conchostraca, con 1788 individuos (24.32%), y la subfamilia Chironominae con 1490 individuos (20.26%). Por otro lado, el 42.28% de individuos recolectados correspondió a 17 taxa con porcentajes entre 1 y 10% y el resto de los taxa recolectados (97) se registraron con abundancias menores al 1%.

Adicionalmente, se recolectaron algunos individuos con red de mano, tanto adultos como larvas bentónicos y nectónicos, y se lograron de identificar los siguientes taxa: Díptera:

Culicidae: *Anopheles albimanus*, *Culex nigripalpus*, *Uranotaenia lowii*; Empididae Gen. indet.; Odonata: Libellulidae: *Brechmorhoga* sp.; Gomphidae: *Aphylla* sp., *Phyllogomphoides* sp.; Lestidae: *Lestes* sp.; Aeshnidae: *Coryphaeshna* sp., *Remartinia* sp., *Triacanthagyna* sp.; Coleoptera: Elmidae: *Heterelmis* sp.; Gyrinidae: *Gyretes* sp.; Dytiscidae: *Thermonectes* sp.; Hydrophilidae: *Paracymus* sp. Además, para lograr la clasificación completa de los odonatos se capturaron algunos individuos

encontrados nadando cerca de la superficie, los cuales fueron criados en laboratorio. Se identificaron individuos de *Brachymesia herbida*, *Erythrodiplax umbrata*, *E. funeria*, *Gynacantha nervosa*, *Orthemis ferruginea*, *O. levis*, *Pantala flavescens*, *Coryphaeshna adnexa*, y *C. diapyra*.

DISCUSIÓN

Riqueza taxonómica de invertebrados:

El presente estudio representa la primera descripción de la comunidad bentónica de la Laguna Palo Verde y da a conocer una primera lista taxonómica para el humedal. Sin embargo, no obstante el esfuerzo de muestreo por un periodo de un año, el inventario de la fauna aún no se puede considerar completo ya que el aumento casi constante en el número de taxa observado en el humedal Palo Verde, indica que de realizar más muestreos se seguirían obteniendo nuevos taxa. De la misma forma, el estimador de Chao mostró que se deberían haber observado más taxa que los registrados en los muestreos. Esto también puede tener su explicación por el método utilizado, el cual no recolecta todos los organismos que habitan en los diferentes microhábitats del humedal.

La riqueza taxonómica fue mayor en la época seca que en la lluviosa aunque no de forma significativa. Este resultado puede deberse a que en el año 2004, con un total de 866 mm de precipitación en el año, la lluvia comenzó en mayo, luego se presentó un periodo seco en junio y después comenzó nuevamente en julio de ese año. En el año 2003 sin embargo, se registraron un total de 1400 mm. Este cambio en el hidropériodo provocó que la laguna en agosto del 2003 tuviera 95 cm de profundidad y en agosto del 2004 tan solo 36 cm (Trama 2005). De esta forma, estos cambios en la hidrología conjuntamente con otros cambios ambientales asociados serían los causantes de la no diferencia estadística de la riqueza taxonómica y la mayor riqueza observada en julio (56 taxa) y agosto (51 taxa) del año 2004 con respecto al año 2003 (agosto: 19 taxa).

Abundancia de invertebrados y estacionalidad: El humedal de Palo Verde está sometido a cambios estacionales, los cuales comienzan con las lluvias en mayo de cada año, donde según la topografía comienza a llenarse y a colonizarse por flora y fauna acuática (Sánchez *et al.* 1985, Vaughan *et al.* 1996). La laguna presenta a lo largo del año una variedad de profundidades que van desde las zonas secas, sin agua o barro, a las zonas con más de un metro de profundidad (Trama 2005, Vaughan *et al.* 1996). La comunidad de invertebrados que habitan en el humedal de Palo Verde están adaptados a periodos secos y húmedos así como también a cambios de temperaturas y salinidad. Los huevos, larvas y quistes de los invertebrados comienzan, algunos de ellos en forma inmediata, a desarrollarse cuando la laguna comienza a llenarse con agua de lluvia (Ward 1992). En el humedal de Palo Verde, la abundancia de invertebrados fue mayor en época seca en comparación con la lluviosa lo que coincide con una disminución en la profundidad máxima de la laguna (época seca: 40 cm y lluviosa: 94 cm) y con un aumento de la concentración media de oxígeno (época seca: 1.8 mg/L y lluviosa: 1.4 mg/L).

Se ha visto que en cuerpos de agua lénticos y poco profundos, los quironómidos son el grupo de insectos dominantes (McCafferty 1983, Pennak 1989, Ward 1992, Thorp & Covich 2001). Ward (1992) menciona que en los humedales donde se encuentran peces, como en el caso de Palo Verde, los invertebrados más abundantes son los quironómidos, en comparación con sitios donde no hay peces. Por otro lado, este grupo es altamente tolerante a condiciones anóxicas debido a que algunas de sus especies tienen hemoglobina la cual almacena el oxígeno lo que les permite dominar el bentos en condiciones adversas para las demás especies (McCafferty 1983, Jiménez & Springer 1996). Coincidentemente, los individuos encontrados en la laguna de Palo Verde eran de color rojo, indicando la presencia de hemoglobina.

Por otro lado, el grupo de los crustáceos conchostracos fue el más abundante dentro

de los invertebrados recolectados durante el período de estudio. Según Pennak (1989), los branchiopodos (Branchiopoda), grupo al que pertenecen los conchostracos, son los habitantes más característicos de los humedales estacionales, estando ausentes de las aguas corrientes. Los conchostracos se encontraron muy abundantes en el período de llenado de la laguna, durante julio del 2004 (405 ind.) y en la época seca del 2003 (enero: 542 y marzo: 777 ind.). En este caso, el hecho de tener reproducción tanto partenogenética como sexual, al mismo tiempo los ayudaría a incrementar la población rápidamente. Además, cuentan también con huevos resistentes a la sequía lo cual ayudaría a la población a iniciar la colonización en cuanto se llena de agua el humedal y las condiciones son favorables (Pennak 1989, Thorp & Covich 2001).

Dentro de los grupos de invertebrados acuáticos con mayores cantidades se encuentran los crustáceos ostrácodos (Ostracoda), los cuales son considerados como uno de los taxa numéricamente más abundantes del meiobentos y rico en especies (Dole-Olivier *et al.* 2000). Las condiciones del humedal Palo Verde para estos organismos, tales como temperatura, calcio disuelto en agua y la gran cantidad de materia orgánica acumulada serían óptimas, estimulando el buen desarrollo de esta población (Roca & Wansar 1997). Los ostrácodos fueron registrados a lo largo del año siendo más abundantes en el verano y en julio del 2004 período en que la laguna comenzó a llenarse con agua de lluvia (Trama 2005). Al igual que los conchostracos, los ostrácodos mantienen huevos en latencia y pueden empezar la colonización apenas empieza la época de lluvias lo cual es una ventaja con respecto a los invertebrados que dependen de los adultos que deben colonizar el humedal y reproducirse (Dole-Olivier *et al.* 2000).

Los caracoles, sobre todo los pulmonados, se entierran en el fango a varias centímetros de profundidad y estivan durante el periodo desfavorable (Pennack 1989). Este podría ser el motivo por el cual algunos de los taxa recolectados durante el trabajo presentaron abundancias de entre 1 y 10% y fueron encontrados

durante todo el año. Estos organismos habitan en lugares con poca profundidad al igual que los bivalvos, los cuales se encuentran a veces en momentos de descanso cuando están enterrados. Este es el caso de *Eupera veatleyi*, encontrada en el humedal, la cual no se desplaza tan fácilmente como los gasterópodos y puede ser uno de los factores que diferencie la colonización entre estos moluscos. Asimismo, los hirudíneos de pozas estacionales pueden persistir cuando hay ausencia de agua ya que algunas especies se entierran en el fango y subsisten en la época seca, mientras que los anélidos (Oligochaeta), en épocas con condiciones ambientales difíciles pueden producir capullos y así sobrevivir hasta momentos más favorables (Pennak 1989).

Evaluación del método utilizado: Se han obtenido buenos resultados con varios tipos de sustratos artificiales en lugares que son difíciles de alcanzar para realizar muestreos de recolecta directa. Este método permite a los organismos colonizar los sustratos por un período de tiempo determinado y permite al investigador recolectar organismos que normalmente no se capturarían por medio de otras técnicas (Stapp & Mitchell 1997). Se considera como método semi-cuantitativo por permitir un control de la ubicación del sitio de muestreo y tamaño, entre otros. Sin embargo, implica un muestreo pasivo de largo tiempo para permitir a algunos organismos la colonización de una cantidad representativa de organismos.

El método de sustratos artificiales puede proveer un grado de replicabilidad del muestreo no disponible con otros muestreos, especialmente cuando están dispuestos en macrohabitats comparables (Cairns & Pratt 1993). En esta metodología, al utilizar sustratos de iguales características en todos los puntos, se elimina variables como el área a ser colonizada y la composición física y química del sustrato lo cual proporciona ventajas desde el punto de vista estadístico (Barbour *et al.* 1999, Rizo-Patrón 2003).

Sin embargo, al utilizar este tipo de técnica se obtiene información de solo un sector de la población de invertebrados, puesto que

la técnica es selectiva hacia un tipo de hábitat específico (Cairns & Pratt 1993). La recolecta de individuos adicionales a los encontrados en los muestreos con sustratos artificiales indicaría la necesidad de combinar esta técnica con otros métodos para abarcar los taxa o individuos que se dejan por fuera y abarcar otros microhábitats colonizados por invertebrados diferentes. Por otro lado, para obtener un muestreo ideal de la comunidad bentónica es necesario evaluarla con cada cambio de estación (Barbour *et al.* 1999). Se considera necesario realizar un esfuerzo de muestreo más intenso e investigaciones a más largo plazo, por varios años de muestreo y un mayor número de muestreos en el tiempo para obtener una asíntota en la curva acumulada y obtener un inventario lo más representativo posible. La importancia de este tipo de inventarios radica en el hecho que presentan una línea base para futuros monitoreos periódicos, los cuales pueden ser utilizados para detectar cambios en la composición de la fauna debido a causas naturales o de origen antropogénico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Organización para Estudios Tropicales (OET) por el financiamiento. Al personal del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) por el aval y buena disposición para la realización de este trabajo. A Katherine y Ethan por habernos ayudado en el manejo e identificación de los invertebrados. A Miguel Archangelsky, Luis Guillermo Chaverri Sánchez, Carlos Esquivel y Zaidett Barrientos por sus valiosos y generosos aportes en la identificación taxonómica. Finalmente agradecemos a los revisores por sus comentarios.

RESUMEN

El humedal de Palo Verde es uno de los más importantes de Centro América para aves acuáticas. Durante el periodo 2002 y 2005, se llevaron a cabo actividades de manejo para controlar la invasión de *Typha domingensis*. Con el fin de establecer una línea base para monitoreos futuros, en el 2003 se realizó una evaluación de macroinvertebrados acuáticos. Se efectuó un muestreo mensual

durante un año, usando el método de sustratos artificiales. Se identificaron 116 táxones pertenecientes a 47 familias y a 18 órdenes. La mayor abundancia se encontró en la clase Conchostraca y la familia Chironomidae que juntas representaron casi la mitad de todos los individuos colectados. En contraste, el 97% de los táxones tuvieron, cada uno, menos del 1% del total de la abundancia. La diversidad de táxones, así como la abundancia de individuos y el número de especies, fueron mayores en la época seca que en la lluviosa. La curva acumulada de especies indicó que se hubiera registrado una mayor cantidad de táxones si los muestreos se hubieran extendido por más tiempo. Con este trabajo damos a conocer la primera lista de macroinvertebrados para el humedal de Palo Verde.

Palabras clave: Inventario, humedal estacional, invertebrados acuáticos, *Typha domingensis*, Palo Verde.

REFERENCIAS

- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish. U.S Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., EEUU.
- Boza, M. A. 1981. Aves sobresalientes de Palo Verde. *Bio-cenosis* 1/2: 23-25.
- Boza, M. A. & R. Mendoza. 1981. The national parks of Costa Rica, Madrid, España.
- Cairns, J.J. & J.R. Pratt. 1993. A history of biological monitoring using macroinvertebrates, p. 488. *In* Rosenberg, D.M. & V.H. Resh (eds.). *Freshwater bio-monitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, Nueva York, EEUU.
- Calvo, J.C.A. & O.R. Arias. 2003. Avances en el monitoreo y la restauración hidrológica del humedal del Parque Nacional Palo Verde, p. 7. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Castillo, L.E. 2000. Pesticide impact of intensive banana production on aquatic ecosystems in Costa Rica, p. 18. Stockholm University. Estocolmo, Suecia. Tesis para optar el grado de Doctor.
- Castillo, M. & J.A. Guzmán. 2004. Cambios en cobertura vegetal en Palo Verde según SIG. *Ambientico* 129: 4-6.
- Dole-Olivier, M.J., D.M.P. Galassi, P. Marmonier & M.C.D. Châtelliers. 2000. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater Biology* 44: 63-91.
- Espinosa, T.E. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos* 52: 53-56.

- Fredrickson, H.L. & F. Reed. 1988. Invertebrate response to wetland management production. Cap. 13.3.1. *In* Cross, D., and P. Vohs, (eds.). *Waterfowl Management Handbook*. Fort Collins, CO: U.S. Fish and Wildlife Service.
- Gibson, A. & C. Allen. 1993. Assessing diversity of aquatic organisms in the Palo Verde Marsh, p. 23-27. *Organización para Estudios Tropicales (OET)*, San José, Costa Rica.
- Henderson, P.A. & R.M.H. Seaby. 1998. Species diversity and richness. *Pisces Conservation Ltd.*, Lymington, England.
- Jiménez, C. & M. Springer. 1996. Depth related distribution of benthic macrofauna in a Costa Rican crater lake. *Rev. Biol. Trop.* 44: 673-678.
- Jiménez, J.A., E. González & J. Calvo. 2003. Recomendaciones técnicas para la restauración hidrológica del Parque Nacional Palo Verde: casos Humedal Palo Verde y La Bocana. p. 11. Editorial San José. *Organización para Estudios Tropicales*, San José, Costa Rica.
- Martin, K. 1992. Estimation of animal diversity and abundance in Palo Verde marsh habitat. *OTS.* 92-10. p. 45-49. (Informe final de curso OET).
- McCafferty, W. P. 1983. *Aquatic entomology. The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives.* Jones and Barlett Publishers, Inc., Boston, EEUU.
- McCoy, M.B.C. & J. Rodríguez. 1994. Cattail (*Typha domingensis*) eradication methods in the restoration of a tropical, seasonal, freshwater marsh. Part III, Section 6, p. 469-482. *In* W.J. Mitsch (eds.). *Global wetlands old world and new.* Elsevier Science B.V. Amsterdam, Oaíses Bajos.
- OET & UICN. 2005. Caracterización hidrológica del Río Tempisque: Base para la definición de caudales ambientales, p. 41. *In* OET-UICN (eds.). *Estudios básicos preliminares para la determinación del caudal ambiental del río Tempisque.* Vol. Capítulo III. *Organización para Estudios Tropicales (OET)*, San José, Costa Rica.
- OTS. 2002. Conservation of neotropical migrants and their habitat in the Palo Verde marsh, Costa Rica: Restoration and management of a montreux record Ramsar site. Proyecto de restauración. *Organización para Estudios Tropicales*, San José, Costa Rica.
- Pennak, W.R. 1989. *Freshwater invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca.* John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, EEUU.
- Rizo-Patrón, F. L. 2003. Estudio de los arrozales del Proyecto Tamarindo: Agroquímicos y macroinvertebrados bentónicos en relación al Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Instituto en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Roca, J.R. & G. Wansar. 1997. Temperature influence on development and calcification of *Herpetocypris brevicaudata* Kaufmann, 1900 (Crustacea: Ostracoda) under experimental conditions. *Hydrobiologia* 347:91-95.
- Rule, T. 1992. Throw-trap sampling of fish and invertebrates in Río Tempisque marsh, p. 33-36. *Organización para Estudios Tropicales (OET)*, San José, Costa Rica.
- Sánchez, J., J.M. Rodríguez & C. Salas. 1985. Distribución, ciclos reproductivos y aspectos ecológicos de aves acuáticas, p. 83-102. *In* *Aves acuáticas.* Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Stapp, W.B. & M.K. Mitchell. 1997. *Field manual for global low-cost water quality monitoring.* Kendall/Hunt publishing company. Ann Arbor, MI: Global Rivers Environmental Education Network. 336 p.
- Thorp, J.H. & A.P. Covich. 2001. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates.* Academic Press, San Diego, California, EEUU.
- Trama, F.A. 2005. Manejo activo y restauración del humedal Palo Verde: Cambios en las coberturas de vegetación y respuesta de las aves acuáticas. Tesis Magister Scientiae. Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Vaughan, C., G. Canessa, M. C. B. McCoy, M. Rodríguez, J. Bravo, J. Sánchez, R. Morales, T. Hawkins, E. Crozier, D. Shaffer & F. Hodgson. 1982. Refugio de fauna silvestre (Palo Verde), Plan de manejo y desarrollo. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Vaughan, C., M. B. C. McCoy, J. Fallas, H. Chaves, G. Barboza, G. Wong, J. Rau, M. Carranza & M. Carbonell. 1996. Plan de manejo y desarrollo del Parque Nacional Palo Verde y Reserva Biológica Lomas Barbudal. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Ward, J.V. 1992. *Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat.* John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, EEUU.
- Wright, C. & E. Ruiz. 1993. Comparison of aquatic macroinvertebrate populations from two marsh microhabitats in Palo Verde National Park in Costa Rica, p. 29-34. *Organización para Estudios Tropicales (OET)*, San José, Costa Rica.