

Contaminantes agrícolas y sus efectos sobre la vida silvestre en arrozales de Costa Rica

Federico L. Rizo-Patrón y Florencia A. Trama

Centro Neotropical de Entrenamiento de Humedales-Perú
Jr. Puerto Inca No. 174, Dpto. 302, Urbanización Los Olivos-Surco - Lima 33 - Perú
frizopatron@centroneotropical.org

Este documento puede citarse como sigue:

Rizo-Patrón, F.L. y F.A. Trama. 2008. Contaminantes agrícolas y sus efectos sobre la vida silvestre en arrozales en Costa Rica [en línea]. En de la Balze, V.M. y D.E. Blanco (eds.): Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina <<http://lac.wetlands.org>>

Introducción

Los humedales, son de los ecosistemas más productivos que existen y forman parte importante del ciclo de vida de las aves acuáticas (Vaughan *et al.* 1996, Tabilo 1999, Bravo y Windevoxhel 1997). Muchos humedales naturales han sido modificados o drenados en su totalidad para darle otros usos al espacio donde estos se encontraban (Moser *et al.* 1996, Dugan 1992, Fasola y Ruiz 1996). Las aves acuáticas se han adaptado a las nuevas condiciones utilizando humedales artificiales creados por el hombre como son los arrozales, los cuales se ha probado tienen una equivalencia funcional similar a los humedales naturales (Elphick 2000, Richardson y Taylor 2003). En este sentido, los arrozales, en forma complementaria o en lugar de los humedales naturales, son zonas de alimentación para las aves acuáticas (Fasola y Ruiz 1996, Hurtado 2003, Hurtado 2004). Sin embargo, se sabe que las técnicas de cultivo de arroz frecuentemente incluyen la aplicación de plaguicidas que pueden ser letales para la vida silvestre que en estos se desarrolla y para los humanos que los utilizan (Fasola y Ruiz 1996, Rizo-Patrón 2003, Hidalgo 1986, Shuford *et al.* 1998).

En Costa Rica, el Parque Nacional Palo Verde (PNPV) protege humedales estacionales que están incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional o Lista de Ramsar. Al mismo tiempo, el PNPV está rodeado de campos agrícolas en los que se cultiva arroz con riego. Estos arrozales soportan diferentes especies de aves acuáticas (Hurtado 2003, 2004). En este país, son escasos los estudios directos acerca de los plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz y su efecto sobre las aves acuáticas (Hidalgo 1986). Sin embargo, en los alrededores del PNPV, se han realizado estudios acerca de la calidad de las aguas que drenan de los cultivos de arroz y llegan a algunos de los humedales que se encuentran dentro del área protegida (Rizo-Patrón 2003, Martínez 1998, Robinson

1993). En conjunto con esto, se ha analizado lo que sucede con las comunidades de invertebrados bentónicos, las cuales son el alimento de muchas aves acuáticas u otros organismos.

Por otro lado, el cultivo de arroz orgánico se ha desarrollado en forma experimental o en pequeña escala, debido a que requiere mayor mano de obra que un sistema tradicional. Las malezas deben extraerse a mano y se deben usar abonos orgánicos. Esto trae una ventaja y es que no existe peligro de intoxicaciones por agroquímicos. Sin embargo, los beneficios no se ven de inmediato y debe esperarse un tiempo prudencial si es que el suelo se ha tratado de forma convencional en tiempos anteriores. Además, para considerarse orgánico debe ser certificado; con lo cual, se pasa por un proceso en donde una determinada empresa inspectora constata que los productos han sido cultivados y procesados de manera orgánica (Quirós *et al.* 2004). En el caso de Costa Rica, para el año 2003 sólo un sitio realizaba en parcelas experimentales cultivo orgánico, la hacienda La Pacífica.

Revisión de trabajos realizados en Costa Rica

En el presente trabajo se analizaron los resultados de las investigaciones relacionadas con plaguicidas realizadas en el área de influencia del Parque Nacional Palo Verde en Costa Rica, zona donde se cultiva arroz de forma intensiva (Hidalgo 1986, Martínez 1998, Rizo-Patrón 2003, Rizo-Patrón *et al.* en prep., Robinson 1993). El área de estudio se muestra en la Figura 1. Se trabajó en los proyectos de arroz de Bagatzi y Tamarindo, cada uno aproximadamente con 600 hectáreas de cultivo de arroz. Hidalgo (1986) realizó análisis de plaguicidas organoclorados en huevos de especies de aves acuáticas que anidan en la Isla Pájaros del PNPV. Martínez (1998), estudió el comportamiento de los macroinvertebrados bentónicos

en relación con los contaminantes agrícolas en el proyecto arrocero Bagatzí, creando un índice de calidad de aguas para la zona. Robinson (1993), realizó su trabajo en relación al transporte de los contaminantes provenientes de los proyectos de arroz en las afueras del PNPV. En el trabajo de Rizo-Patrón (2003), se estudiaron los contaminantes en un nuevo proyecto arrocero que drenaba directamente a un humedal dentro del PNPV. En este trabajo se analizaron las comunidades de macroinvertebrados bentónicos con respecto a la calidad de las aguas. En un quinto trabajo aún no publicado, para evaluar si existían diferencias entre el cultivo convencional y el orgánico en cuanto a la abundancia y riqueza de macroinvertebrados bentónicos, se realizó el muestreo en una parcela de arroz dentro de La Pacífica y en una parcela convencional en Bagatzí (Rizo-Patrón *et al.* en prep.).

En algunos de los trabajos se realizaron entrevistas para conocer cuales fueron los plaguicidas utilizados por los agricultores (Rizo-Patrón 2003, Rizo-Patrón *et al.* en prep.). Debido a que frecuentemente no se logra conocer todas las aplicaciones también se ubicaron los envases de los plaguicidas que utilizaron algunos agricultores, dado que tienen la costumbre de dejarlos

en la entrada de la parcela. Asimismo, Martínez (1998), Rizo-Patrón (2003) y Robinson (1993) tomaron muestras de agua para hacer análisis de laboratorio en busca de residuos de plaguicidas. La metodología utilizada en los análisis de aguas en el laboratorio fue la estandarizada por el Instituto de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional. En el caso de Robinson (1993), los análisis se realizaron en el Laboratorio Costarricense de Investigación y Enseñanza en nutrición y salud y en el laboratorio del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Hidalgo (1986), por su parte, analizó los residuos de plaguicidas en las cáscaras de huevos en el IRET.

En dos de las investigaciones se analizaron las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos (Martínez 1998, Rizo-Patrón 2003) para relacionarlos con la calidad de las aguas en los arrozales. Además, se incluyen resultados preliminares del análisis de macroinvertebrados bentónicos en la comparación de arrozales con tratamiento tradicional y arrozales con tratamiento orgánico (Rizo-Patrón *et al.* en prep.). En los tres trabajos en los que se colectó macroinvertebrados bentónicos, la colecta se realizó mediante el método de sustratos artificiales descrito en Castillo *et al.* (2000).

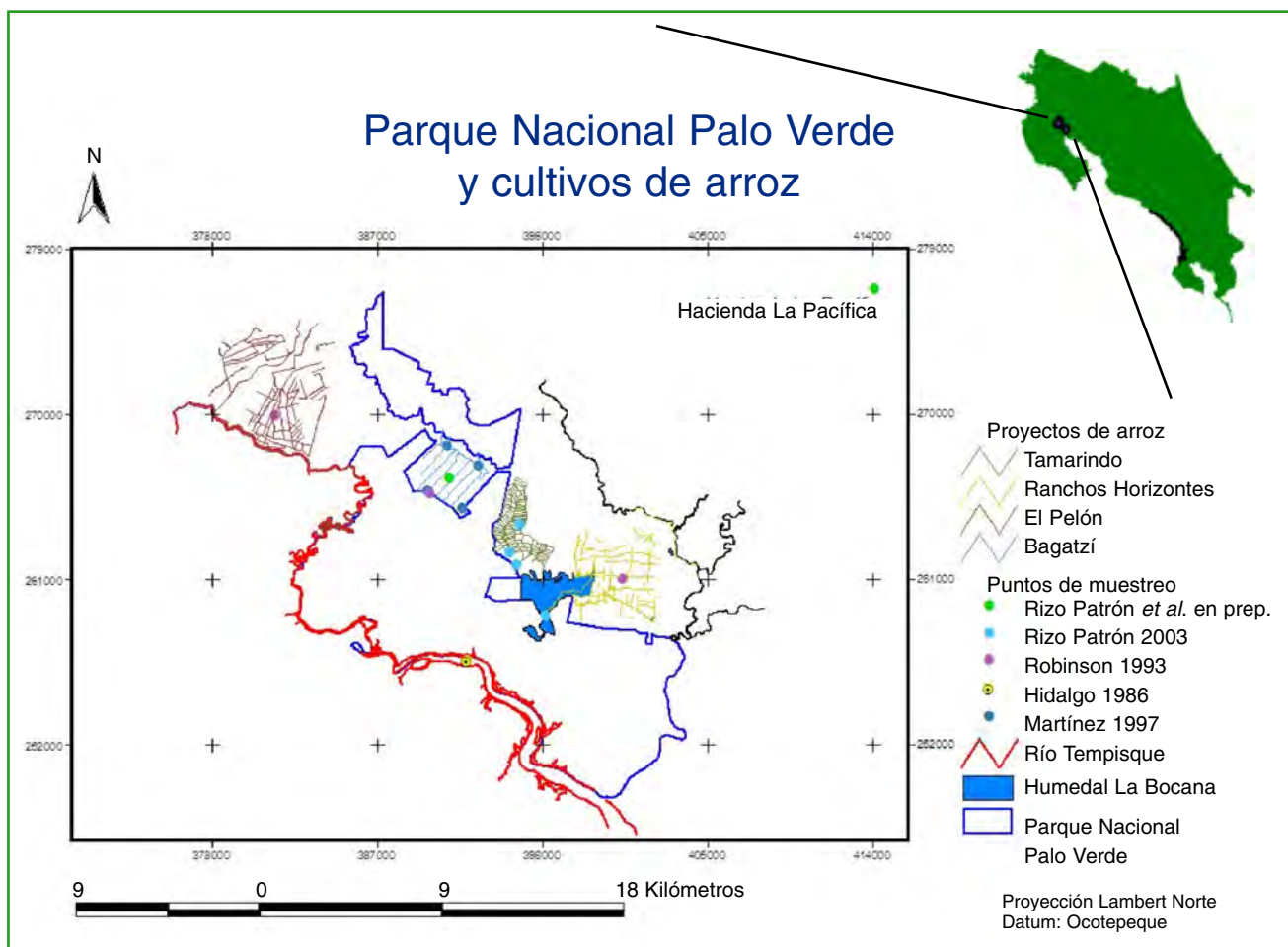


Figura 1. Sitio de la toma de datos para los trabajos de Hidalgo 1986, Robinson 1993, Martínez 1998, Rizo-Patrón 2003 y Rizo-Patrón *et al.* (en prep.).

Luego, se identificaron y contabilizaron los diferentes taxa y familias encontrados. Para las identificaciones se utilizaron claves taxonómicas (Pennak 1978, Roldán 1988) y se contó con la ayuda de los especialistas en invertebrados acuáticos de la Universidad Costa Rica (UCR) y del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Se utilizaron índices biológicos para la comparación de las diferentes estaciones de muestreo.

Evidencias de plaguicidas en arrozales y vida silvestre

En los análisis de residuos de plaguicidas en agua y cáscaras de huevos de aves se detectaron 21 diferentes plaguicidas (Rizo-Patrón 2003, Martínez 1998, Hidalgo 1986) entre herbicidas, insecticidas y fungicidas en las localidades de Bagatzí, Tamarindo e Isla Pájaros (Tabla 1). Robinson (1993) no obtuvo resultados de los análisis de residuos de plaguicidas. Menciona en su trabajo que los laboratorios no respondieron como se suponía. En el caso de los plaguicidas detectados por Hidalgo (1986), varios de estos productos se encuentran fuera del mercado desde hace varios años por ser demasiado

Tabla 1. Lista de plaguicidas detectados en los análisis de aguas y cáscaras de huevos para los trabajos de (Rizo-Patrón 2003, Martínez 1998, Hidalgo 1986).

Ingrediente activo	Tipo	Autor
3,4 dicloroan	I	M
cipermetrina	I	RP
clordano	I	H
clorpirifos	I	RP
dimetoato	I	RP
diazinon	I	RP
dieldrin	I	H
edifenfos	F	M
endosulfan	I	RP
endrin	I	H
heptacloro	I	H
hexachlorobenzene (HCB)	F	H
hexachlorocyclohexane (Lindano)	I	H
Methamidophos	I	M
p, p'-DDT	I	H
p, p'-DDE	I	H
p, p'-DDD	I	H
o, p'-DDT	I	H
propanil	H	M
quinclorac	H	M
thiobencarb	H	M

Tipo: I = Insecticida, H = Herbicida y F = Fungicida.
 Autor: RP = Rizo-Patrón (2003), H = Hidalgo (1986),
 M = Martínez (1998).

tóxicos, como es el caso del DDT y sus metabolitos secundarios (EXTOXNET 1996).

Hidalgo (1986), encontró relaciones entre el bajo éxito reproductivo de las aves acuáticas y los plaguicidas utilizados en los campos de arroz en la década de los años 80. La autora encontró que los huevos no llegaban a eclosionar por adelgazamiento en el grosor de la cáscara o por fisuras en la cáscara debido a alteraciones en las deposiciones de los compuestos calcáreos en la cáscara.

En los resultados de estos trabajos se evidencia como los plaguicidas, conjuntamente con el resto de los agroquímicos y algunas prácticas agrícolas, pueden afectar la vida silvestre, lo cual concuerda con lo encontrado en investigaciones en otros países (Fasola y Ruiz 1996). Los plaguicidas pueden pasar de un organismo a otro, y bioacumularse; con lo cual, pueden darse reacciones no letales (Fasola y Ruiz 1996) que causan una reducción de las poblaciones de una forma no evidente.

En el caso de los macroinvertebrados bentónicos, Martínez (1998) propuso una clasificación de acuerdo a las características ecológicas para determinar la calidad del agua en los cultivos de arroz. El resultado obtenido en su trabajo se muestra en la Tabla 2. El autor relacionó las diferentes familias que encontró con la calidad del agua, resultando en mejores condiciones ambientales en la entrada de agua que en el drenaje de los arrozales. No obstante, la diferencia entre la calidad de las aguas no fue tan evidente, quizás debido a trazas de plaguicidas que encontró en los canales de entrada de agua.

Por otro lado, Rizo-Patrón (2003), encontró diferencias entre la entrada del agua de riego con respecto a los

Tabla 2. Composición porcentual promedio de la comunidad macrobentónica, según los niveles de calidad de agua, en las estaciones de muestreo de los arrozales de Bagatzí durante el período octubre 1993 - noviembre 1994 (extraída de Martínez, 1998).

Nivel de tolerancia de los invertebrados	Estación 1 Entrada	Estación 2 Entrada	Estación 3 Salida	Estación 4 Salida
Limpia	14,10	1,87	4,82	1,52
Media	38,00	9,86	2,13	5,10
Contaminada	0,74	1,19	1,66	2,33
Muy contaminada	47,04	85,41	91,03	90,52
Facultativos	0,12	1,66	0,35	0,53
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 3. Detección de plaguicidas en los puntos de muestreo (Rizo-Patrón 2003).

Fecha	Punto de muestreo	Plaguicida	Cantidad detectada (mg/l)
14/05/2001	P2	endosulfan	BLCL
14/05/2001	P2	clorpirifos	0,07
14/05/2001	P2	diazinon	0,10
28/05/2001	P2	diazinon	0,15
28/05/2001	P2	dimetoato	0,60
11/06/2001	P2	diazinon	0,10
11/06/2001	P2	dimetoato	0,50
25/06/2001	P2	dimetoato	0,50
25/06/2001	P2	diazinon	BLCL
27/08/2001	P2	b-endosulfan	0,02
27/08/2001	P2	dimetoato	6,00
21/09/2001	P2	endosulfan	BLCL
21/09/2001	P2	dimetoato	0,15
22/10/2001	P2	diazinon	0,1
22/10/2001	P2	dimetoato	1,00
12/11/2001	P2	diazinon	2,00
12/11/2001	P2	dimetoato	0,1
12/11/2001	P2	clorpirifos	BLCL
12/11/2001	P2	cipermetrina	BLCL
26/03/2001	P3	dimetoato	0.08
14/05/2001	P3	diazinon	BLCL
28/05/2001	P3	endosulfan	BLCL
28/05/2001	P3	clorpirifos	BLCL
28/05/2001	P3	diazinon	0,20
28/05/2001	P3	dimetoato	1,00
11/06/2001	P3	diazinon	0,10
11/06/2001	P3	dimetoato	0,50
25/06/2001	P3	dimetoato	0,09
27/08/2001	P3	dimetoato	8,00
22/10/2001	P3	diazinon	BLCL
22/10/2001	P3	dimetoato	0,09
11/06/2001	P4	dimetoato	BLCL
25/06/2001	P4	dimetoato	BLCL

Nota: BLCL = Bajo los Límites de Cuantificación del Laboratorio. Sólo se detectaron trazas.

canales de drenaje. En el punto control (P1) no se encontró residuos de ningún plaguicida mientras que en los puntos de muestreo en los canales de drenaje (P2, P3 y P4) se encontraron hasta 5 plaguicidas diferentes (Tabla 3).

Sin embargo, en las entrevistas a los agricultores de los proyectos arroceros en las afueras del PNPV se encontraron 25 plaguicidas (Tabla 4) entre insecticidas, fungicidas y herbicidas (Rizo-Patrón 2003). Esto se puede deber a que los plaguicidas utilizados en ese

momento fueron de tipo organofosforados, los cuales se degradan muy rápidamente (EXTOXNET 1996).

La detección de los plaguicidas se puede relacionar con lo observado para las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos. En el punto control se encontró una abundancia mayor de macroinvertebrados que en los otros puntos, siendo las familias del punto control en su mayoría las consideradas como sensibles por diversos autores (Hilsenhoff 1988, Fernández 2002), mientras que la mayoría de especies resistentes se

Tabla 4. Lista de plaguicidas obtenidos a partir de entrevistas y búsquedas de envases en el campo.

Ingrediente activo	Tipo	Nombre comercial
2,4-D	H	CASAGRI 2,4-D 60 SL
benomil	F	AFUNGIL 50 WP, BENOMIL
bispyribac de sodio	H	NOMINE® 40 SC
carbendazim	F	CROTONOX 50 SC, SERINALE 500 50 SC
ciflutrina	I	
cipermetrina*	I	CIPERMETRINA 25 EC
clorpirifos*	I	AGROCOM, CASAGRI CLORPIRIFOS 5 GR
cyhalofop	H	CLINCHER® 18 EC
diazol	I	
dimetoato*	I	PERFECTO, TIGRE
endosulfan*	I	AZOTE. THIODAN, THIONEX
glifosato	H	ROUND UP
ioxinil	H	
imidacloprid	I	MURALLA
lambdacihalotrina	I	KARATE
kasugamicina	F	KASUMIN 2 SL
mancozeb	F	MANZATE, DITHANE, MANCOZEB
MCPA	H	MCPA
metsulfuron metil	H	ALLY 60 WG
permetrina	I	AMBUSH, TALCORD, PERMETRINA
propanil	H	PROPANIL, ARRONEX, BOKIM
propineb	F	
tebufenozide	I	MIMIC 24 SC
thiamethoxam	I	ACTARA
triclopir	H	GARLON 48 EC

Tipo: I = Insecticida, H = Herbicida, F = Funguicida
 * = encontrado en los análisis de residuos de plaguicidas.

encontraron en los drenajes (Roldan 1988, Figueroa *et al.* 1999, Sandoval y Molina 2000). Las cantidades de individuos totales en cada punto se muestran en la Tabla 5. Se hace la separación del género *Neotrichia* sp. por considerarlo resistente a la contaminación en el lugar.

Comparación entre un arrozal convencional y uno orgánico

En la parcela convencional el ciclo duró del 14/2/03 al 22/6/03. La dueña es Dolores Ruiz Ruiz. La parcela es la Nro. 58 del proyecto arrocero Bagatzí, ubicada en el cuarto lugar del segundo bloque y posee una extensión de 9.75 has. El tratamiento específico fue:

Tabla 5. Conteo de invertebrados en los puntos de muestreo (Rizo-Patrón, 2003).

Punto de muestreo	Nro. total de organismos	Nro. total sin <i>Neotrichia</i> sp.
Punto 1 Entrada de agua	35.038	22.566
Punto 2 Drenaje 1	54.578	13.337
Punto 3 Drenaje 2	5.034	4.689
Punto 4 Humedal La Bocana	17	17

1. Se pasa la rastra y se nivela para preparar el suelo y reincorporar la tierra;
2. se incorpora agua y se siembran semillas pregerminadas;
3. se agrega NOMINE y KARATE;
4. se agrega un fosforado, luego UREA y 26,0,26 (N, P, K abono);
5. el 15/5/03 se agrega ACTARA y luego KARATE;
6. el 22/5/03 se agrega MURALLA, y Bio Kim (Herbicida) 2,4 D;
7. se agrega además Rand up, BENOMIL, Cypermetrina, Talcoad;
8. se cosecha.

En la parcela orgánica (Pacífica) de aproximadamente 1 ha, el tratamiento específico fue:

1. Se llena con agua, y se hace la rastra;
2. se ganguea y se cierran compuertas, se pasa el tractor para nivelar;
3. se trata la semilla con Biofert (fertilizante) antes de sembrar y también con Micoboc (hongo Tricoderma);
4. se siembran las semillas y se dejan diez días con lámina de agua;
5. se quita el agua y se deja diez días para germinar;
6. sólo se baja el agua cuando se hacen aplicaciones:
 - a. tricoderma (hongos)
 - b. metarrizo (insecticida)
 - c. algas o pescado (fertilizantes foliares).

Rizo-Patrón *et al.* (en prep.), realizaron muestreos mediante la técnica de sustratos artificiales (Castillo *et al.* 2000) para comparar la calidad de agua entre una parcela de arroz con cultivo convencional y una parcela con cultivo orgánico. En cada punto de muestreo (entrada y salida de ambas parcelas) se colocaron dos sustratos artificiales para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos. Como resultado, se encontraron diferencias entre las comunidades de macroinvertebrados de los arrozales con tratamiento convencional con respecto a los arrozales con tratamiento orgánico.

Tabla 6. Lista de taxa de invertebrados observados en las parcelas de cultivo convencional (Bagatzi) y orgánico (Pacífica).

TAXA	Pacífica				Bagatzi			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 1	Sustrato 2
OLIGOCHAETA	X				X	X		
HIRUDINEA	X	X	X	X	X	X	X	X
BASOMMATOPHORA								
Lymnaeidae	X				X			X
Physidae	X	X	X	X	X	X	X	X
Planorbidae								
<i>Planorbella</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Biomphalaria</i> sp.					X		X	X
<i>Antillorbis aeruginosus</i>		X	X	X	X		X	X
<i>Drepanotrema anatinum</i>			X	X	X	X	X	X
<i>Drepanotrema depressissimum</i>			X		X		X	X
MESOGASTROPODA								
Ampullariidae/Pilidae								
<i>Pomacea flagellata</i>		X			X	X	X	X
Hydrobiidae								
<i>Aroapyrgus costaricensis</i>	X	X	X		X	X		
<i>Pyrgophorus parvulus</i>		X		X		X		
Thiaridae								
<i>Melanoides tuberculatus</i>	X	X	X		X	X	X	X
VENEROIDEA								
Sphaeriidae								
<i>Pisidium jamaicense</i>	X	X						
EPHEMEROPTERA								
Baetidae								
<i>Baetis</i> sp.	X	X						
<i>Fallceon</i> sp.	X	X			X			
Caenidae								
<i>Caenis</i> sp.	X			X	X		X	
Leptohyphidae								
<i>Leptohyphes</i> sp.	X	X						
<i>Tricorythodes</i> sp.	X	X						
Leptophlebiidae								
<i>Farrodes</i> sp.		X						
HEMIPTERA								
Belostomatidae								
<i>Lethocerus</i> sp.		X				X		
Naucoridae								
<i>Pelocoris</i> sp. (identificación dudosa)		X						
Nepidae								
Especie no identificada	X	X	X	X		X		
ODONATA								
Libellulidae				X	X		X	X
<i>Brachymesia herbida</i>							X	
Aeshnidae								
<i>Coryphaeshna</i> sp.	X	X						
Calopterygidae								

Tabla 6. (Continuación)

TAXA	Pacífica				Bagatí			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 1	Sustrato 2
<i>Heteaerina</i> sp.	X	X	X					
Coenagrionidae	X					X		
<i>Acanthagrion</i> sp.	X	X		X				X
<i>Argia</i> sp.		X				X		
COLEOPTERA								
Elmidae								
<i>Heterelmis</i> sp.	X	X		X	X	X	X	X
<i>Microcylloepus</i> sp.	X	X		X	X			
Lampiridiidae								
Especie no identificada					X			
Dytiscidae								
<i>Thermonectes</i> sp.		X	X		X			
<i>Tropisternus</i> sp.		X						
Hydrophilidae								
<i>Derralus</i> sp.	X		X	X		X	X	X
<i>Enochrus</i> sp.					X			
<i>Berosus</i> sp.		X	X	X	X		X	
Especie no identificada		X						
TRICHOPTERA								
Helicopsychidae								
<i>Helicopsyche</i> sp.	X	X	X	X				
Hydropsychidae								
<i>Leptonema</i> sp.		X						
<i>Smicridea</i> sp.	X	X	X	X		X	X	
Hydroptilidae					X	X		
<i>Hydroptila</i> sp.	X	X	X		X	X	X	X
<i>Mayatrichia</i> sp.	X	X						
<i>Neotrichia</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oxyethira</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X
Leptoceridae								
<i>Nectopsyche</i> sp. #1	X	X	X		X	X		X
<i>Nectopsyche</i> sp. #2	X	X						
<i>Oecetis</i> sp.	X	X	X	X	X	X		X
LEPIDOPTERA								
Pyralidae								
<i>Petrophila</i> sp.	X							
DIPTERA								
Especie no identificada	X							
Ceratopogonidae								
<i>Alluaudomya</i> sp.	X	X	X		X		X	
Chironomidae								
<i>Tanypodinae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Podonominae</i>	X							
<i>Chinorominae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
Simuliidae								
<i>Simulium</i> sp.	X				X			

Tabla 6. (Continuación)

TAXA	Pacífica				Bagatzí			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Sustrato 1	Sustrato 1	Sustrato 1	Sustrato 1	Sustrato 1	Sustrato 1	Sustrato 1	Sustrato 1
Tabanidae								
<i>Tabanus</i> sp.					X	X		
Stratiomyidae							X	
ACARI/ACARINA								
Acaridae	X			X		X		
Oripatidae		X						
CONCHOSTRACA				X				
OSTRACODA (PODOCOPIDA)						X		
Cyprididae								
<i>Zonocypris</i> sp.					X		X	X
<i>Sasrcypridopsis</i> sp.				X	X	X	X	X
Lymnocytheridae								
<i>Ostracodo frijol</i>	X	X			X	X	X	X
<i>Ostracodo manchita</i>						X	X	X
<i>Ostracodo chiquito</i>					X			
<i>Ostracodo grande blanco</i>							X	
Total Familias	22	27	15	18	23	21	16	15
Total taxa	39	42	23	23	36	30	28	25
Total Individuos	2.658	1.461	1.318	674				
BMWP/CR	123	84	85	59				

Un total de 66 taxa fueron recolectados en ambas parcelas de estudio (Tabla 6). En la parcela orgánica se observó una mayor cantidad de familias y taxa; así como también en las entradas para ambos tratamientos.

Por otro lado, en los análisis de varianza entre los puntos de muestreo, la abundancia total de individuos fue mayor en la entrada de agua con respecto a la salida en la parcela orgánica ($F = 1,44$; $GL = 1,46$; $P = 0,2360$) y convencional ($F = 1,66$; $GL = 1,46$; $P = 0,2042$) pero no de forma significativa. Sin embargo, la abundancia total de individuos fue mayor en la entrada de la parcela orgánica con respecto a la entrada de la parcela convencional ($F = 6,30$; $GL = 1,29$; $P = 0,0179$).

El índice de calidad de agua BMWP/CR (Fernández 2002, Roldán 2003) estimado para ambos tratamientos mostró que la entrada de la parcela orgánica presentó organismos que indican alta calidad de agua limpia (BMWP/CR = 123), la salida de la parcela orgánica (pacífica) (BMWP/CR = 84) y la entrada de agua de la parcela convencional (Bagatzí) (BMWP/CR = 85) presentaron invertebrados que las caracterizaron como aguas algo contaminadas, mientras que la salida de la parcela convencional presentó organismos que la caracterizaron como aguas contaminadas (BMWP/CR = 59).

En los trabajos con organismos bentónicos, un factor importante es la estacionalidad y localidad. Esto hace

que las poblaciones varíen con respecto al tiempo y al espacio. En el caso de los trabajos realizados en los arrozales anteriormente mencionados, los puntos de muestreo están no muy distantes unos de otros, lo cual originaría una similaridad en la composición de las poblaciones de los invertebrados (Lenz 1997). Las diferencias entre la aparición de especies consideradas sensibles en un punto y resistentes en otro nos indicaría que los factores introducidos por el hombre en el ambiente acuático -como son los agroquímicos-, estarían eliminando parte de la comunidad bentónica y con esto, favoreciendo al resto de organismos que resisten dichos cambios.

Iniciativas de cultivo orgánico en Guanacaste, Costa Rica

El manejo integrado de la cuenca baja del río Tempisque, en Guanacaste, Costa Rica, es un proyecto de largo plazo, iniciado por la Organización para Estudios Tropicales (OET) en 1998. Esta cuenca es el sistema hidrológico más extenso de Costa Rica; reúne la mayor concentración de humedales en la planicie Pacífica de Centroamérica con más de 100 hectáreas de pantanos, marismas y manglares; comprende además, 73.000 hectáreas de áreas protegidas, incluyendo un sitio Ramsar o Humedal de Importancia Internacional. La cuenca del río Tempisque es

actualmente una de las zonas agropecuarias más productivas de Costa Rica: casi la totalidad de la producción de melón, la mitad de caña de azúcar y la tercera parte de arroz del país se lleva a cabo dentro de sus límites. La OET ha liderado la capacitación a los agricultores de la región en la utilización de tecnologías y paquetes de producción más limpios, uso y manejo del suelo y del recurso hídrico. Entre las tecnologías de producción se destacan el sistema de cero labranza y el sistema de transplante mecanizado para el cultivo del arroz, así como la utilización de hongos para el control biológico de plagas y enfermedades para diferentes tipos de cultivos, principalmente, arroz. Tal es así, que ha establecido la primera biofábrica dedicada a la producción de hongos para control biológico en la región, actualmente es administrada por CoopeBagatzí R.L., una cooperativa de arroceros. Además, generó una gran cantidad de material de divulgación en temas como cero labranza, control biológico de plagas y enfermedades, caudal ambiental, restauración de humedales, manejo integral de cuenca, entre otros (OET 2001, Quirós *et al.* 2004).

Conclusiones generales

Los arrozales han tomado importancia para las aves acuáticas, como alternativa a los humedales naturales en lo que respecta a alimentación, descanso y en algunos casos reproducción. Sin embargo, los métodos utilizados en el cultivo del arroz, en muchos casos no son amigables para la vida silvestre que se desarrolla en estos agroecosistemas. Muchas de las aves acuáticas se alimentan de los macroinvertebrados bentónicos como los evaluados en los estudios presentados, los cuales han estado expuestos a plaguicidas que en muchos casos son nocivos para estos organismos y tienden a ser bioacumulados. Además, el agua con la cual están en contacto, contiene agroquímicos, lo que no sucede en el caso de los campos de arroz que utilizan técnicas de cultivo orgánico. Visto que los arrozales sirven de hábitat para diferentes organismos, el cultivo de arroz debería orientarse a métodos que utilicen menor cantidad de plaguicidas. De esta forma, se estaría afectando en menor grado a la vida silvestre, mientras que al mismo tiempo, el agricultor no estaría expuesto a los contaminantes y ahorraría en costos de producción.

Referencias

Bravo, J. y N. Windevoxhel. 1997. Manual para la identificación y clasificación de humedales en Costa Rica. San José, Costa Rica: UICN/ORMA, MINAE, Embajada Real de los Países Bajos.

Castillo, L., E. Martínez, M. Gilek, M. Pinnok, C. Ruepert y C. Savage. 2000. Water quality and

macroinvertebrate community response following pesticide applications in a banana plantation, Limon, Costa Rica

- Dugan, P. 1992. Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN, Gland, Suiza. 100 pp.
- Elphick, C.R. 2000. Functional equivalency between rice fields and a seminatural wetland habitat. *Conservation Biology*. 14 (1): 181-191.
- EXTOXNET. 1996. Pesticide information profiles. A pesticide information project of cooperative extension offices of Cornell University, Michigan State University, Oregon State University and University of California at Davis, USA.
<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet>
- Fasola, M. y X. Ruiz. 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean region. *Colonial Waterbirds*, Vol. 19, 122-128. Special publication 1: Ecology, Conservation and Management of Colonial Waterbirds in the Mediterranean Region.
- Fernández, L. 2002. Uso de insectos acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua de ríos utilizados por beneficios de café en la provincia de Alajuela, Costa Rica. Proyecto de tesis para optar por el grado de licenciatura en Biología con énfasis en recursos acuáticos. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Biología.
- Figuroa, R., E. Araya, O. Parra y C. Valdovinos. 1999. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. VI Jornadas del CONAPHI - CHILE. Centro de Ciencias Ambientales, EULA - Chile. Universidad de Concepción, Chile.
- Hidalgo, C. 1986. Determinación de residuos organoclorados en huevos de ocho especies de aves acuáticas, colectados durante 1983-1984 en la Isla Pájaros, Guanacaste, Costa Rica. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio". UNA. Heredia. Costa Rica
- Hilsenhoff, W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68.
- Hurtado, J.A. 2003. Abundancia, diversidad, riqueza, uso de hábitat y comportamiento de aves acuáticas: una comparación entre un humedal seminatural y un arrozal con riego en Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Heredia, Costa Rica. ICOMVIS, Universidad Nacional. 105 pp.

- Hurtado, J.A. 2004. Arrozales de Palo Verde son humedales para aves. *Ambienco*. 129:12-15.
- Lenz, B.N. 1997. Feasibility of combining two aquatic invertebrate databases for water-quality assessment: U.S. Geological Survey Fact Sheet FS -132-97, 4 p.
- Martínez, E. 1998. Utilización de organismos acuáticos macro-bentónicos en la determinación de la calidad de las aguas naturales en los arrozales de Bagatzí, Guanacaste. Proyecto de graduación presentado a la escuela de ciencias biológicas como requisito parcial para optar por el grado de licenciatura en Biología Marina.
- Moser, M., C. Prentice y S. Frazier. 1996. A global overview of wetland loss and degradation. *Wetlands International. Proceedings of the Conference of the Contracting Parts*. Vol. 10. http://www.ramsar.org/about_wetland_loss.htm
- OET. 2001. La cuenca del río Tempisque: Perspectivas para un manejo integrado. Jiménez, J.A. y E.J. González comp. 1ra ed. San José, Costa Rica. 150 pp.
- Pennak, R.W. 1978. Fresh-water invertebrates of the United States. Second edition. Wiley-Interscience Publication. U.S.A. 803 pp.
- Quirós, P.A., A.B. Albertín y M.S. Bázquez. 2004. Elabore sus propios abonos, insecticidas u repelentes orgánicos. OET - INA - AVINA. Manual técnico. 36 pp.
- Richardson, A.J y I.R Taylor. 2003. Are rice fields in southeastern Australia an adequate substitute for natural wetlands as foraging areas for egrets? *Waterbirds* 26(3): 353-363.
- 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, Instituto en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Magister Scientiae. Universidad Nacional, Heredia
- Rizo-Patrón, F., F. Trama y M. Springer. A macroinvertebrate community's comparison between an organic and a conventional rice field in Costa Rica (en prep.).
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo en Colombia. Colciencias. Universidad de Antioquia. 217 pp.
- Roldán, G.P. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP. Col. Ciencia y Tecnología. Editorial Universidad de Antioquia.
- Robinson, T. 1993. Fate transport of agricultural contaminants from rice paddies; impact sampling strategies and the potential environmental degradation to dry tropical coastal wetlands - Guanacaste, Costa Rica. An environmental impact report of the second phase of the Arenal - Tempisque irrigation project - Senara, Costa Rica. A thesis submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Master of Arts in Geography. University of California. Santa Barbara, California, USA.
- Sandoval, J.C. y I. Molina. 2000. Insectos. En De La Lanza, G., S. Hernández y J.L. Carvajal (eds.): Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Ed. Plaza y Valdés S.A. 633 pp.
- Shuford, W.D., G.W. Page y J.E. Kjelson. 1998. Patterns and dynamics of shorebird use of California's Central Valley. *The Condor*. 100 (2): 227-244.
- Tabilo, V.E. 1999. El beneficio de los humedales en América Central: el potencial de los humedales para el desarrollo. 2ª Ed. PRMVS, Heredia, Costa Rica.
- Vaughan, C., M. McCoy, J. Fallas, H. Chavez, G. Barboza, G. Wong, M. Carbonell, J. Rau y M. Carranza. 1996. Plan de manejo y desarrollo del Parque Nacional Palo Verde y Reserva Biológica Lomas Barbudal. SENARA, BID, MINAE, Universidad Nacional. Documento inédito.