

Conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina

Daniel E. Blanco y Victoria M. de la Balze, *editores*



Conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina

Daniel E. Blanco y Victoria M. de la Balze, *editores*

Esta publicación incluye contribuciones de los siguientes autores:

Daniel E. Blanco, Victoria M. de la Balze, Arne J. Lesterhuis, Laura Medero, Priscilla Minotti, Federico Rizo-Patrón, Alejandro Santo Domingo, Guillermo Stamatti, Florencia A. Trama y María Elena Zaccagnini.

Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales
Wetlands International - LAC

2011



© 2011 Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International.

Blanco, Daniel E. Conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina / Daniel E. Blanco y Victoria de la Balze. - 1a ed. - Buenos Aires : Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales, 2011.
108 p.: il. ; 30x21 cm.

ISBN 978-987-24710-6-4

1. Arrozceras. 2. Bioindicadores. I. de la Balze, Victoria. II. Título.

CDD 633.18

Fecha de catalogación: 11/05/2011

El contenido de esta publicación puede ser reproducido libremente para fines de educación, difusión y para otros propósitos no comerciales. Un permiso previo es necesario para otras formas de reproducción. En todos los casos se debe otorgar el crédito correspondiente a la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International.

ISBN: 978-987-24710-6-4

Esta publicación puede citarse como sigue: Blanco, D.E. y V.M. de la Balze (eds). 2011. Conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Publicado por la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Oficina Argentina de Wetlands International-LAC

<http://lac.wetlands.org/>

Foto de tapa: Grupo de Chajás (*Chauna torquata*) en una arrozera de San Javier, por Daniel E. Blanco

Diagramación y coordinación gráfica: Pablo Casamajor

Impreso en Talleres Gráficos Leograf S.R.L. - J. I. Rucci 408, Valentín Alsina, Pcia. de Buenos Aires, Argentina.

Impreso sobre papel obra de 90 gramos y tapas en cartulina ilustración de 300 gramos.

El material presentado en esta publicación y las designaciones geográficas empleadas no implican opinión alguna de parte de la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International sobre la situación legal de cualquier país, territorio o área, o en relación a la delimitación de sus fronteras.

Esta publicación cuenta con el apoyo económico del **Fondo para las Américas**, en el marco del Proyecto “*Conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad en arrozceras del noreste de la Argentina*”.



Con el apoyo institucional de:

Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales-Perú



Laboratorio de Ecología, Teledetección y Ecoinformática (LETyE), Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM)



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Área Estratégica Gestión Ambiental y Proyecto Red Biodiversidad en Agroecosistemas



Birdlife International



Prólogo

La conservación de la calidad ambiental de las arroceras y los humedales circundantes puede ser medida a través de indicadores de diversa naturaleza. Los bioindicadores reflejarán el estado de salud de la naturaleza en un ecosistema transformado para la producción agropecuaria. Conocer que especies están presentes, en que abundancias, o que comunidades dominan el ambiente del arrozal en un momento determinado, representa no más que una foto instantánea de los resultados de procesos de origen natural (estacionales y diarios relacionados con temperaturas, precipitaciones, e historias de vida) y de procesos antrópicos que contribuyeron a delinear patrones en el espacio, los que modifican los procesos biológicos que ocurren en el ecosistema. Bajo esta premisa, los bioindicadores adquieren su valor, en la medida que son seguidos o monitoreados repetidamente.

Igualmente importante es la interpretación del significado de los valores encontrados, sobre todo en relación a las distintas decisiones que se toman sobre el sistema productivo. Por ejemplo, hay indicadores que reflejan impactos de contaminación o alteraciones en la calidad del agua, y otros reflejan la provisión de importantes servicios ecosistémicos que contribuyen a la productividad de los cultivos, por controlar biológicamente a las plagas o contribuir a polinizar los cultivos, o bien a la calidad del sistema para su aprovechamiento ecológico, ecoturístico, o como fuente alimentaria de peces.

En este sentido, esta publicación técnica sobre el monitoreo de diferentes atributos biológicos en cuatro establecimientos arroceros de las provincias de Corrientes, Santa Fe y Entre Ríos, ejemplifica la generación de líneas de base sobre la riqueza biológica asociada a propuestas productivas de arroz, que resulta imprescindible para la evaluación de la importancia de las prácticas agronómicas utilizadas en su capacidad de conservar las cualidades ambientales del ecosistema productivo.

En los siete capítulos que componen la presente obra, se recorren aspectos conceptuales del monitoreo de la biodiversidad en las arroceras, incorporando grupos importantísimos como indicadores ambientales. Los invertebrados sensibles a condiciones de calidad del agua, los peces cuya importancia ecológica y humana requiere ser analizada en marcos de producción agropecuaria y en particular en el arroz que depende tanto del recurso agua. Las aves, sin duda representando un indicador ampliamente reconocido por la amplitud trófica que le aporta valor de exposición a variables antrópicas. Asimismo, se presentan a modo de exploración preliminar, datos sobre anfibios y mamíferos que en relación a los objetivos de conservación y productivos, podrían o debieran ser también considerados en esquemas de monitoreo ambiental rural.

Cuando prologue la obra *“Uso de arroceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur”* en el año 2006, ya marcaba la importancia de llegar a establecer formas de monitoreo sistemático para contribuir a la conservación de la biodiversidad en compatibilidad con la producción de arroz. Es muy auspicioso el esfuerzo que la Fundación Humedales y Wetlands Internacional realizan en este sentido y es deseable un mayor acompañamiento de los productores arroceros. Estos protocolos son perfectibles y su revisión será bienvenida en la búsqueda de practicidad y confiabilidad. Con su uso se está contribuyendo a instalar una nueva cultura productiva que apela a la ciencia de la conservación biológica para orientar las prácticas ambientalmente amigables en los establecimientos agropecuarios. Además, permite valorar la observación de la naturaleza como herramienta para la toma de decisiones inteligentes, lo que implica no solo pensar en la productividad del cultivo, sino en la mirada integral del sistema ecológico, que sin dudas, cuanto más sano y complejo sea desde el punto de vista ecológico, será más seguro y resiliente para aportar a la sustentabilidad de la empresa agropecuaria.

María Elena Zaccagnini

Coordinadora Nacional Área Estratégica Gestión Ambiental
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Prefacio y agradecimientos

El agroecosistema arrocero se comporta como un humedal artificial temporario, alternando períodos de inundación en verano y de sequía en invierno, y con una heterogeneidad espacial y temporal que facilita el establecimiento de una notable fauna acuática, incluyendo invertebrados, anfibios, peces y grandes poblaciones de aves acuáticas. Las prácticas agronómicas y en particular el uso de agroquímicos podrían disminuir la calidad del hábitat, afectando a la fauna acuática que vive asociada a estos ecosistemas. El objetivo de este proyecto ha sido contribuir a la conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad que habita las arroceras y humedales circundantes, a través de la identificación de bioindicadores, el monitoreo de calidad ambiental y la promoción de “buenas prácticas” para el cultivo de arroz.

Esta publicación está dirigida principalmente a tomadores de decisión, ingenieros agrónomos y técnicos que trabajan en el manejo y conservación de la biodiversidad en agroecosistemas. La misma comprende una evaluación de la fauna acuática que habita las arroceras del noreste de Argentina, en particular en cuanto a macroinvertebrados, peces y aves, como base para la identificación de bioindicadores para el monitoreo de la calidad ambiental del cultivo de arroz.

Este proyecto y la presente publicación fueron posibles gracias al apoyo económico del Fondo para las Américas de Argentina.

Nuestro agradecimiento también a las siguientes instituciones y personas por su apoyo y colaboración en el desarrollo del proyecto y de la presente publicación:

- A las instituciones que brindaron apoyo institucional al proyecto, tal es el caso del Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales (Perú), el Laboratorio de Ecología, Teledetección y Ecoinformática (LETyE) de la Universidad Nacional de General San Martín, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Birdlife International.
- A María Elena Zaccagnini, María Serra, Gabriel Perussini, Alberto Libore, Hugo Muller, María Fabiana Navarro Rau, Aníbal Parera y Enrique Lacour por su asesoramiento en la planificación del trabajo de campo.
- A los dueños, administradores y personal de las estancias San Roque y María Isabel (Santa Fe), Curupicay (Corrientes), La Loma y La Lucha (Entre Ríos) y a los trabajadores del arroz por su colaboración durante el trabajo de campo.
- A los fotógrafos Aníbal Parera, Hemme Batjes, Jorge la Grotteria, Roberto Güller, Ramón Moller Jensen, Florencia Trama, Federico Rizo-Patrón, Priscilla Minotti, Arne Lesterhuis y Daniel Blanco, por el préstamo de las fotografías que ilustran esta publicación y las fichas de especies.

Los editores

Fundación Humedales / Wetlands International

Índice

| | |
|---|----|
| Resumen Ejecutivo | 1 |
| Executive Summary | 3 |
| Capítulo 1 - Introducción <i>Daniel E. Blanco</i> | 5 |
| Capítulo 2 - Área de estudio <i>Daniel E. Blanco, Victoria de la Balze, Florencia A. Trama, Priscilla Minotti y Federico Rizo-Patrón</i> | 11 |
| Capítulo 3 - Evaluación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en arrozceras bajo riego en el noreste de Argentina <i>Federico Rizo-Patrón, Alejandro Santo Domingo y Florencia A. Trama</i> | 19 |
| Capítulo 4 - Fauna íctica que habita las arrozceras del noreste de Argentina <i>Priscilla Minotti</i> | 41 |
| Capítulo 5 - Uso de arrozceras por aves en el noreste de Argentina <i>Arne J. Lesterhuis</i> | 63 |
| Capítulo 6 - Monitoreo Ambiental en Arrozceras: Una herramienta para mirar el desempeño productivo <i>Guillermo Stamatti, Laura Medero y María Elena Zaccagnini</i> | 81 |
| Capítulo 7 - Conclusiones | 87 |
| Anexo: Fichas plásticas de identificación. | 91 |

Resumen ejecutivo

Las arroceras sustentan importantes elementos de la biodiversidad de los humedales, como ser insectos, moluscos, crustáceos, peces, anfibios y reptiles, desempeñando además un papel relevante en la conservación de las poblaciones de aves acuáticas. Las perturbaciones asociadas al cultivo de arroz y en particular el uso de agroquímicos, pueden disminuir la calidad del hábitat para la fauna, afectando a las poblaciones de animales que viven asociados a estos ecosistemas, así como a los servicios ecosistémicos que éstas proveen al hombre.

La información sobre la biodiversidad que habita las arroceras de América del Sur y en particular de la Argentina, es más bien escasa y en general no se encuentra publicada. Asimismo, la necesidad de contar con información sobre bioindicadores para el monitoreo de la calidad ambiental del cultivo de arroz, fue identificada en el “Taller para la conservación de aves playeras migratorias en arroceras del Cono Sur”, organizado por Wetlands International en Buenos Aires, en octubre de 2007.

El objetivo del presente proyecto ha sido establecer la línea de base para el monitoreo de calidad ambiental del cultivo de arroz, mediante la generación de información sobre la fauna acuática que habita las arroceras, como punto de partida para la identificación de bioindicadores.

El trabajo de campo fue realizado durante la temporada de primavera-verano 2009-2010, en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes, donde se muestrearon cuatro sitios principales, los cuales difieren en cuanto a sus características ambientales y en particular en cuanto a los sistemas de manejo del agua para riego del arroz.

Los resultados obtenidos señalan que las arroceras de las áreas estudiadas de Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe, albergan una interesante biodiversidad, incluyendo numerosas especies de macroinvertebrados, peces y aves:

- **Macroinvertebrados.** Se registraron en total 49 familias de invertebrados, incluyendo 96 taxa y un total de 14.900 individuos.
- **Peces.** Se registró un total de 82 especies de peces pertenecientes a 18 familias y cinco órdenes, contabilizando 3.332 individuos. Este número representa el 30% de la totalidad de las especies de peces conocidas para la Cuenca del Plata en Argentina.
- **Aves.** Se registraron 137 especies de aves que utilizan las arroceras, incluyendo 56 especies de aves acuáticas y 24 especies dependientes de los humedales.

Además, en este estudio se identificaron en forma preliminar una serie de organismos o grupos de organismos que podrían ser de utilidad para monitorear la calidad ambiental del cultivo de arroz:

- **Macroinvertebrados.** Se registraron organismos considerados sensibles o resistentes a la contaminación orgánica, en base a lo cual se definieron grupos que podrían ser utilizados como indicadores de la calidad del agua en la zona de estudio.
- **Peces.** Los indicadores de biodiversidad de peces elegidos y analizados y el marco conceptual propuesto por el proyecto, permitieron establecer un gradiente de calidad para los ambientes acuáticos de las arroceras.
- **Aves.** Se estableció una lista de especies que podrían ser potencialmente utilizadas como indicadores de calidad ambiental del cultivo de arroz.

Finalmente se destaca como el monitoreo de las arroceras a través de indicadores de biodiversidad podría contribuir a analizar si las prácticas productivas, como las rotaciones y descansos de los lotes con arroz, la incorporación de ganadería, el uso del agua y de agroquímicos, conducen o no a los objetivos planteados por el productor.

Executive Summary

Rice-fields support important components of wetlands biodiversity, such as insects, mollusks, crustaceans, fish, amphibians and reptiles, also playing an important role in the conservation of waterbird populations. Disturbances associated with rice cultivation and in particular the use of agrochemicals can reduce the quality of wildlife habitat, affecting animal populations living associated to these ecosystems, as well as the services that they provide to humans.

Information on biodiversity that inhabits the rice-fields of South America, particularly in Argentina, is rather limited and is generally unpublished. Besides, the need for information on bioindicators for monitoring the environmental quality of rice cultivation, was recently identified in the “Workshop for conservation of migratory shorebirds in the rice-fields of the Southern Cone”, organized by Wetlands International in Buenos Aires, in October 2007.

The objective of this project was to establish the baseline for monitoring the environmental quality of rice cultivation, through the production of information on aquatic fauna inhabiting rice-fields, as a starting point for identifying bioindicators.

Fieldwork was carried out during the spring-summer season 2009-2010 in Corrientes, Entre Rios and Santa Fe provinces, where four main sites were sampled. These sites differ in their environmental characteristics and particularly regarding the water management systems for rice irrigation.

Results obtained show that rice-fields in the studied areas of Corrientes, Entre Ríos and Santa Fe host an interesting biodiversity, including numerous species of macroinvertebrates, fish and waterbirds:

- **Macroinvertebrates.** All together, 49 families of invertebrates were recorded, including 96 taxa and a total of 14,900 individuals.
- **Fish.** A total of 82 fish species belonging to 18 families and five orders were recorded, accounting for 3,332 individuals. This number represents 30% of all fish species known from the La Plata basin in Argentina.
- **Birds.** A total of 137 bird species were recorded using rice-fields, including 56 waterbird species and other 24 wetland-dependent species.

Additionally, this study identified a preliminary series of organisms or groups of organisms that might be useful for monitoring the environmental quality of rice cultivation:

- **Macroinvertebrates.** Organisms considered sensitive or resistant to organic pollution were recorded, based on which some groups that could be used as indicators of water quality in the study area were defined.
- **Fish.** Fish biodiversity indicators chosen and analyzed and the conceptual framework proposed by the project, allowed to establish a gradient of quality for the aquatic habitats of the studied rice-fields.
- **Birds.** A list of species that could be potentially used as indicators of environmental quality of rice cultivation was defined.

Finally, how rice-field monitoring through biodiversity indicators could contribute to analyze if production practices (such as crop rotations, the introduction of livestock, the use of water and agrochemicals) lead or not to the objectives set by the producer, is discussed.

Introducción

Daniel E. Blanco

Fundación Humedales / Wetlands International, Argentina. Email: deblanco@humedales.org.ar

El arroz (*Oryza* spp.) es el principal cultivo a nivel mundial, extendiéndose en al menos 114 países. La superficie con arroz bajo riego alcanza en la actualidad alrededor de 80 millones de hectáreas en todo el mundo (IRRI 2011; <http://irri.org>).

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional o Convención de Ramsar considera a las arrozceras como “humedales artificiales” y las cataloga como *tierras de regadío* en su Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales (Convención de Ramsar 2011; <http://www.ramsar.org>). Alrededor de 100 Sitios Ramsar en todo el mundo incluyen hábitat de arrozales, que desempeñan importantes funciones ecológicas y sustentan una notable biodiversidad, destacándose numerosas poblaciones de aves acuáticas residentes y migratorias (Resolución X.31: Mejorar la biodiversidad en los arrozales como sistemas de humedales; Convención de Ramsar; <http://www.ramsar.org>).

Las arrozceras se comportan como humedales temporarios, alternando períodos de inundación en verano y sequía en invierno (Fasola y Ruiz 1996). Como en otros humedales, el régimen hidrológico juega un papel clave en la ecología de estos agroecosistemas (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003). La fuente y la frecuencia de riego son dos importantes atributos del régimen hidrológico, los cuales afectan directamente la limnología de la arrozera. La fuente de agua para riego determinan las condiciones físico-químicas del agua y la composición de la biota acuática, mientras la duración de la inundación y su regularidad o predictibilidad, tienen efecto en la variación temporal de la profundidad (volumen) y química del agua, la fertilidad del suelo y la composición de las comunidades bióticas. Estos factores internos son a su vez influenciados por dos importantes factores externos: el régimen climático y las prácticas agronómicas. Éstas últimas son un factor determinante que controla la ecología y la biodiversidad de la arrozera (Bambaradeniya 2000, Bambaradeniya y Amerasinghe 2003).

La biodiversidad de las arrozceras

En muchas regiones las arrozceras sustentan importantes elementos de la biodiversidad de los humedales, como ser insectos, moluscos, crustáceos, peces, anfibios y reptiles, desempeñando además un papel relevante en las rutas migratorias y en la conservación de las poblaciones de aves acuáticas (Bambaradeniya 2000, Schnack *et al.* 2000, Czech y Parsons 2002,

Bambaradeniya y Amerasinghe 2003, Manley 2008, Elphick *et al.* 2010). Para América del Sur y en particular para la Argentina, la información al respecto es más bien escasa y generalmente no se encuentra publicada. El conocimiento sobre la biodiversidad que habita las arrozceras de Argentina puede resumirse como sigue:

Invertebrados acuáticos: Los invertebrados acuáticos se encuentran entre los organismos más diversos y abundantes que habitan las arrozceras (Curcó *et al.* 2001); los mismos pueden agruparse como Zooplancton, Neuston, Necton y Bentos (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003). No se han encontrado estudios publicados sobre macroinvertebrados bentónicos en arrozceras de Argentina (F. Trama com. pers.).

Peces: Los peces son un componente integral de la fauna de las arrozceras (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003). En Argentina no existen estudios publicados sobre la ictiofauna que puede colonizar y habitar las arrozceras (P. Minotti com. pers.).

Anfibios y reptiles: Según estudios realizados en Asia, las arrozceras son un hábitat de alta preferencia para los anfibios (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003). En Argentina, en un estudio realizado en un campo de arroz de la provincia de Corrientes, se identificaron cinco familias (Microhylidae, Cycloramphidae, Bufonidae, Leptodactylidae, Hylidae) y 26 especies de anfibios (Duré *et al.* 2008). Los autores señalan que las arrozceras del noreste argentino podrían albergar una importante y diversa comunidad de anuros en el caso de estar sujetas a un manejo apropiado.

Aves: Grupo dominante y conspicuo de la fauna que habita las arrozceras (Bambaradeniya 2000, Czech y Parsons 2002, Manley 2008, Acosta *et al.* 2010, Elphick *et al.* 2010). Según Blanco *et al.* (2006), un total de 120 especies de aves utilizan arrozceras en el sur de América del Sur (Argentina, Brasil y Uruguay), incluyendo 59 especies de aves acuáticas entre las cuales se destacan 17 chorlos y playeros, 10 garzas, 10 patos y 11 rálidos. También se registraron 61 especies de aves no acuáticas, incluyendo a 13 rapaces, cinco palomas y 38 paseriformes, entre los que se destacaron por su abundancia los ictéridos. Otros trabajos recientes confirman la importancia de las arrozceras de la provincia de Santa Fe para el Charlatán, *Dolichonyx oryzivorus* (López-Lanús *et al.* 2007, Blanco y López-Lanús 2008).

Además de contribuir a la biodiversidad local y global, muchas de las especies que habitan las arrozceras juegan un papel importante en el control biológico de

D. Blanco



Arrocera en los alrededores de San Javier, Santa Fe.

vectores de enfermedades y pestes del arroz, siendo elementos claves del control integrado de plagas (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003, Halwart 2006).

En ciertas regiones del planeta algunas de las especies de fauna y flora que habitan las arrozceras se constituyen en un componente importante en la dieta humana. En el Sudeste Asiático, los recursos acuáticos provenientes de los campos de arroz y ambientes asociados, muchas veces contribuyen en forma importante a la ingesta de proteína animal de la población rural de bajos recursos (Tabla 1; Halwart 2003).

Prácticas agronómicas y uso de agroquímicos

Como bien se mencionó anteriormente, las prácticas agronómicas son determinantes de la biodiversidad de las arrozceras (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003). Las perturbaciones asociadas al cultivo de arroz y en particular el uso de agroquímicos (herbicidas, insecticidas, etc), pueden disminuir la calidad del hábitat para la fauna, afectando a las poblaciones de animales que viven asociados a estos ecosistemas. La aplicación de agroquímicos para el cultivo de arroz pueden tener un impacto directo sobre la fauna acuática que habita las arrozceras, pero además puede contaminar los humedales circundantes, al ser éstos receptores del drenaje del agua de las arrozceras. El uso de plaguicidas produce la mortandad de los invertebrados que habitan la parcela de arroz, resultando en una disminución de la calidad y sanidad del hábitat de alimentación para otros componentes de la fauna (Shuford *et al.* 1998, Tourenq *et al.* 2003).

| Tabla 1.- | | Número de especies acuáticas colectadas y utilizadas por comunidades rurales en arrozceras de Camboya y China (Halwart 2003). | |
|-------------------|---------|---|--|
| Grupo | Camboya | China | |
| Peces | 70 | 60 | |
| Crustáceos | 6 | 2 | |
| Moluscos | 1 | 4 | |
| Anfibios | 2 | 4 | |
| Insectos | 2 | 3 | |
| Reptiles | 8 | - | |
| Plantas acuáticas | 13 | 19 | |

Blanco *et al.* (2006) documentaron el uso de al menos 17 herbicidas, 10 insecticidas y siete fungicidas en cultivos de arroz de Argentina, Brasil y Uruguay. El uso de pesticidas tiene por objeto el control de especies consideradas perjudiciales para el cultivo de arroz, tal es el caso de los patos, los ictéridos, las palomas y otras especies de fauna que pisotean las plantas, como los ráldos y el Chajá (*Chauna torquata*) (Bucher 1983, Menegheti *et al.* 1990).

El uso de agroquímicos siempre implica un riesgo ambiental, especialmente cuando se los maneja de forma irresponsable. Al respecto, Lajmanovich y Peltzer (2008) llaman la atención sobre los riesgos que pueden acarrear los emprendimientos arrozceros y en particular el uso de plaguicidas en zonas de humedales de alto valor para la conservación, tal es el caso de los Esteros

del Iberá. Los autores señalan que estudios realizados en arroceras demostraron que la presencia de plaguicidas en el agua de drenaje es comparativamente superior a la del agua de riego, coincidiendo con el calendario de aplicaciones.

Frente a este panorama es necesario trabajar con el sector arrocero y con entidades claves como el INTA y otras organizaciones del estado, para lograr el manejo de las arroceras como *sistemas de humedales*, dentro de un contexto de “uso racional”. También se debe prestar atención al concepto de conectividad entre arrozales, humedales naturales y las cuencas fluviales, así como a las prácticas agrícolas sostenibles (Resolución X.31: Mejorar la biodiversidad en los arrozales como sistemas de humedales; Convención de Ramsar; <http://www.ramsar.org>).

Bioindicadores

Un indicador biológico es un organismo que está asociado a condiciones ambientales particulares, de modo que su sola presencia indica la existencia de dichas condiciones (Caro y O'Doberty 1999). Puede ser definido como una especie o ensamble de especies asociados a características específicas de un paisaje y/o que reaccionan a los impactos o cambios (Paoletti y Bressan 1996). Por otro lado, el uso de gremios como bioindicadores -tal es el caso de los detritívoros, predadores, polinizadores, parasitoides, descomponedores, etc-, puede reflejar interesantes diferencias en el paisaje (Paoletti 1999).

Las especies indicadoras son aquellas que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual o pasado relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies bioindicadoras en general deben ser abundantes, con requerimientos específicos, sensibles a los cambios en el medio ambiente, de fácil identificación

y bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico (De la Lanza 2000).

La utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica bien reconocida. Varios estudios han demostrado la capacidad de algunos grupos de organismos de responder a las alteraciones ambientales producidas por las actividades humanas. Los macroinvertebrados bentónicos responden a dichas alteraciones y son frecuentemente utilizados como bioindicadores (Barbour *et al.* 1999; Fredrickson y Reed 1988; Rizo-Patrón 2003). Este grupo puede ser utilizado para evaluar la calidad del agua de una forma práctica, económica y que puede ser socializada con la población local (Curcó *et al.* 2001). Los peces también han demostrado ser buenos indicadores de la calidad de agua en evaluaciones rápidas y de bajo costo (Hued y Bistoni 2005). Asimismo, las aves son excelentes indicadoras de calidad ambiental dada su amplitud trófica y de uso de hábitat, razón por la cual resultan afectadas por los eventos tóxicos que ocurren en los agroecosistemas (Zaccagnini 2006).

Es importante resaltar que el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ha desarrollado metodologías de monitoreo ambiental de agroecosistemas, cuyo seguimiento sistematizado permitiría no solo generar información ambiental de base (suelos, agua, biodiversidad), sino también empoderar a los productores con herramientas y conocimientos sobre el desempeño ambiental de sus decisiones productivas (Bernardos *et al.* 2007, Zaccagnini *et al.* 2007a y 2007b). Más recientemente se ha publicado un “manual de buenas prácticas” dirigido al sector arrocero (INTA y ACPA 2008), pero el mismo centra su atención en las prácticas agronómicas, sin considerar en ningún momento la biodiversidad que habita las arroceras ni su potencial contribución al Manejo Integrado de Plagas.

Manejo integrado del cultivo

La Red de Agricultura Sostenible fomenta la eliminación del uso de productos químicos reconocidos internacional, regional y nacionalmente por su impacto negativo en la salud humana y los recursos naturales. Las fincas certificadas contribuyen a la eliminación de estos productos mediante el manejo integrado del cultivo para disminuir los riesgos y efectos de infestaciones de plagas. También se registra el uso de agroquímicos para poder conocer su consumo y así cumplir con la reducción y eliminación de estos, especialmente los productos más tóxicos.

Para minimizar el desperdicio y la aplicación excesiva de agroquímicos, las fincas tienen procedimientos y equipo para mezclar los productos químicos y mantener y calibrar el equipo de aplicación. Las fincas certificadas no utilizan productos químicos no registrados en el país ni tampoco organismos transgénicos u otros productos prohibidos por diferentes entidades o convenios nacionales e internacionales (Red de Agricultura Sostenible 2009).



R. Güller

Este proyecto

En Argentina los pronósticos para el mediano / largo plazo apuntan a la expansión del cultivo de arroz, principalmente a expensas de zonas de humedales naturales donde las condiciones de anegamiento no permiten el desarrollo de otros cultivos (Libore com. pers.). Como ejemplo de esta tendencia podemos mencionar que sólo en la provincia de Santa Fe, la superficie sembrada con arroz paso de 17.876 ha en la temporada 2007-2008 a 28.412 ha en la temporada 2008-2009, representando un crecimiento del 59% (Carñel *et al.* 2009).

Este avance de las arrozceras sobre los ecosistemas nativos tendrá como consecuencia la desaparición de muchas especies y la adaptación de otras a este nuevo hábitat artificial, el cual está sujeto a prácticas de manejo agronómico y al uso de agroquímicos, haciendo cada vez más necesario el monitoreo ambiental.

La necesidad de contar con información sobre bioindicadores para el monitoreo de la calidad ambiental del cultivo de arroz, fue identificada por los participantes del "Taller para la conservación de aves playeras migratorias en arrozceras del Cono Sur", organizado por Wetlands International en Buenos Aires, en octubre de 2007.

Asimismo, la Convención de Ramsar alienta a las Partes Contratantes a *promover más investigaciones sobre la flora, la fauna y las funciones ecológicas en los arrozales, así como sobre los cultivos que se han desarrollado en las comunidades con presencia de éstos y que han mantenido el valor ecológico de los arrozales como sistemas de humedales, a fin de determinar prácticas sostenibles para el cultivo de arroz que fortalezcan los objetivos de conservación de los humedales y proporcionen servicios de los ecosistemas como la recarga de acuíferos, la moderación del clima, el control de las inundaciones y de la erosión, la prevención de corrimientos, el suministro de recursos vegetales y/o alimentarios y plantas medicinales, y la conservación de la biodiversidad* (Resolución X.31: Mejorar la biodiversidad en los arrozales como sistemas de humedales; Convención de Ramsar; <http://www.ramsar.org>).

El objetivo del proyecto que da origen a esta publicación, ha sido establecer una línea de base para el monitoreo de calidad ambiental del cultivo de arroz, mediante la generación de información sobre la fauna acuática que habita las arrozceras, como punto de partida para la identificación de bioindicadores.

En una segunda etapa se trabajara en la transmisión del conocimiento adquirido a los productores arrozceros, con el objetivo de contribuir a la promoción de "mejores prácticas" de cultivo compatibles con la conservación de la biodiversidad, así como la necesidad de implementar programas de monitoreo ambiental y uso responsable de agroquímicos.

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a Florencia Trama, Priscilla Minotti, Federico Rizo-Patrón y Arne Lesterhuis por la revisión y comentarios a una primera versión de este capítulo. Además quiero agradecer a María Elena Zaccagnini por su asistencia y provisión de información sobre bioindicadores.

Bibliografía

- Acosta, M., L. Mugica, D.E. Blanco, B. López-Lanús, R. Antunes Dias, L.W. Doodnath y J. Hurtado. 2010. Birds of Rice Fields in the Americas; en: Elphick, C.S., K.C. Parsons, M. Fasola y L. Mugica (eds.): Ecology and conservation of birds in rice fields. A global review. *Waterbirds* 33 (Special Publication No. 1): 105-122.
- Bambaradeniya, C.N.B. 2000. Ecology and biodiversity in an irrigated rice field ecosystem in Sri Lanka. Ph.D. thesis. University of Peradeniya, Sri Lanka. 525 pp.
- Bambaradeniya, C.N.B. y F.P. Amerasinghe. 2003. Biodiversity associated with the rice field agroecosystem in Asian countries: A brief review. Working Paper 63. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder y 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.
- Bernardos, J.N, M.E. Zaccagnini, P. Mineau, J. Decarre y R. De Carli. 2007. Calculadora de Riesgo Ecotoxicológico para Aves: Sistema Soporte de Decisiones para el Control de Plagas con criterios ambientales (versión 2). Ediciones INTA (www.inta.gov.ar).
- Blanco, D.E. y B. López-Lanús (eds). 2008. Ecología no reproductiva y conservación del Charlatán (*Dolichonyx oryziborus*) en el noreste de Argentina. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Blanco, D.E., B. López-Lanús, R.A. Dias, A. Azpiroz y F. Rilla. 2006. Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Bucher, E.H. 1983. Las aves como plaga en la Argentina. En Elías, D.J. (Coord.): Symposium, Zoología económica y vertebrados como plagas de la agricultura: 74-90. IX Congreso Latinoamericano de Zoología, 9 al 15 de octubre de 1983, Arequipa, Perú.
- Carñel, G., S. Milera y C. Marcuzzi. 2009. Estimación del área sembrada con arroz. Provincias de Entre Ríos y Santa Fe. Campaña Agrícola 2008-2009. Resultados Experimentales Vol. XVIII 2008-2009: 7-14. Fundación ProArroz e INTA.

- Caro, T.M. y G. O'Doherty. 1999. On the Use of Surrogate Species in Conservation Biology. *Conservation Biology* 13 (4): 805–814.
- Curc6, A., A. Canicio, M.A. Escolano, E. Fores, C. Ib6nez, P. Luque y X. Riera. 2001. Mejora de la gesti3n del h6bitat en la Zepa del Delta del Ebro (Catalu6a, Espa6a): 151. SEO/Birdlife, Catalu6a.
- Czech, H.A. y K.C. Parsons. 2002. Agricultural wetlands and waterbirds: A review. *Waterbirds* 25 (Special Publication No. 2): 56-63.
- De la Lanza, G. 2000. Criterios generales para la elecci3n de bioindicadores. En: De la Lanza, G., S. Hern6ndez y J.L. Carvajal (comps.). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminaci3n (bioindicadores)*: 17-42. SEMARNAT, CNA, UNAM, Instituto de Biolog6a, M6xico.
- Dur6, M.I., A.I. Kehr, E.F. Schaefer y F. Marangon. 2008. Diversidad de anfibios en campos de arroz en el noreste de Argentina. *Interciencia* 33 (7): 523-527.
- Elphick, C.S., K.C. Parsons, M. Fasola y L. Mugica (eds.). 2010. Ecology and conservation of birds in rice fields: A global review. *Waterbirds* 33 (Special Publication No. 1). 244 pp.
- Fasola, M. y X. Ruiz. 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean region. *Colonial Waterbirds* 19 (Special Publication No. 1): 122-128.
- Fredrickson, H.L. y F. Reed. 1988. Invertebrate response to wetland management production. *Waterfowl Management Handbook*. U.S. Fish & Wildlife Service Leaflet.
- Halwart, M. 2003. Traditional Use of Aquatic Biodiversity in Rice-based Ecosystems. *Bolet6n de Acuicultura de la FAO* No. 29.
- Halwart, M. 2006. Biodiversity and nutrition in rice-based aquatic ecosystems. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 747–751.
- Hued, A.C. y M.A. Bistoni. 2005. Development and validation of a Biotic Index for evaluation of environmental quality in the central region of Argentina. *Hydrobiologia* 543 (1): 279-298.
- INTA y ACPA. 2008. Gu6a de buenas pr6cticas agr6colas para el cultivo de arroz en Corrientes. INTA y ACPA.
- Lajmanovich, R. y P. Peltzer. 2008. Plan de monitoreo ambiental para el estudio del impacto de cultivos extensivos de arroz sobre el macrosistema Iber6. Septiembre 2008.
- L3pez-Lan6s, B., I. Roesler, D.E. Blanco, P.F. Petracci, M. Serra y M.E. Zaccagnini. 2007. Bobolink (*Dolichonyx oryzivorus*) numbers and non breeding ecology in the rice fields of San Javier, Santa Fe province, Argentina. *Ornitologia Neotropical* 18: 493-502.
- Manley, S.W. (ed). 2008. Conservation in ricelands of North America. The Rice Foundation, Stuttgart, Arkansas, EE.UU.
- Menegheti, J.O., F. Rilla y M.I. Burger. 1990. Waterfowl in South America: their status, trends and distribution. En Matthews, G.V.T. (ed.): *Managing Waterfowl Populations*: 97-103. Proc. IWRB Symposium, Astrakhan 1989. IWRB Pub. 12. Slimbridge, UK.
- Paoletti, M. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 1-18.
- Paoletti, M y M. Bressan. 1996. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 15(1): 21-62.
- Red de Agricultura Sostenible (RAS). 2009. Norma para Agricultura Sostenible (Abril 2009).
- Rizo-Patr3n, F.L. 2003. Estudio de los arrozales del Proyecto Tamarindo: agroqu6micos y macroinvertebrados bent3nicos en relaci3n al Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. Instituto en Conservaci3n y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Heredia.
- Schnack, J.A., F.O. De Francesco, U.R. Colado, M.L. Novoa y E.J. Schnack. 2000. Humedales antr3picos: su contribuci3n para la conservaci3n de la biodiversidad en los dominios subtropical y pamp6sico de la Argentina. *Ecolog6a Austral* 10: 63-80.
- Shuford, W.D., G.W. Page y J.E. Kjelson. 1998. Patterns and dynamics of shorebird use of California's Central Valley. *Condor* 100: 227-244.
- Tourenq, C., N. Sadoul, N. Beck, F. Mesleard y J.L. Martin. 2003. Effects of cropping practices on the use of rice fields by waterbirds in the Camargue, France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95: 543-549.
- Zaccagnini, M.E. 2006. ¿Por qu6 monitoreo ecotoxicol3gico de diversidad de aves en sistemas productivos? en Larrea (ed.): *INTA Expone 2004*, Volumen III: 69-89. Ediciones INTA.
- Zaccagnini, M.E., J. Bernardos, N. Calamari, J. Decarre, R. De Carli, A. Goijman, L. Solari, J.L. Panigatti y R. Su6rez. 2007a. Monitoreo Ambiental para la Gesti3n de una Agricultura sostenible: monitoreo de algunos servicios ambientales de la Biodiversidad. Folleto para Extensi3n. Red Biodiversidad 2. Ed. INTA.
- Zaccagnini, M.E., J. Decarre, A. Goijman, R. Su6rez, L. Solari, R. De Carli, N. Calamari, J. Bernardos y J.L. Panigatti. 2007b. Monitoreo ambiental en Establecimientos Agropecuarios. Ed. INTA.

Área de estudio

**Daniel E. Blanco¹, Victoria de la Balze¹, Florencia A. Trama^{2,3},
Priscilla Minotti⁴ y Federico Rizo-Patrón³**

¹ Fundación Humedales / Wetlands International, Argentina. Email: deblanco@humedales.org.ar

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Email: ftrama@centroneotropical.org

³ Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales, Perú. Email: frizopatron@centroneotropical.org

⁴ Laboratorio de Ecología, Teledetección y Ecoinformática (LETyE), Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM). Email: pminotti@unsam.edu.ar

El presente trabajo se llevó a cabo en el noreste de la Argentina, en las provincias de Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe. Éstas concentran más del 90% de la producción de arroz de la Argentina (Asociación Correntina de Plantadores de Arroz y Bolsa de Cereales de Entre Ríos 2011), mientras que el resto corresponde a las provincias de Chaco, Formosa y Misiones.

La zona corresponde a la ecorregión del Espinal, la cual se caracteriza por los bosques bajos de especies leñosas xerófilas que alternan con sabanas y pastizales puros (Cabrera y Willink 1980, Administración de Parques Nacionales 1999). El clima es cálido y húmedo (Cabrera y Willink op. cit.), con precipitaciones que

superan los 1.000 mm/anales. La fauna de vertebrados comprende elementos de las provincias Chaqueña y del Monte (Cabrera y Willink op. cit.).

En cada provincia se identificaron las principales zonas arroceras y en base a dicha información, al asesoramiento de expertos y contactos locales y a un primer relevamiento de campo realizado en octubre de 2009, se seleccionaron los establecimientos arroceros a estudiar, los que conforman el área de estudio del proyecto (Figura 1). Los establecimientos arroceros seleccionados están sujetos a distintas modalidades de riego del arroz, siendo este un factor identificado a priori como determinante de la composición de la biota acuática que habita las arroceras.

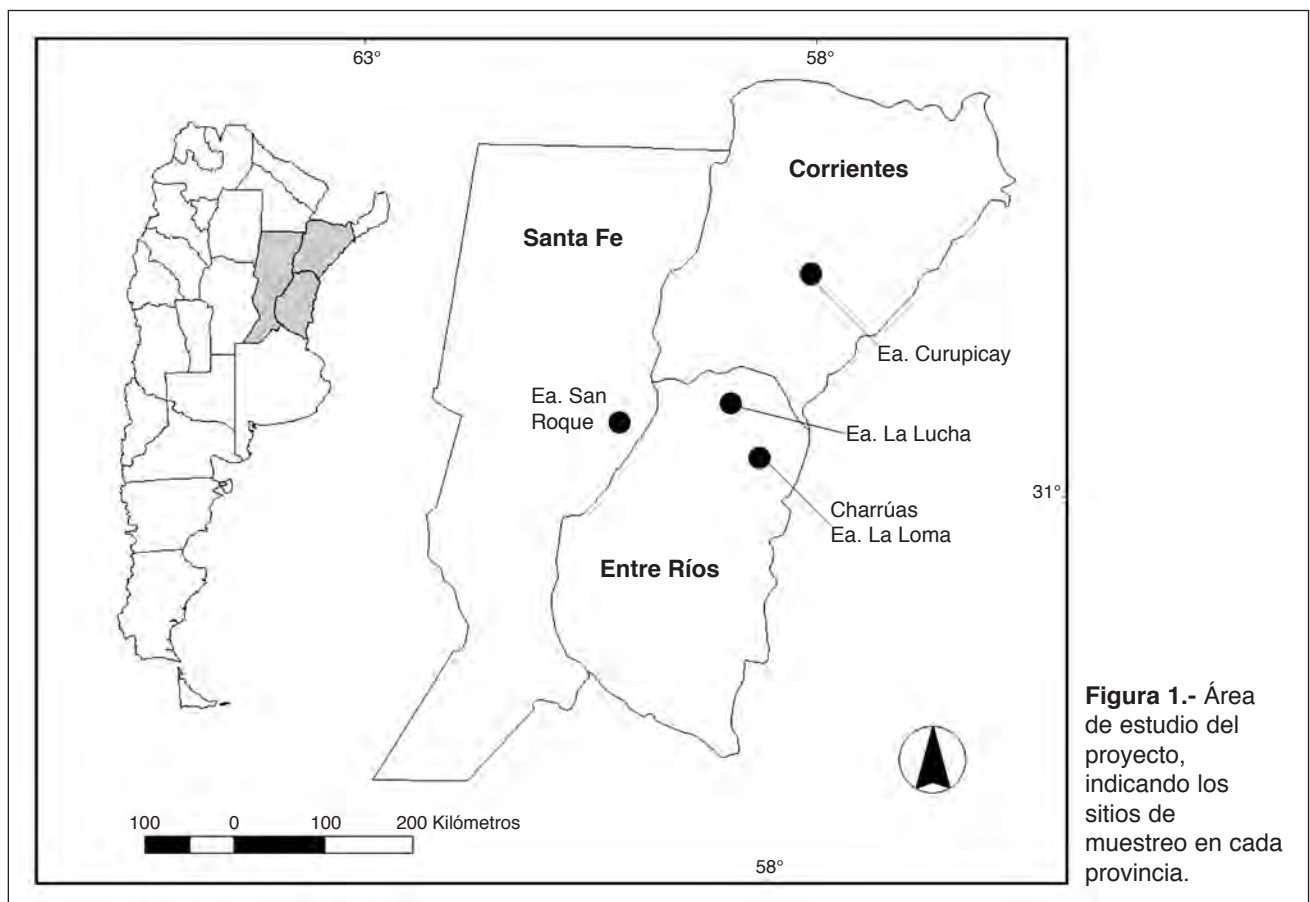


Figura 1.- Área de estudio del proyecto, indicando los sitios de muestreo en cada provincia.

Santa Fe

La actividad arrocera se localiza principalmente en el centro-este de la provincia (departamentos de San Javier, Garay y Capital), sobre la planicie de inundación del río Paraná, ocupando una franja norte-sur adyacente a dicho río de aproximadamente 15-20 km de ancho por 100 km de largo (Alvisio 1998, Ruiz 1998). En la zona se conservan remanentes de espinal mayormente en buen estado, pastizales nativos y numerosos humedales palustres, siendo el hábitat de una notable biodiversidad (Blanco *et al.* 2006) e incluyendo especies de interés para la conservación (López-Lanús *et al.* 2007, Blanco y López-Lanús 2008). Por esta razón la zona ha sido recientemente declarada "Área de Importancia para la Conservación de las Aves", como IBA SF07 "San Javier" (López-Lanús y Blanco 2005).

Durante la campaña arrocera 2009-10 la superficie sembrada en la provincia alcanzó las 38.000 ha (Asociación Correntina de Plantadores de Arroz y Bolsa de Cereales de Entre Ríos 2011), principalmente distribuidas en los departamentos de San Javier y Garay (Carñel *et al.* 2009). La principal fuente de agua para riego es el río San Javier -afluente del río Paraná- y la extracción se realiza con bombas de caudal variable según la altura del río (Ruiz 1998).

Sitio de muestreo: Estancia San Roque

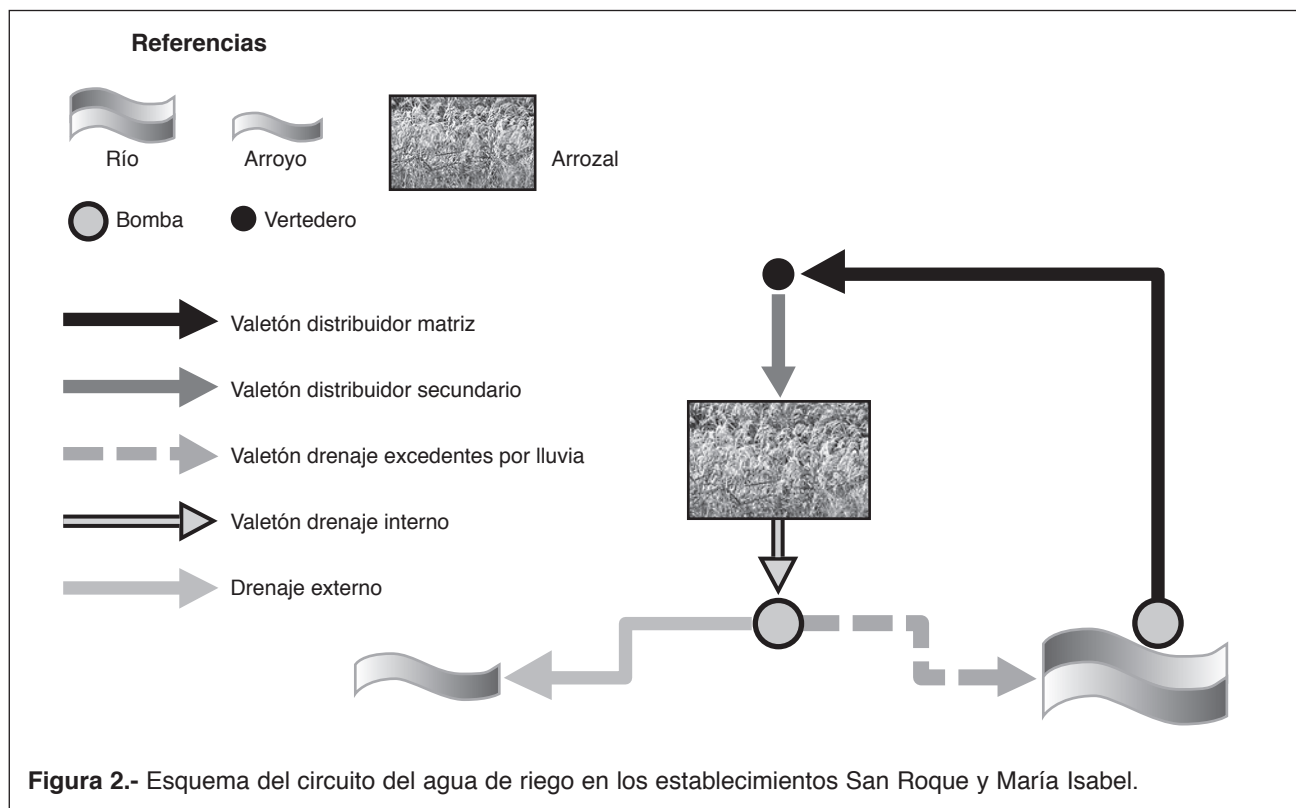
Los muestreos se llevaron a cabo en las Estancias San Roque y María Isabel, localizadas a unos 20 km al sur de la ciudad de San Javier (30°35'S, 59°57'W; Paynter 1995), en el Departamento de Garay. Entre ambos establecimientos se siembran anualmente unas 2.000 ha de arroz de las variedades largo fino (95%) y largo ancho variedad Yerúa (5%).

El óptimo para la siembra del arroz es el mes de octubre, pero algunos años se comienza a mediados de septiembre. La inundación de las parcelas se realiza a partir de principios o mediados de noviembre y la cosecha se realiza en febrero / marzo. En el cultivo se utilizan fertilizantes (NPK, Urea), herbicidas no selectivos (Glifosato) y selectivos (Clincher, Tordón, Nominé) y a veces insecticidas, dependiendo de la aparición de la chinche.

El riego del cultivo de arroz se realiza por bombeo de agua del río San Javier, la cual es conducida a la arrozera por un valetón principal o matriz y distribuida a los cuadros de arroz mediante valetones secundarios / regaderas (Figura 2). Las precipitaciones contribuyen en menor medida al riego de las parcelas de arroz. La salida del agua de la arrozera es por conducción por

Bañado en los alrededores de San Javier, Santa Fe.





gravidad hacia valetones de drenaje ubicados en posición topográfica más baja o con mayor profundidad que el área sembrada. Estos se conectan mediante bombas con un canal de drenaje hacia el río San Javier para evacuar excedentes hídricos por lluvia, o con un canal artificial que desemboca en el Saladillo Dulce, para conducir el agua remanente al momento de la cosecha (Figura 2). En época de lluvias no se extrae agua de los cursos naturales y se deja que los campos se inunden con las precipitaciones.

Corrientes

La actividad arrocera se localiza principalmente en las zonas Centro-sur (20% de la superficie relativa y 450.000 ha potenciales para el cultivo de arroz), Malezales del este (19% y 520.000 ha), Terrazas del Paraná (19% y 381.000 ha), Sur (9% y 300.000 ha), Río Corrientes (9% y 119.000 ha) y Malezales del Miriñay (4% y 166.000 ha) (INTA y Asociación Correntina de Plantadores de Arroz 2008).

Durante la campaña arrocera 2009-10 la superficie sembrada en la provincia alcanzó las 79.596 ha (Asociación Correntina de Plantadores de Arroz y Bolsa de Cereales de Entre Ríos 2011), con las mayores superficies sembradas en los departamentos de Mercedes, Curuzú-Cuatiá, Paso de los Libres y San Martín (Carñel 2008). Las fuentes de agua para riego dependen de la zona, incluyendo represas, ríos, lagunas, esteros y bañados (INTA y Asociación Correntina de Plantadores de Arroz 2008).

Sitio de muestreo: Estancia Curupicay

Los muestreos se llevaron a cabo en la Estancia Curupicay, localizada a unos 20 km al este de la ciudad de Mercedes (29°12'S, 58°05'W; Paynter 1995), en la zona arrocera Centro-sur. El área a sembrar cada año depende del volumen de agua acumulada en los embalses. En temporadas con buena oferta de agua para riego se siembran hasta 2.000 ha de arroz largo fino, de las variedades Taim, Puita (resistente a glifosato) y Camba. Cada 4-5 años se realiza rotación con ganadería.

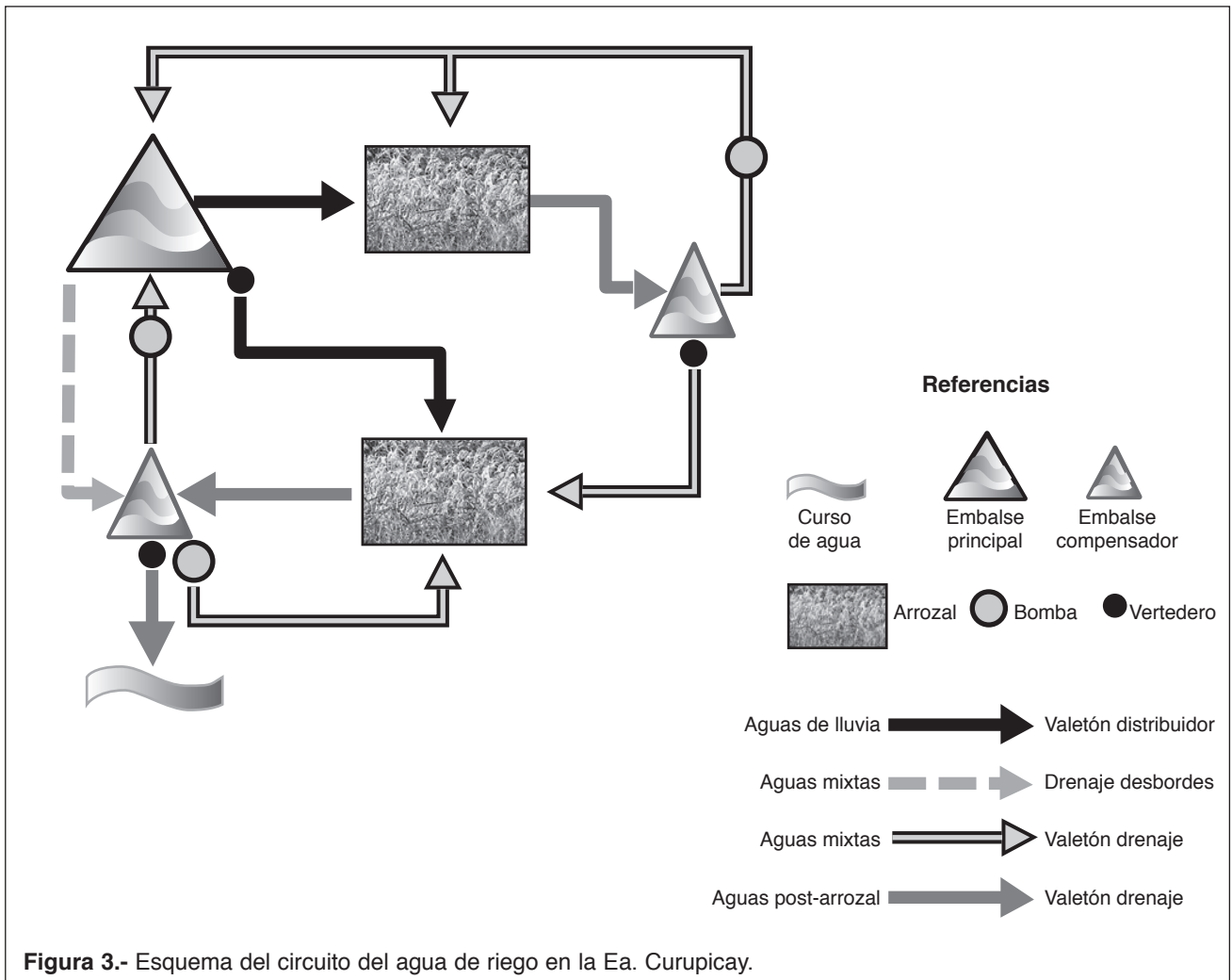
La siembra del arroz se realiza en septiembre-octubre, la inundación de los cuadros en noviembre y la cosecha a partir de fines de enero. En el cultivo se utilizan fertilizantes (NPK, Urea), herbicidas no selectivos (Glifosato) y selectivos (Clomazone, Facet) e insecticidas, dependiendo de la aparición del gorgojo o de la chinche.

El riego del cultivo de arroz se realiza mediante un complejo de embalses que son alimentados por las precipitaciones (Figura 3). El reservorio principal alcanza una superficie de 500-600 ha en años con buenas precipitaciones y una profundidad máxima de 9 m. Éste recibe además, por bombeo o conducción, aguas de embalses complementarios ubicados aguas abajo o arriba del mismo. La conducción del agua se realiza con ayuda de la pendiente del terreno y los valetones son poco profundos. También existen numerosos tajamares pequeños para la acumulación de agua para el ganado, los cuales están parcialmente integrados al circuito hidrológico de la arrocera.



A. Lesterhuis

Represa para riego en Ea. Curupicay, Corrientes.



Entre Ríos

En la provincia de Entre Ríos, la producción arroceras se concentra principalmente en los departamentos de Villaguay (25% en la campaña 2008-2009), San Salvador (13%), Federación (11%), Colón (9%) y Federal (9%) (Carñel *et al.* 2009).

Durante la campaña arroceras 2009-10 la superficie sembrada en la provincia alcanzó las 98.000 ha (Asociación Correntina de Plantadores de Arroz y Bolsa de Cereales de Entre Ríos 2011). Las fuentes de agua para el riego del arroz son diversas y varían con la localización geográfica, incluyendo pozos, represas alimentadas con agua de lluvia y ríos. Alrededor del 70% de la superficie sembrada con arroz se riega con agua de pozo -66.842 has en la campaña 2008-2009 (Carñel *et al.* 2009).

En Entre Ríos se muestrearon dos zonas bien diferentes, las cuales a su vez difieren en cuanto a la modalidad de riego del arroz: 1) establecimientos cercanos a la localidad de Los Charrúas, con riego de agua de pozo, y 2) Estancia La Lucha, donde el riego se realiza mediante embalses alimentados con agua de lluvia. La siembra del arroz se realiza en octubre, la inundación de los cuadros a fines de noviembre-diciembre y la cosecha en marzo. En el cultivo se utilizan fertilizantes, herbicidas e insecticidas, dependiendo de la aparición de gorgojo o de la chinche.

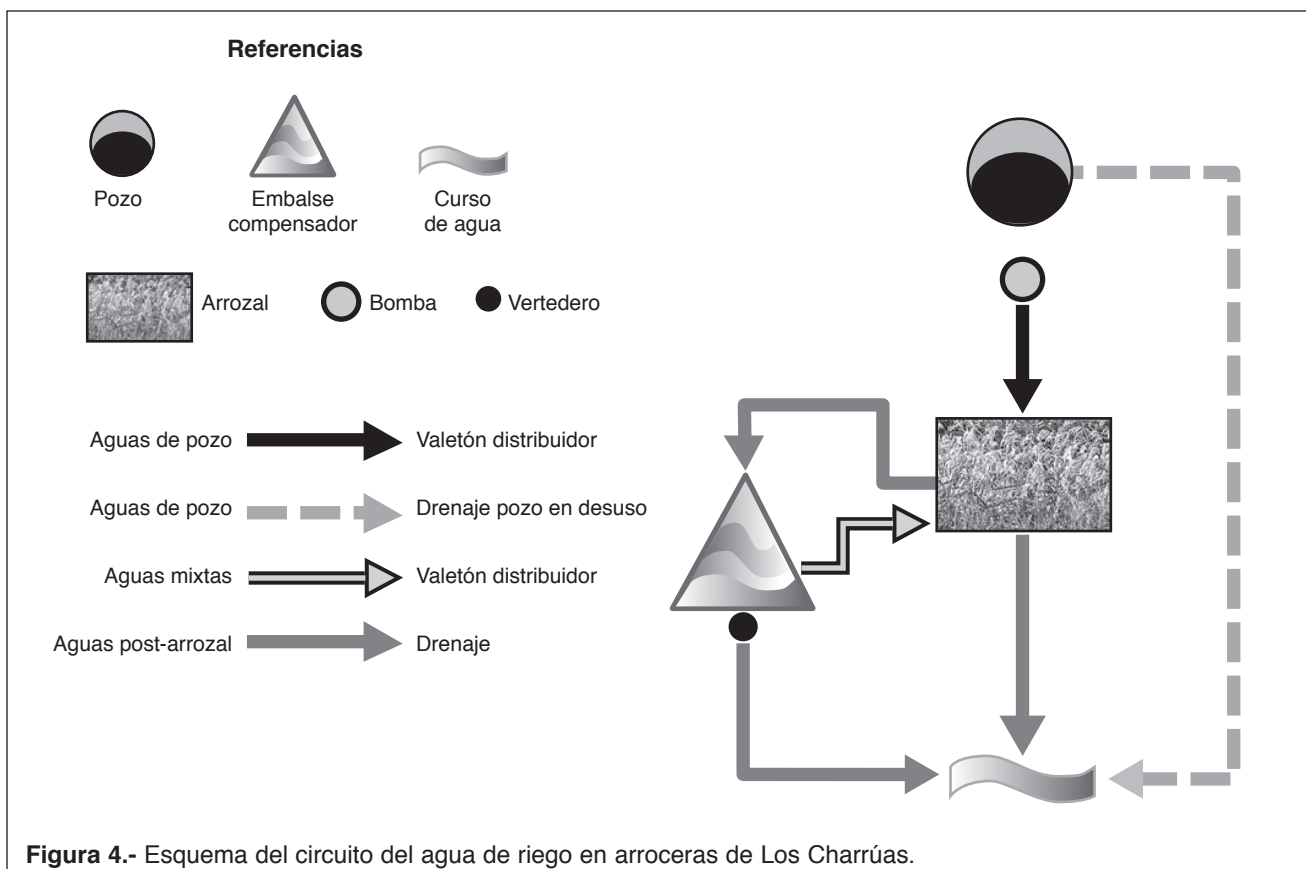
Sitio de muestreo 1: Los Charrúas

Los muestreos se llevaron a cabo en arroceras cercanas a Los Charrúas (31°10'S, 58°11'W), a unos 20 km de Concordia. Los sitios muestreados incluyeron la Estancia La Loma y otros establecimientos cercanos a las estaciones de ferrocarril La Querencia y El Redomón, éstos últimos en particular para los relevamientos de fauna íctica.

El riego del cultivo de arroz se realiza por bombeo de agua subterránea o de pozo (Figura 4). Se extrae agua del acuífero Salto Chico, el cual se origina por infiltración y escurrimiento profundo de la región del Iberá. El agua es conducida por valetones y canales utilizando la pendiente, bañando de manera continua las parcelas de arroz. Los excedentes drenan hacia los cuerpos de agua naturales de la región, como ser bañados y arroyos que finalmente desembocan en el río Gualeguay, pudiendo ser retenidos temporalmente en tajamares o embalses pequeños para uso ganadero o para suplementar el riego. Cada pozo riega en promedio alrededor de 300 ha de arroz, dependiendo de su potencia. Cuando el aporte de agua decae a niveles muy bajos, el pozo es abandonado y se realizan nuevas perforaciones.

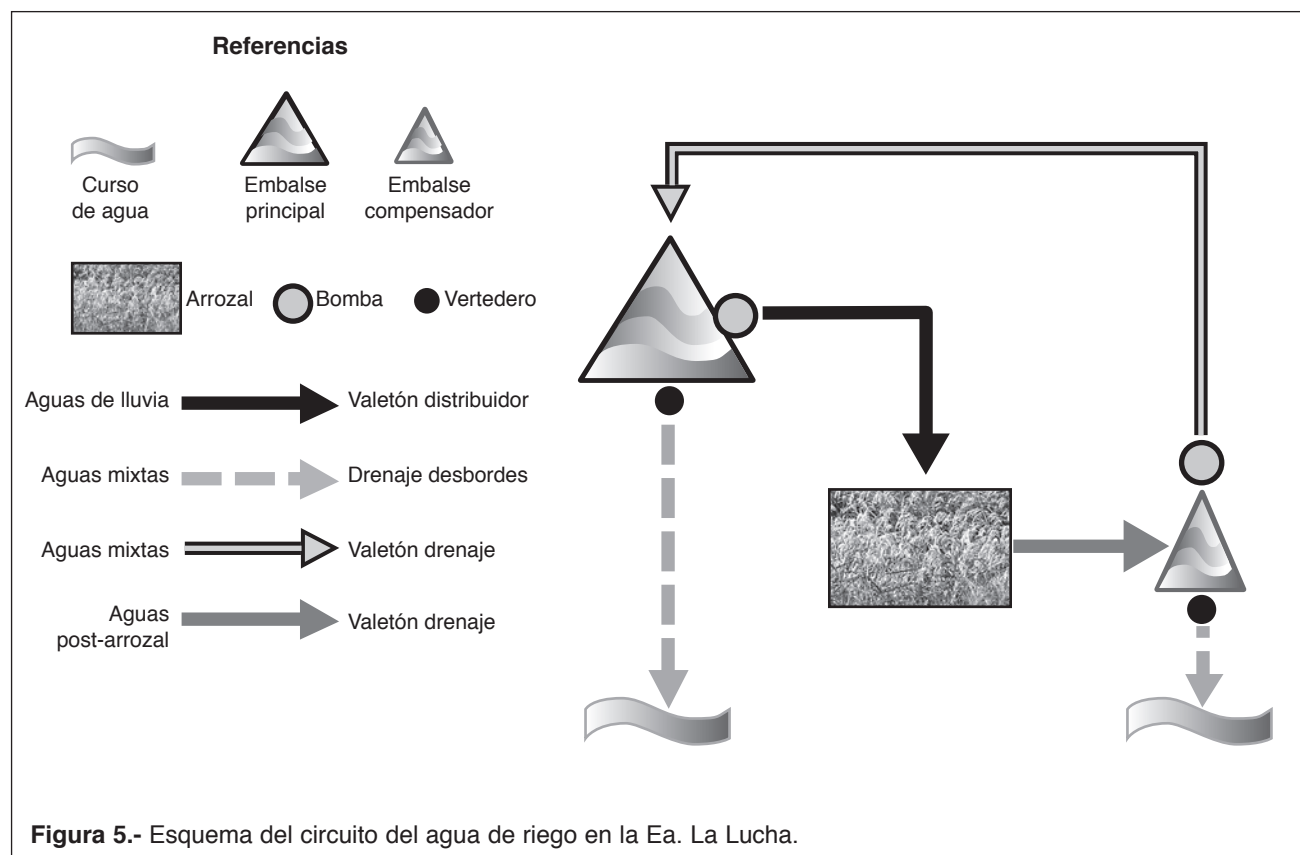
Sitio de muestreo 2: Estancia La Lucha

Los muestreos se llevaron a cabo en la Estancia La Lucha, localizada a 25 km de San José de Feliciano (30°23'S, 58°45'W), en el Departamento de Feliciano.



El riego del cultivo de arroz se realiza mediante embalses que son alimentados por las precipitaciones (Figura 5). Desde el embalse principal se bombea el agua al valetón matriz, el cual distribuye el agua de riego a las parcelas de arroz. El agua escurre por la

pendiente y es drenada hacia embalses menores o compensadores, desde los cuales es bombeada o vertida otra vez al embalse principal. Los excedentes y desbordes provocados por lluvias drenan a los cursos de agua naturales.



Agradecimientos

Queremos agradecer muy especialmente a los expertos y contactos locales que nos ayudaron en la planificación del trabajo de campo y en la identificación y caracterización de los sitios a estudiar; especialmente a Enrique Lacour, Alberto Lívore, Hugo Muller, Fabiana Navarro, Aníbal Parera, Gabriel Perusini, Carlos Rojas y María Serra.

Bibliografía

- Administración de Parques Nacionales. 1999. Ecoregiones de la Argentina. Componente de Política Ambiental. PRODIA-SRNYDS. Buenos Aires.
- Alvisio, A. 1998. Arroz. Modelos zonales de producción en el movimiento CREA: Región Litoral Norte. Cuadernillo de Actualización Técnica 61: 141-145.
- Asociación Correntina de Plantadores de Arroz y Bolsa de Cereales de Entre Ríos. 2011. Relevamiento Nacional-Campaña 2009-2010 (www.acpaarrozcorrientes.org.ar).

Blanco, D.E. y B. López-Lanús (eds). 2008. Ecología no reproductiva y conservación del Charlatán (*Dolichonyx oryziborus*) en el noreste de Argentina. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Blanco, D.E., B. López-Lanús, R.A. Dias, A. Azpiroz y F. Rilla. 2006. Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Cabrera, A.L. y A. Willink. 1980. Biogeografía de América Latina. Organización de Estados Americanos, Serie de Biología, Monografía No. 13. OEA. Washington, D.C.

Carñel, G.E. 2008. Estimación de área sembrada con arroz en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Santa Fe, campaña 2007-2008. Resultados Experimentales 2007-2008 Vol. XVII: 15-20. Fundación ProArroz.

Carñel, G.E., S. Milera y C. Marcuzzi. 2009. Estimación del área sembrada con arroz, provincias de Entre

- Ríos y Santa Fe - Campaña agrícola 2008-2009. Resultados Experimentales 2008-2009 Vol. XVIII: 7-14. Fundación ProArroz.
- INTA y Asociación Correntina de Plantadores de Arroz. 2008. Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes. INTA y ACPA.
- López-Lanús, B. y D.E. Blanco. 2005. San Javier; en Di Giacomo, A.S. (ed.): Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad: 440-441. Temas de Naturaleza y Conservación 5. 514 pp. Aves Argentinas / Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires.
- López-Lanús, B., I. Roesler, D.E. Blanco, P.F. Petracchi, M. Serra, y M.E. Zaccagnini. 2007. Bobolink (*Dolichonyx oryzivorus*) numbers and non breeding ecology in the rice fields of San Javier, Santa Fe province, Argentina. *Ornitología Neotropical* 18.
- Paynter, R.A. Jr. 1995. Ornithological Gazetteer of Argentina. 2da Ed. Museum of Comparative Zoology. EE.UU.
- Ruiz, A. 1998. Caracterización del área arrocera de la Región CREA Litoral Norte. CREA. Cuadernillo de Actualización Técnica 61: 10-13.

Evaluación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en arrozceras bajo riego en el noreste de Argentina

Federico Rizo-Patrón¹, Alejandro Santo Domingo² y
Florencia A. Trama^{1,3}

¹ Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales-Perú. Email: frizopatron@centroneotropical.org

² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
Email: adsantodomingo@gmail.com

³ Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Email: ftrama@centroneotropical.org

Introducción

Los cultivos de arroz bajo riego son uno de los agroecosistemas más productivos en el mundo y son altamente dinámicos debido a que las características físicas y químicas del agua cambian constantemente durante el cultivo (Forés y Comín 1992, Fernández-Valiente y Quesada 2004). Por este motivo la producción de la biota tiende a ser altamente productiva en estos humedales artificiales. Por otro lado, en muchas áreas los arrozales están ocupando el espacio donde se encontraban humedales naturales o reemplazando aquellos que se degradaron por diferentes motivos (González-Solís y Ruiz 1996), siendo utilizados por varias especies de fauna y flora (Curcó *et al.* 2001, Bambaradeniya *et al.* 2003, FAO 2004, Blanco *et al.* 2006, Acosta *et al.* 2010).

La similitud entre los arrozales bajo riego y los humedales naturales ha hecho que diferentes organismos se adapten a la dinámica que se da en estos cultivos (Sanchez-Bayo y Goka 2006). Los invertebrados son de los organismos más abundantes y con mayor diversidad biológica en estos agroecosistemas (Curcó *et al.* 2001). Asimismo, algunos invertebrados son muy buenos indicadores de la calidad del agua cuando se trata de cultivos de arroz bajo riego (Rizo Patrón 2003) y tienen la capacidad de responder en corto tiempo a las diferentes intervenciones del ser humano sobre el ambiente; por lo cual, su uso para el análisis de la calidad del ambiente acuático se ha desarrollado en diferentes lugares del mundo (Rosenberg y Resh 1993, Roldán 1997, Fernández 2002, Roldán 2003, Mafla 2005). Asimismo, estos organismos han sido estudiados en diversos cultivos por su importancia en la cadena trófica y como indicadores de contaminación (Curcó *et al.* 2001).

En Argentina se han realizado una gran cantidad de estudios sobre invertebrados acuáticos de acuerdo a diferentes objetivos (Lopretto y Tell 1995, Neiff y Carignan 1997, Dominguez y Fernández 1998,

Dominguez *et al.* 2002, Corigliano *et al.* 2005, Principe y Corigliano 2006, Iriondo *et al.* 2007, Paggi y Donato 2007, Torres *et al.* 2007, Miserendino *et al.* 2008, Tripole *et al.* 2008, Dominguez y Fernández 2009, Miserendino 2009). Algunos trabajos se han orientado al uso de los invertebrados como indicadores de calidad de agua (Gualdoni y Corigliano 1991, Dominguez y Fernández 1998, Miserendino y Pizzolón 1999, Tangorra *et al.* 2000, Graça *et al.* 2002, Pave y Marchese 2005, Fernández *et al.* 2006, Zaccagnini *et al.* 2007, Gómez *et al.* 2008, Dominguez y Fernández 2009, Fernández *et al.* 2009).

Sin embargo, no se han encontrado trabajos publicados con referencia a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los cultivos de arroz bajo riego. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue realizar un primer acercamiento a las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en arrozales y evaluar la calidad del agua en diferentes parcelas de arroz con diferentes tipos de manejo del agua de riego en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes.

Área de estudio y metodología

El estudio se realizó en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes, donde se muestrearon cuatro sitios: Estancia San Roque, Estancia La Loma, Estancia La Lucha y Estancia Curupicay. Estos sitios difieren en cuanto a sus características ambientales y en particular en cuanto a los sistemas de manejo del agua de riego (para más detalle acerca el área de estudio ver Capítulo 2).

En los cuatro sitios se realizaron en total 15 puntos de muestreo, incluyendo las entradas y salidas de las parcelas de arroz, las áreas de control y otros puntos como Represa, San Javier y Saladillo (Tabla 1). Los sitios considerados como control fueron humedales naturales que se hallaron cerca de las parcelas de arroz. Los sitios de muestreo se ubicaron en zonas de cultivos

| Tabla 1.- | | Localización de los puntos de muestreo de macro invertebrados. | | |
|------------------------------------|-----------|--|--------------|--------------|
| Sitio | No. punto | Nombre del punto | Latitud | Longitud |
| Estancia San Roque (Santa Fe) | 1 y 2 | Entrada y salida | 30°46'53,87" | 60°01'41,77" |
| | 3 | Saladillo ¹ | 30°43'54,55" | 60°14'26,77" |
| | 4 | San Javier ² | 30°46'24,56" | 59°59'27,82" |
| | 5 | Control | 30°45'56,66" | 60°01'42,64" |
| Estancia La Loma (Entre Ríos) | 6 | Entrada | 31°04'17,70" | 58°26'16,50" |
| | 7 | Salida | 31°03'29,40" | 58°26'02,00" |
| | 8 | Control | 31°03'20,40" | 58°26'03,30" |
| Estancia La Lucha (Entre Ríos) | 9 | Entrada | 30°33'16,50" | 58°46'52,50" |
| | 10 | Salida | 30°33'27,40" | 58°46'49,50" |
| | 11 | Control | 30°32'57,90" | 58°45'41,60" |
| Estancia Curupicay (Corrientes) | 12 | Represa ³ | 29°14'23,50" | 57°49'20,20" |
| | 13 | Control | 29°14'48,40" | 57°56'08,30" |
| | 14 | Entrada | 29°14'54,50" | 57°53'20,80" |
| | 15 | Salida | 29°14'45,10" | 57°53'25,10" |

¹ El punto de muestreo llamado "Saladillo" se localizó en el canal de drenaje principal que recoge el agua de varias arrozceras y desemboca en el río Saladillo.

² El punto de muestreo llamado "San Javier" se localizó en el río del mismo nombre, en el sector donde se realiza la toma de agua para irrigar las arrozceras.

³ El punto de muestreo llamado "Represa" se localizó en uno de los bordes del embalse utilizado para irrigar las arrozceras.

de arroz pero en algunos casos como en Estancia La Loma algunas parcelas se encontraban continuas a cuerpos de agua naturales y a cultivos de soja.

En cada punto de muestreo se tomaron tres muestras, logrando un total de 45 muestras para todo el estudio. En las provincias de Corrientes y Entre Ríos, donde se encontró flujo de agua en los canales, los macroinvertebrados fueron recolectados utilizando una red Surber de 30 x 30 cm de área y 500 micrómetros de luz de malla. Una vez posicionada la red Surber con la boca a contracorriente, se procedió a agitar el sustrato en el área a muestrear durante 30 segundos con la mano. En el caso de Santa Fe, se utilizó un tamiz de 20 cm de diámetro y 500 micrómetros de luz de malla ya que los cuerpos de agua no tenían flujo. En este caso, el tamiz se pasó tres veces por una distancia de un metro alrededor de un punto fijo para obtener una muestra.

Una vez colectada la muestra se depositó en un recipiente plástico y se le agregó alcohol 70° para conservarla y almacenarla hasta el momento de ser procesada en el laboratorio. Posteriormente, la muestra se lavó con agua y se tamizó nuevamente para eliminar todas las partículas de sedimento que pudieran haber quedado. Se analizó cada muestra utilizando una Lupa Binocular Estereoscópica 40X ZTX (ARCANO) separando los individuos según su parecido morfológico (morfo especies) y luego se clasificaron los taxa por medio de las claves generadas por especialistas para el país (Dominguez y Fernández 2009) y otras claves generales adicionales (Pennak 1978, Roldán 1988, Pennak 1989, Roldán 2003).

Por otro lado, en los puntos de muestreo también se tomaron datos fisicoquímicos, incluyendo pH (pHmetro AD12 ADWA), temperatura y conductividad

(Conductímetro AD203 ADWA). También se registró la profundidad del sitio de muestreo. Asimismo, se tomaron datos del tipo de manejo de agua en cada provincia.

Análisis de los datos

Luego de identificar los macroinvertebrados se contaron los individuos y taxa para cada muestra y en cada punto de muestreo. Se realizó un conteo para invertebrados en general y uno para insectos en particular, debido a que estos últimos son los directamente afectados por insecticidas. Con esos datos se realizaron dos tipos de análisis:

1. Para cada punto de muestreo se calculó un valor promedio a partir de las 3 muestras tomadas, estimando así la riqueza media de familias (número de familias en cada muestra), la riqueza media de taxa (número de taxa en cada muestra) y la abundancia media de macroinvertebrados (número de macroinvertebrados) y de insectos (número de insectos). Para comparar de forma estadística las diferencias de estos valores entre los distintos puntos de muestreo, se realizaron ANOVA paramétricos, con transformación mediante logaritmo cuando fue necesario, usando el programa Statgraphics 3.1 (Manugistics 1997).
2. Para cada punto de muestreo se estimó un valor total de riqueza de familias (sumando las diferentes familias presentes en las tres muestras del punto de muestreo), un valor total de riqueza de taxa (sumando los diferentes taxa presentes en las tres muestras del punto de muestreo), un valor total de abundancia de macroinvertebrados (sumando el



F. Trama

Preparación de la red Surber para el muestreo de macroinvertebrados.

número de invertebrados presentes en todo el punto de muestreo) y un valor total de abundancia de insectos (sumando el número de insectos presentes en todo el punto de muestreo).

Por otro lado, se estimaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y de Equidad de Pielou (E) para cada punto de muestreo. También se calculó el índice cuantitativo de similaridad de Morisita, y se realizaron comparaciones de pares de puntos dentro de cada provincia (Chao y Shen 2009). Estos índices se utilizan para describir la comunidad de macroinvertebrados y poder realizar comparaciones entre diferentes sitios. El índice de diversidad da una idea de cuantos taxa hay en cada sitio, lo cual permite decir si un sitio es más diverso que otro. El índice de equidad mide como están equilibrados los taxa en número de individuos en cada punto. Por último, el índice de similaridad permite comparar distintos puntos en cuanto a los taxa que comparten y permite así inferir cuan similares son los puntos de muestreo entre sí (Moreno 2001).

Adicionalmente, para evaluar la calidad del agua se estimaron los siguientes índices: Índice de Macroinvertebrados para Ríos Pampeanos (IMRP), Índice Biótico Pampeano (IBPAMP), Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col) (Dominguez y Fernández 1998, Rodrigues-Capítulo

1999, Figueroa *et al.* 2003, Roldán 2003, Fernandez *et al.* 2006, Figueroa *et al.* 2007, Moya *et al.* 2007, Dominguez y Fernández 2009). Los índices IMRP e IBPAMP han sido desarrollados para la región pampeana de Argentina. En el caso del IMRP el índice se basa en una sumatoria de valores que representan el grado de sensibilidad ecológica (Rodrigues-Capítulo 1999). Por otro lado, el IBPAMP requiere la identificación de familias y la relación de los taxa presentes con la riqueza de familias (unidades sistemáticas) por medio de una tabla de doble entrada (Rodrigues-Capítulo *et al.* 2001). De la intersección de ambas entradas se establece una clase de calidad ambiental.

El índice BMWP-Col (Fernández 2002, Roldán 2003, Mafla 2005) es una modificación del BMWP' de la Península Ibérica (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega 1998) adaptada para Colombia. La calidad de agua de acuerdo a este índice va desde aguas muy limpias a aguas fuertemente contaminadas. Este índice identifica las familias de macroinvertebrados bentónicos que son sensibles y resistentes a la contaminación orgánica en los cuerpos de agua, y les asigna valores que varían entre 1 y 10, siendo 10 el valor máximo que indica la presencia de organismos más sensibles. De acuerdo a las familias identificadas en un punto determinado, se suman los valores correspondientes para obtener un valor total, mediante el cual se puede clasificar el lugar

de muestreo de acuerdo a la calidad de agua que posee (Roldán 2003).

Debido a que no existen índices de calidad específicos para las características ecológicas de los arrozales en Argentina, se han utilizado estos tres índices para poder contar con resultados más fuertes en cuanto a la calidad del agua.

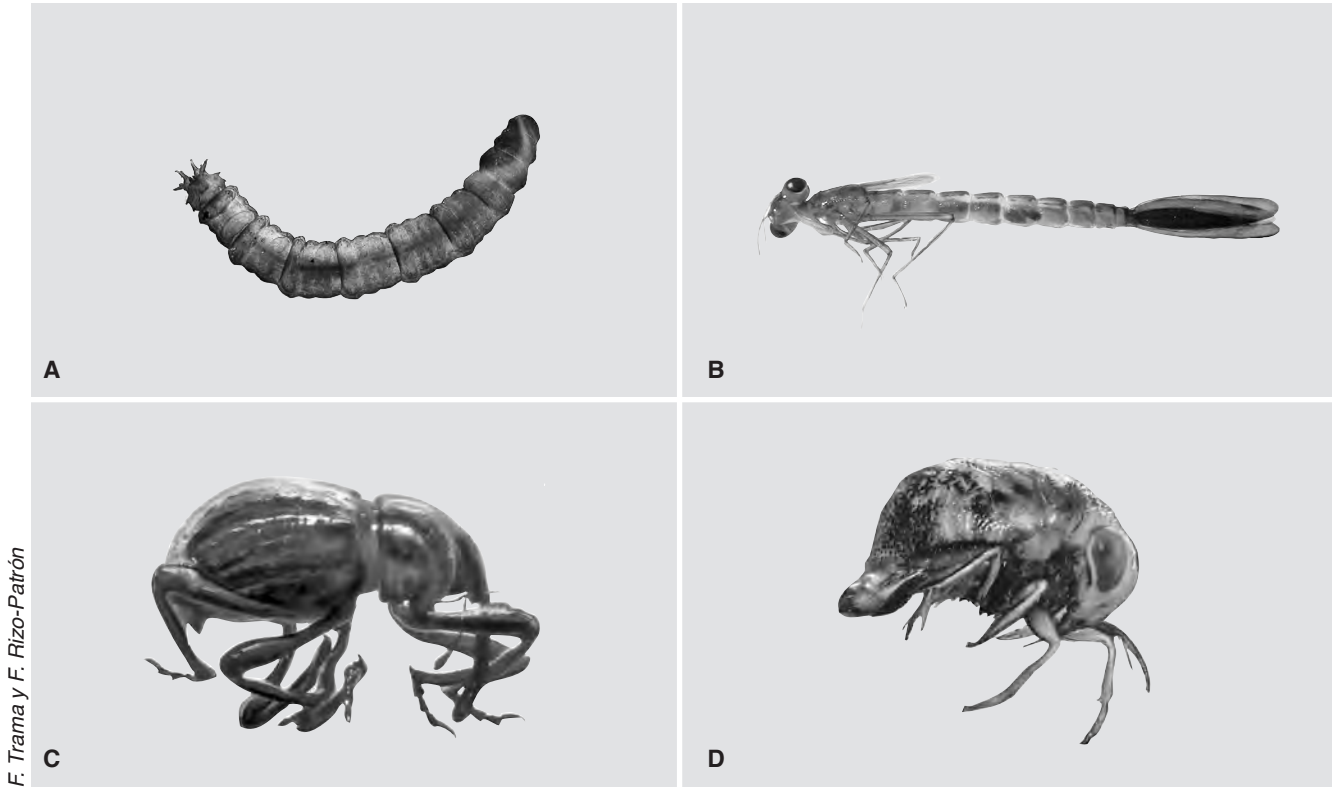
Finalmente se analizaron las familias de invertebrados presentes sensibles a la contaminación orgánica de acuerdo a los índices IMRP, IBPAMP, BMWP-Col, al manual del INTA (Zaccagnini *et al.* 2007) y De la Lanza *et al.* (2000), y se compararon estos grupos para los diferentes puntos de muestreo.

Resultados

Las condiciones fisicoquímicas variaron en los cuatro sitios evaluados y también entre los puntos de muestreo (Tabla 2).

Durante el estudio se registraron en total 49 familias de invertebrados con 96 taxa y un total de 14.900 individuos para las tres provincias evaluadas (Tabla 3). Los órdenes más diversos fueron Coleoptera conteniendo un 33% de los taxa registrados, seguido por el orden Diptera (16%), Hemiptera (7%) y Odonata (6%); (Figura 1). Los grupos más abundantes, en cambio, fueron los órdenes Ostracoda, Cladocera y Diptera (Figura 2).

| Tabla 2.- | | Condiciones fisicoquímicas (conductividad, pH y temperatura) de los puntos de muestreo. | | | | |
|----------------------|---------------------------|---|------|------------|--|--|
| Punto de muestreo | Características generales | | | | | |
| | Prof. (cm) | Cond. (µS) | pH | Temp. (°C) | Vegetación nativa | |
| Ea. San Roque | | | | | | |
| Entrada | 25 | 100 | 7,33 | 28,8 | - | |
| Salida | 70 | 283 | 7,44 | 28,3 | - | |
| Control | 35 | 182 | 7,58 | 32,2 | Poaceas | |
| San Javier | 60 | 224 | 6,43 | 27,3 | <i>Eichornia sp.</i> , <i>Salvinia sp.</i> | |
| Saladillo | 150 | 176 | 7,41 | 25,7 | <i>Salicornia sp.</i> | |
| Ea. La Loma | | | | | | |
| Entrada | 12 | 833 | 7,27 | 21,2 | - | |
| Salida | 5 | 926 | 8,46 | 32,6 | - | |
| Control | 11 | 409 | 7,56 | 29,9 | Poaceas y Cyperaceas | |
| Ea. La Lucha | | | | | | |
| Entrada | 15 | 134 | 8,16 | 19,8 | - | |
| Salida | 3 | 192 | 7,82 | 20,6 | - | |
| Control | 10 | 70 | 7,59 | 26,2 | <i>Hydrocleis nymphoides</i> | |
| Ea. Curupicay | | | | | | |
| Entrada | 10 | 65 | 6,9 | 25,5 | - | |
| Salida | 15 | 60 | 7,24 | 27,9 | - | |
| Control | 80 | 0,55 | 7,59 | 25,5 | Poaceas y Cyperaceas | |
| Represa | 85 | 0,73 | 7,61 | 24,9 | - | |



F. Trama y F. Rizo-Patrón

A: Tipulidae (Diptera). B: Lestidae (Odonata). C: Curculionidae (Coleoptera). D: Pleidae (Hemiptera).

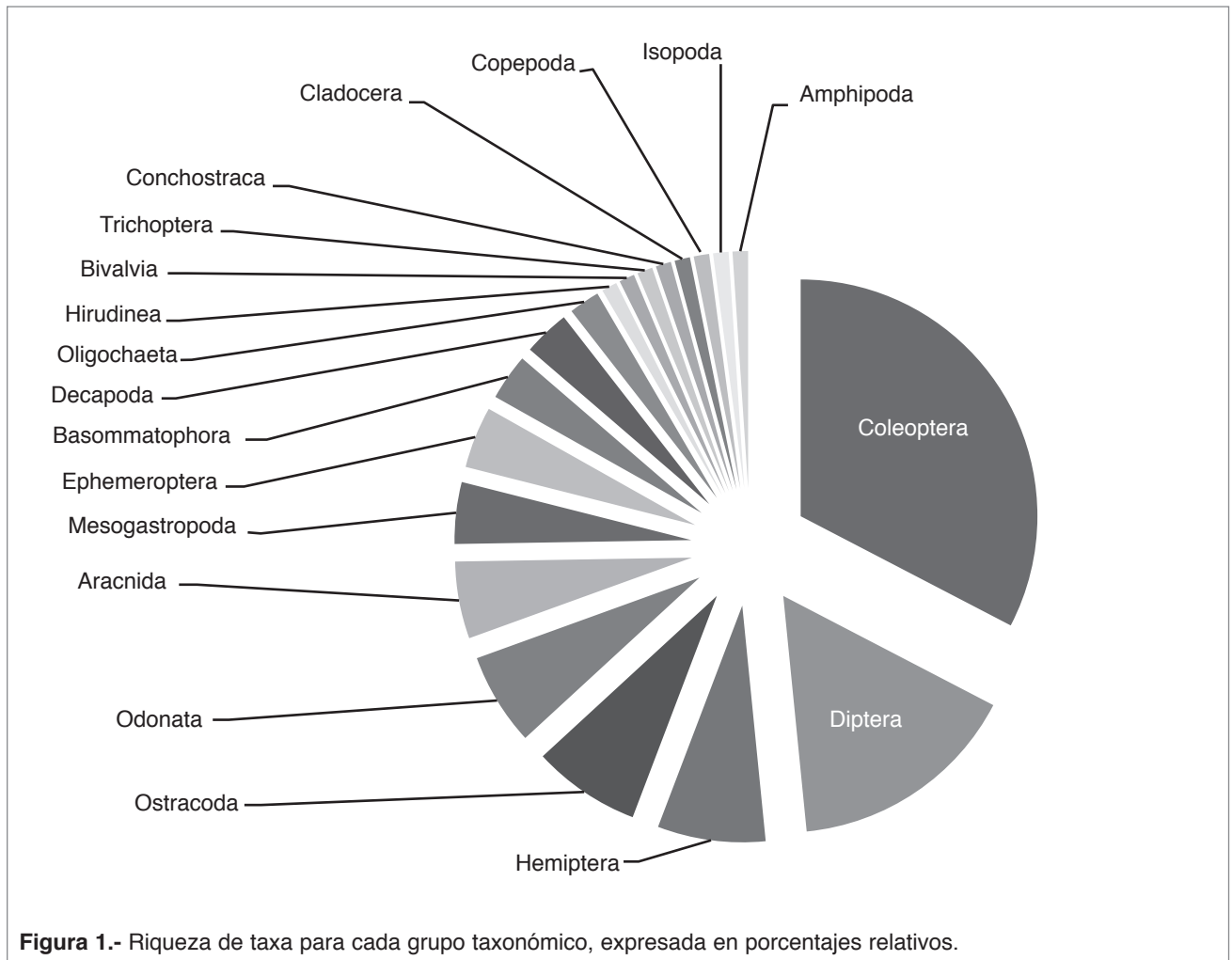


Figura 1.- Riqueza de taxa para cada grupo taxonómico, expresada en porcentajes relativos.

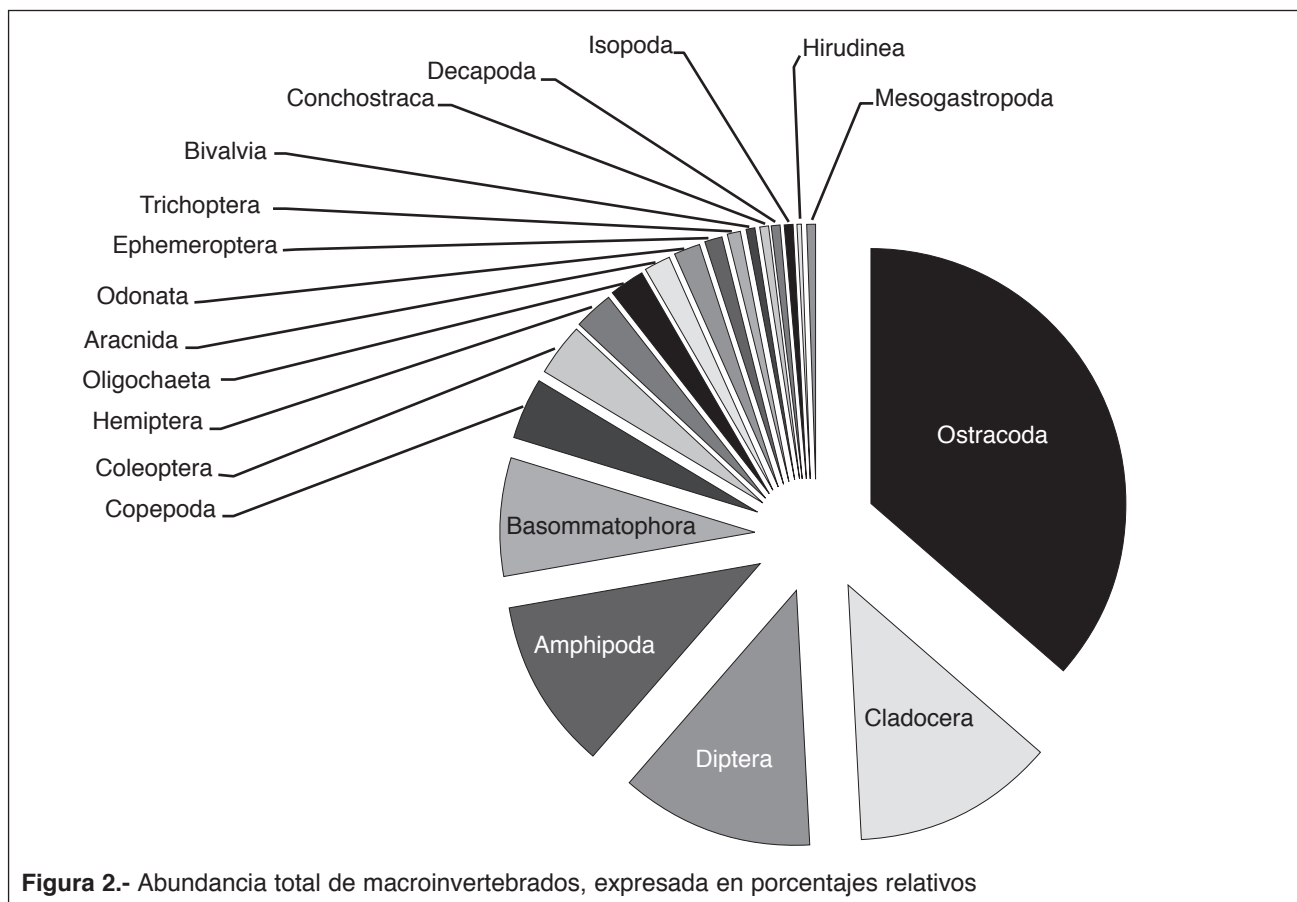


Tabla 3.- Lista de los taxa registrados, indicando la presencia por estancia y por punto de muestreo (ver mayor detalle en el Anexo I).

| TAXA | Ea. San Roque | | | | | Ea. La Loma | | | Ea. La Lucha | | | Ea. Curupicay | | | |
|------------------------|---------------|--------|---------|------------|-----------|-------------|--------|---------|--------------|--------|---------|---------------|--------|---------|---------|
| | Entrada | Salida | Control | San Javier | Saladillo | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Represa |
| Annelida | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oligochaeta | | | ● | | ● | ● | ● | | ● | | | ● | ● | ● | |
| Hirudinea | | | | ● | | | | ● | | | ● | | | | |
| Mollusca | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gastropoda | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Bivalvia | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| Insecta | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ephemeroptera | ● | ● | ● | | | | ● | ● | | | ● | | ● | ● | ● |
| Hemiptera | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | ● |
| Odonata | ● | | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | | ● | | ● | ● | ● |
| Coleoptera | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Trichoptera | | | | | | | ● | ● | | | ● | | | ● | ● |
| Diptera | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Aracnida | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acari/Acarina | | ● | ● | | ● | | ● | | ● | ● | | | ● | | |
| Crustacea | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cladocera | | ● | ● | | ● | | ● | ● | | | ● | | | ● | ● |
| Copepoda | | ● | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | | ● | ● |
| Ostracoda (Podocopida) | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Isopoda | ● | ● | | | | | | | | | | | | | |
| Amphipoda | | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ● |
| Decapoda | ● | | | | ● | ● | | ● | | | ● | | | | |
| Conchostraca | ● | | | | | | | | | | | | | ● | ● |

Riqueza de familias, taxa y abundancias

1. Ea. San Roque

Al analizar la riqueza de familias de invertebrados no se encontraron diferencias significativas entre puntos ($F=1,94$; $gl=4,14$; $P=0,1801$). Sin embargo, el control mostró la media más alta. Las medias más bajas se registraron en el punto de entrada de agua y en el punto San Javier. Asimismo, para el caso de las familias de insectos tampoco se observaron diferencias significativas ($F=0,31$; $gl=4,14$; $P=0,8643$). La media superior se obtuvo en el control, mientras que en los puntos San Javier y Saladillo se encontraron los valores más bajos (Figura 3a y 3d).

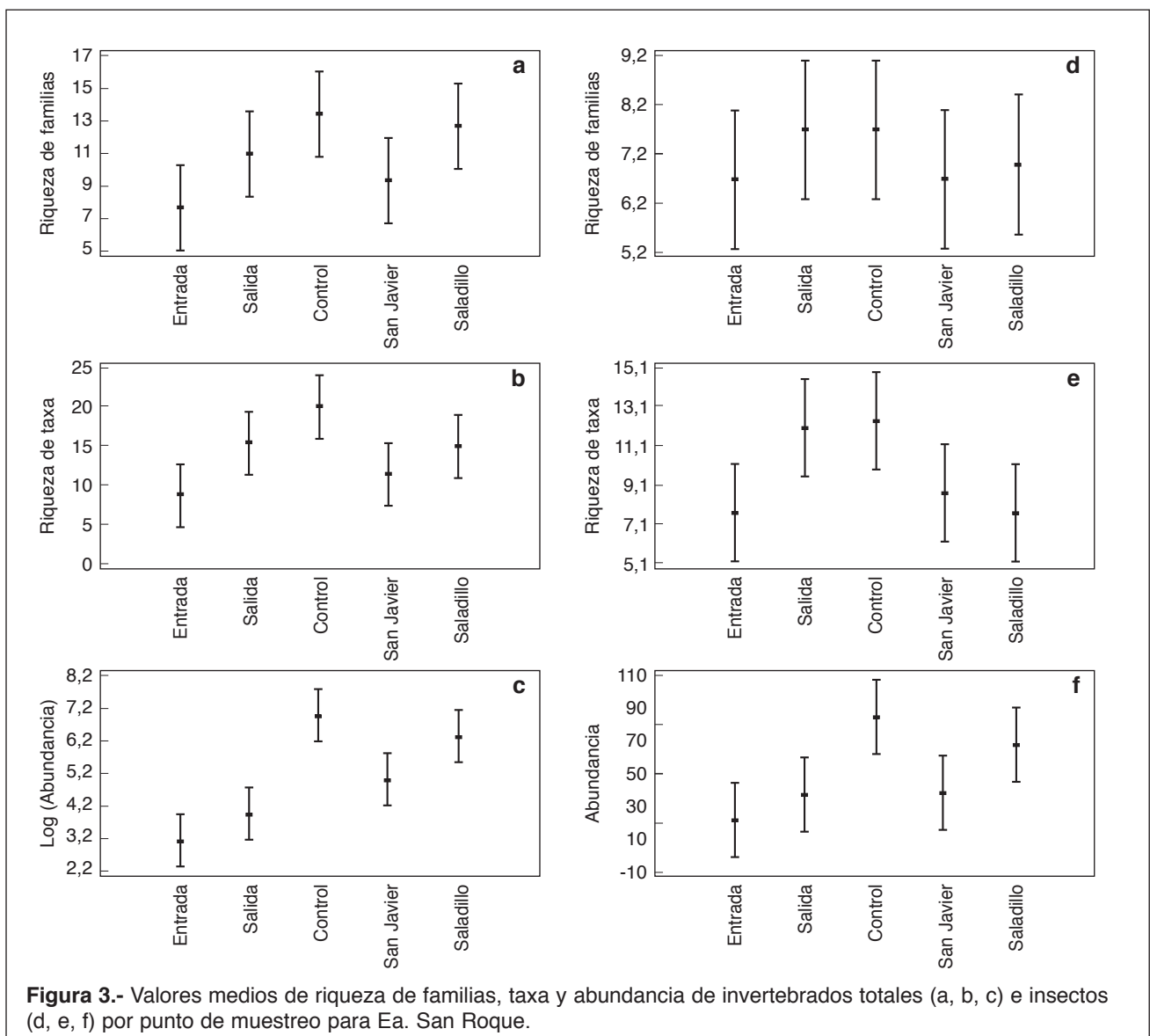
La riqueza de taxa de invertebrados mostró un comportamiento similar que la riqueza de familias, tanto para los taxa totales ($F=2,84$; $gl=4,14$; $P=0,0821$), como para los insectos ($F=2,17$; $gl=4,14$; $P=0,1467$). Sin embargo, en ambos casos los controles mostraron los valores de riqueza más altos (Figura 3b y 3e).

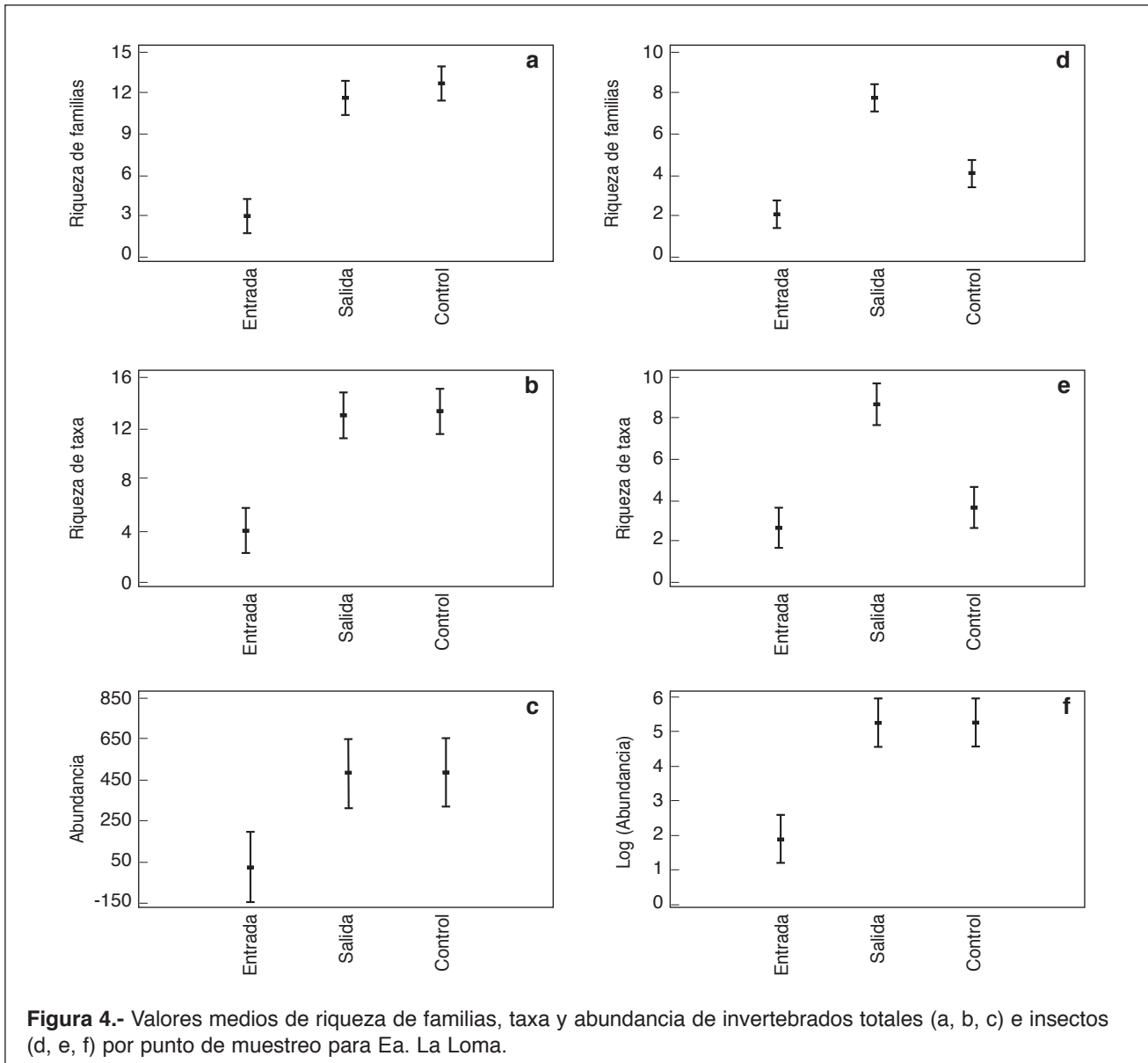
La abundancia media de invertebrados totales mostró diferencias significativas entre los puntos muestreados ($F=9,83$; $gl=4,14$; $P=0,0017$). El punto control tuvo una media superior a los otros cuatro puntos, mientras que San Javier arrojó una media menor y similar a los otros tres puntos. Sin embargo, para el caso de abundancia de insectos no se observaron diferencias significativas ($F=3,18$; $gl=4,14$; $P=0,0629$) entre los puntos (Figura 3c y 3f).

2. Ea. La Loma

La riqueza de familias de invertebrados fue similar para los puntos control y salida, y ambos fueron mayores que el punto de entrada ($F=54,5$; $gl=2,8$; $P=0,0001$). Sin embargo, la riqueza de familias de insectos fue mayor en la salida, seguido por el control y finalmente por el punto de entrada ($F=28,50$; $gl=2,8$; $P=0,0009$) (Figura 4a y 4d).

La riqueza de taxa de invertebrados mostró un comportamiento similar a la de familias en los puntos





control y salida ($F=27,04$; $gl=2,8$; $P=0,0010$) y a la de insectos ($F=31,00$; $gl=2,8$; $P=0,0007$), siendo mayor en ambos casos en el punto de salida (Figura 4b y 4e).

Con respecto a la abundancia de invertebrados totales, se encontró diferencias significativas entre la entrada, con respecto a la salida y el control ($F=7,32$; $gl=2,8$; $P=0,0245$). Al comparar el punto salida con el control la abundancia fue similar y mayor que en la entrada. En el caso de la abundancia de insectos, el resultado fue similar al de invertebrados totales ($F=20,86$; $gl=2,8$; $P=0,0020$) (Figura 4c y 4f).

3. Ea. La Lucha

Al analizar la riqueza de familias de invertebrados se encontraron diferencias significativas entre todos los puntos, siendo el de control el que tuvo la media más alta seguido por el punto de entrada y finalmente el de salida ($F=54,5$; $gl=2,8$; $P=0,0001$). La riqueza de familias de

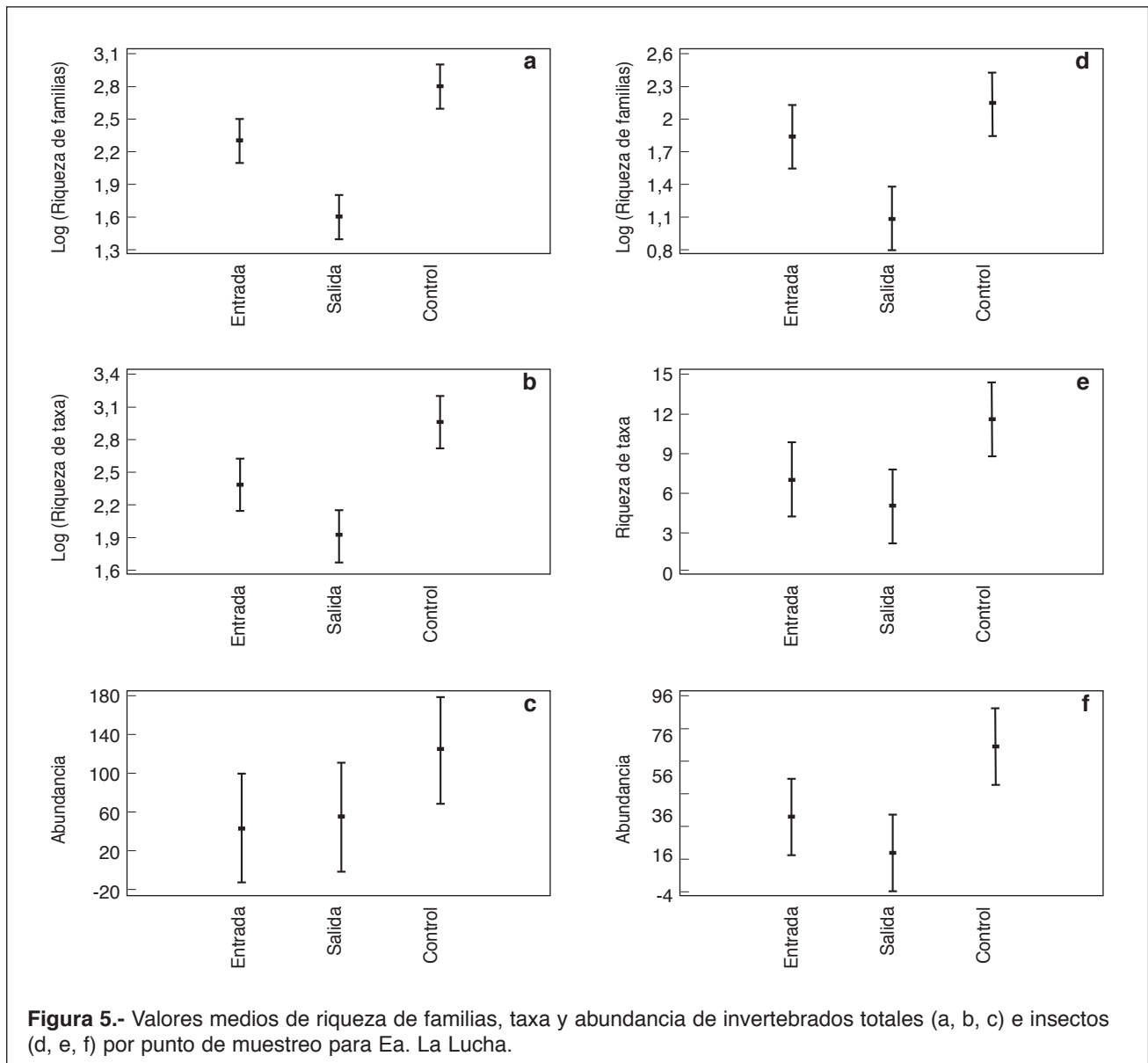
insectos mostró el mismo comportamiento que la riqueza total ($F=55,75$; $gl=2,8$; $P=0,0001$) (Figura 5a y 5d).

La riqueza de taxa fue mayor en el punto control con respecto a los otros dos puntos ($F=27,04$; $gl=2,8$; $P=0,0010$), mientras que en el caso de los taxa de insectos sólo se observaron diferencias entre el control y el punto de salida ($F=2,16$; $gl=2,8$; $P=0,1965$) (Figura 5b y 5e).

En lo que respecta a abundancia total de invertebrados, ésta fue mayor en el control pero no de forma significativa ($F=2,16$; $gl=2,8$; $P=0,1965$), mientras que la abundancia de insectos fue mayor en el punto control que en los de entrada y salida ($F=9,50$; $gl=2,8$; $P=0,0138$) (Figura 5c y 5f).

4. Ea. Curupicay

La riqueza de familias fue mayor en el control que en los puntos de entrada, represa y salida ($F=23,3$; $gl=3,11$;



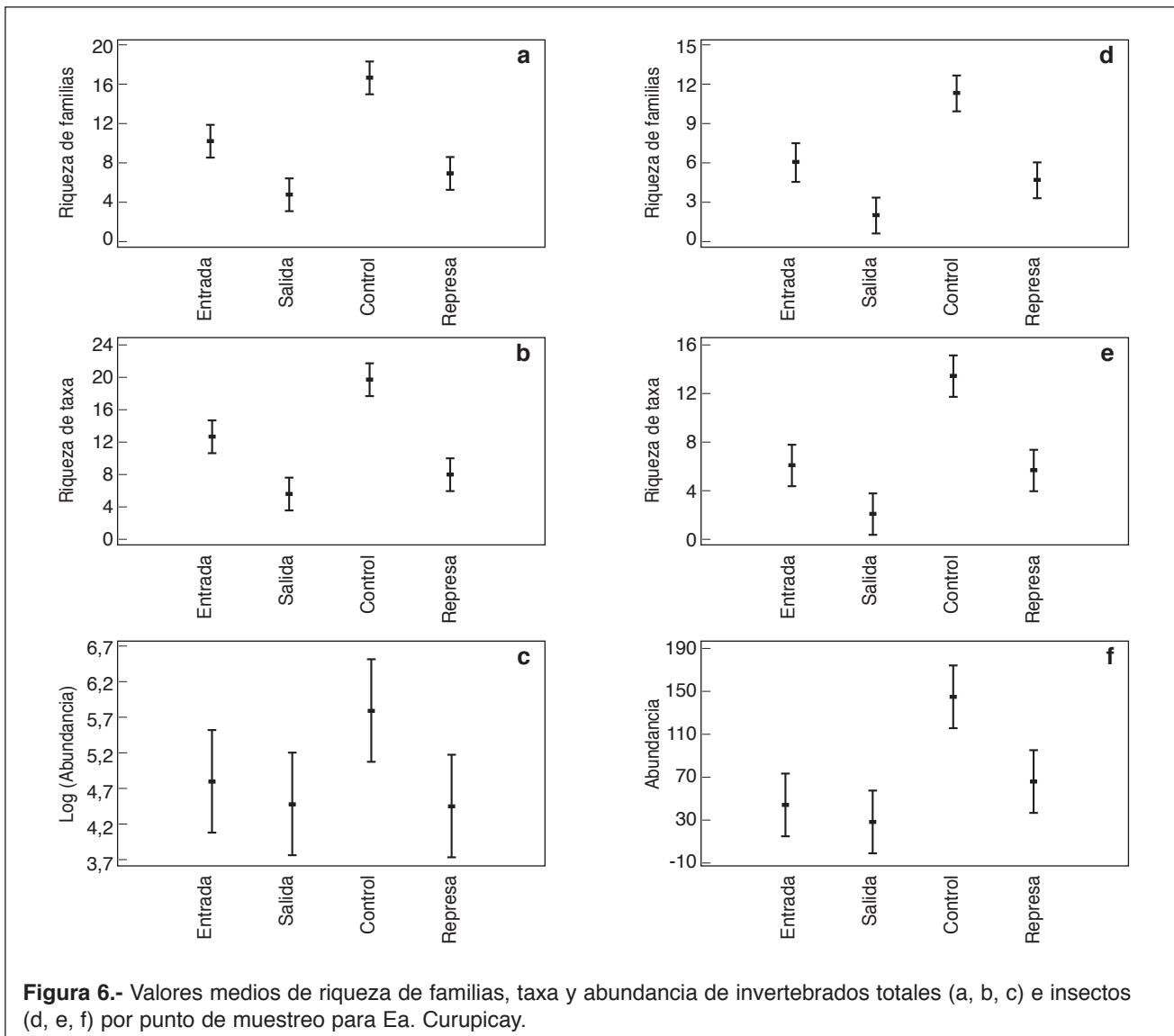
$P=0,0003$). Asimismo, la riqueza de familias de insectos mostró un comportamiento similar, siendo mayor en el punto control que en los otros tres puntos de muestreo ($F=21,33$; $gl=3,11$; $P=0,0004$) (Figura 6a y 6d).

Por otro lado, el número de taxa totales fue mayor en el punto control que en los otros tres puntos de muestreo ($F=24,07$; $gl=3,11$; $P=0,0002$), al igual que la riqueza de taxa de insectos ($F=21,36$; $gl=3,11$; $P=0,0004$). Ésta fue ligeramente mayor en el punto de la represa que en los de entrada y salida, pero las diferencias no fueron significativas (Figura 6b y 6e).

La abundancia total de invertebrados también fue mayor en el punto control que en los otros tres puntos de muestreo, pero las diferencias no fueron significativas ($F=1,96$; $gl=3,11$; $P=0,1992$). Sin embargo, la abundancia media de insectos fue significativamente mayor en el punto control que en los puntos de entrada y salida ($F=8,93$; $gl=3,11$; $P=0,0062$). Asimismo, la media en la represa fue mayor que la del punto de entrada pero no significativamente (Figura 6c y 6f).

Índices de diversidad, abundancia y calidad del agua

Los valores totales de familias, riqueza de taxa y abundancia tanto para invertebrados como para insectos variaron de acuerdo al punto de muestreo (Tabla 4). En Ea. San Roque, Ea. La Loma y Ea. Curupicay se observaron números mayores para todas las variables en el punto control, seguido por el punto de salida. En el caso de Ea. La Lucha, los mayores valores luego del control correspondieron al punto de entrada. Por otro lado, el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') mostró valores mayores en los controles excepto en la Ea. La Loma y Ea. Curupicay, donde los mayores valores se observaron en el punto de salida. Por otro lado, el valor de equidad de Pielou (E), varió dependiendo del punto de muestreo. Los índices de calidad de agua basados en la presencia de invertebrados sensibles/resistentes variaron de acuerdo a los puntos de muestreo, dependiendo de los taxa que se utilizan y el valor de sensibilidad que se les otorga a cada uno de ellos. Sin embargo, la variación en niveles



de contaminación dentro de cada punto fue consecuente entre los índices IMRP, IBPAMP y BMWP-Col (Tabla 4).

En todos los sitios, los mayores valores para los índices estimados se observaron en los puntos de control. Dos de los controles indican aguas muy limpias y otros dos poca contaminación o contaminación leve. Los puntos de entrada y salida mostraron valores asociados con poca a fuerte contaminación, y en un caso, se evidenció contaminación muy fuerte de acuerdo al índice IBPAMP y contaminación fuerte de acuerdo a los otros dos índices.

Similitud

De acuerdo al estimador cuantitativo de similitud de Morisita, todos los puntos evaluados y comparados presentaron porcentajes de similitud inferiores al 50%. En Ea. San Roque los puntos que presentaron una mayor similitud en los taxa presentes fueron el punto control con respecto al de salida, y a su vez, éste con respecto al de entrada. Asimismo, los puntos de salida, Saladillo y San Javier presentaron alrededor de un 30% de similitud en cuanto a los taxa encontrados (Figura 7).

Más aún, los taxa encontrados en el punto control fueron individuos sensibles a la contaminación, así como también en la entrada, Saladillo y San Javier. Sin embargo en el punto de salida los taxa observados corresponden a contaminación moderada según el índice BMWP-Col.

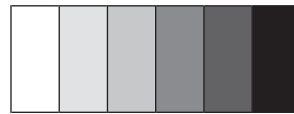
En Ea. La Loma se observó una similitud de más del 30% de los taxa presentes al comparar el punto control con el de salida (Figura 8). Estos a su vez mostraron indicadores de contaminación ligera en el agua. En el caso del sistema de represas de Ea. La Lucha, se observó una similitud de menos del 30% de los taxa entre el punto de entrada y salida de la parcela. El agua en estos puntos se caracterizó por una contaminación moderada a muy contaminada, mientras que el control mostró aguas muy limpias.

En Ea. Curupicay la mayor similitud de taxa se observó entre los puntos control y represa, y entrada y salida de la parcela (Figura 9). Sin embargo, el control presentó taxa muy sensibles a la contaminación indicando la calidad de "aguas muy limpias" con respecto a los otros puntos que mostraron contaminación moderada a alta.

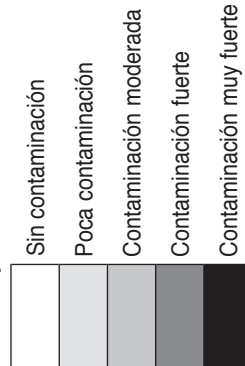
Tabla 4.- Índices de diversidad, abundancia y calidad de agua para cada punto de muestreo en los cuatro sitios evaluados (H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener; E: valor de equidad de Pielou).

| Índice | Ea. San Roque | | | | | Ea. La Loma | | | Ea. La Lucha | | | Ea. Curupicay | | | |
|-----------------------------|---------------|--------|---------|-----------|------------|-------------|--------|---------|--------------|--------|---------|---------------|--------|---------|---------|
| | Entrada | Salida | Control | Saladillo | San Javier | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Represa |
| Familias de invertebrados | 14 | 18 | 20 | 20 | 17 | 6 | 19 | 22 | 13 | 8 | 28 | 8 | 16 | 26 | 13 |
| Familias de insectos | 12 | 11 | 12 | 11 | 12 | 3 | 12 | 9 | 7 | 4 | 16 | 2 | 9 | 17 | 9 |
| Riqueza de taxa | 17 | 28 | 34 | 27 | 21 | 9 | 22 | 24 | 17 | 11 | 35 | 11 | 21 | 32 | 14 |
| Riqueza de taxa de insectos | 15 | 21 | 20 | 15 | 16 | 5 | 14 | 9 | 9 | 7 | 22 | 3 | 10 | 21 | 11 |
| Abundancia total | 70 | 177 | 6458 | 1715 | 539 | 75 | 1441 | 1448 | 131 | 164 | 371 | 381 | 409 | 1260 | 261 |
| Abundancia de insectos | 64 | 111 | 251 | 202 | 114 | 27 | 662 | 588 | 103 | 49 | 210 | 84 | 133 | 433 | 197 |
| H' | 1,75 | 2,06 | 2,64 | 1,25 | 1,35 | 0,68 | 1,66 | 1,36 | 2,25 | 1,03 | 2,78 | 1,49 | 2,48 | 0,65 | 1,96 |
| E | 0,49 | 0,58 | 0,64 | 0,39 | 0,47 | 0,38 | 0,55 | 0,43 | 0,88 | 0,45 | 0,8 | 0,56 | 0,73 | 0,29 | 0,68 |
| Índice IMRP | 5,4 | 4,95 | 4,98 | 5,68 | 4 | 1,43 | 5,88 | 8 | 4,28 | 2,2 | 9,15 | 1,63 | 4,33 | 6,78 | 3,8 |
| Índice IBPAMP | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 | 2 | 8 | 9 | 5 | 4 | 10 | 4 | 6 | 10 | 5 |
| Índice BMWWP-Col | 63 | 55 | 80 | 73 | 69 | 21 | 73 | 87 | 47 | 31 | 109 | 23 | 56 | 110 | 54 |

IMRP



IBPAMP y BMWWP-Col



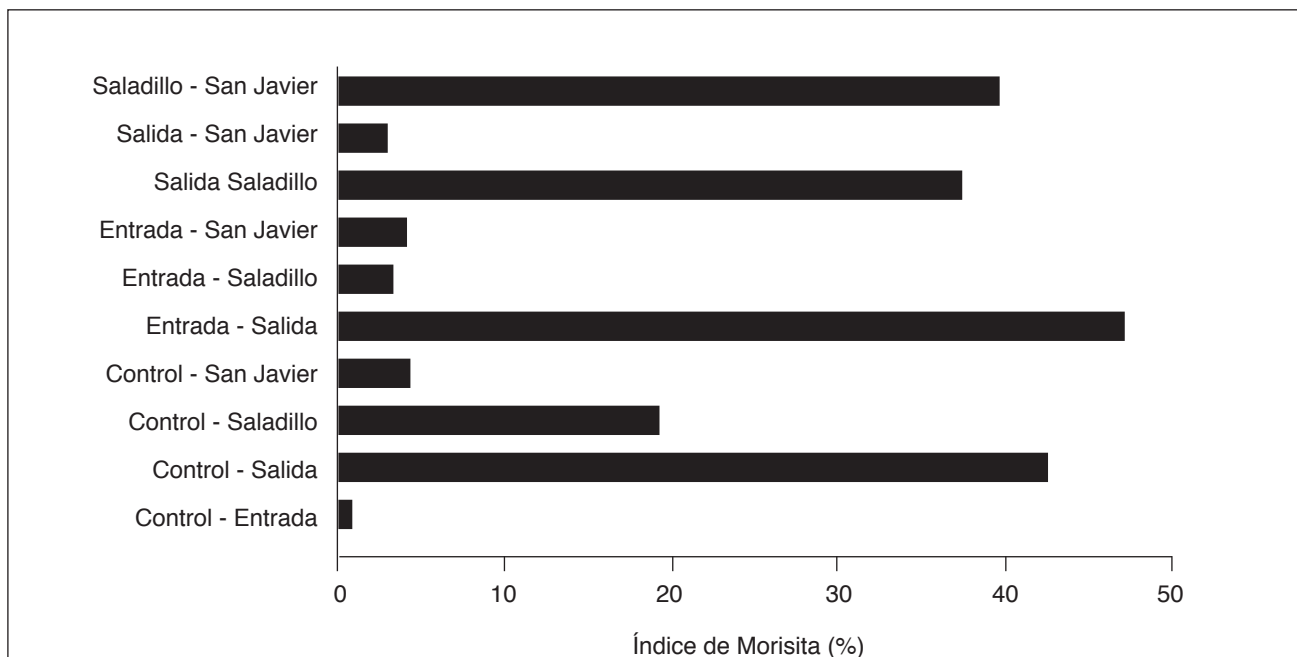


Figura 7.- Similaridad de taxa en Ea. San Roque. Se grafica el Índice de Morisita para los pares de puntos muestreados.

Análisis de familias sensibles a la contaminación orgánica

Los taxa considerados como sensibles para el índice IMRP y encontrados en este estudio pertenecen a las familias y órdenes Polymitarcidae, Decapoda, Baetidae, Caenidae y Odonata (Rodrigues-Capítulo 1999). Asimismo, Rodrigues-Capítulo (2001) considera que para el índice IBPAMP los organismos más sensibles pertenecen al orden Trichoptera, observándose en este estudio el género *Oxyethira* sp.

En los muestreos se encontraron las familias Leptophlebiidae, Dytiscidae y Lampyridae, que son

consideradas por el índice BMWP-Col como algunos de los organismos más sensibles, tomando valores de 9 y 10 (Roldán 2003).

El manual del INTA (Zaccagnini *et al.* 2007) divide a los invertebrados que se encuentran en los campos de cultivo en tres grupos dependiendo de su sensibilidad a la contaminación. Dentro del primer grupo se ubican los organismos más sensibles, pertenecientes a tres órdenes de insectos y un grupo de gasterópodos. Los tres órdenes de insectos reportados por el manual del INTA, Ephemeroptera, Coleóptera y Trichoptera, se encontraron en los muestreos realizados en este estudio.

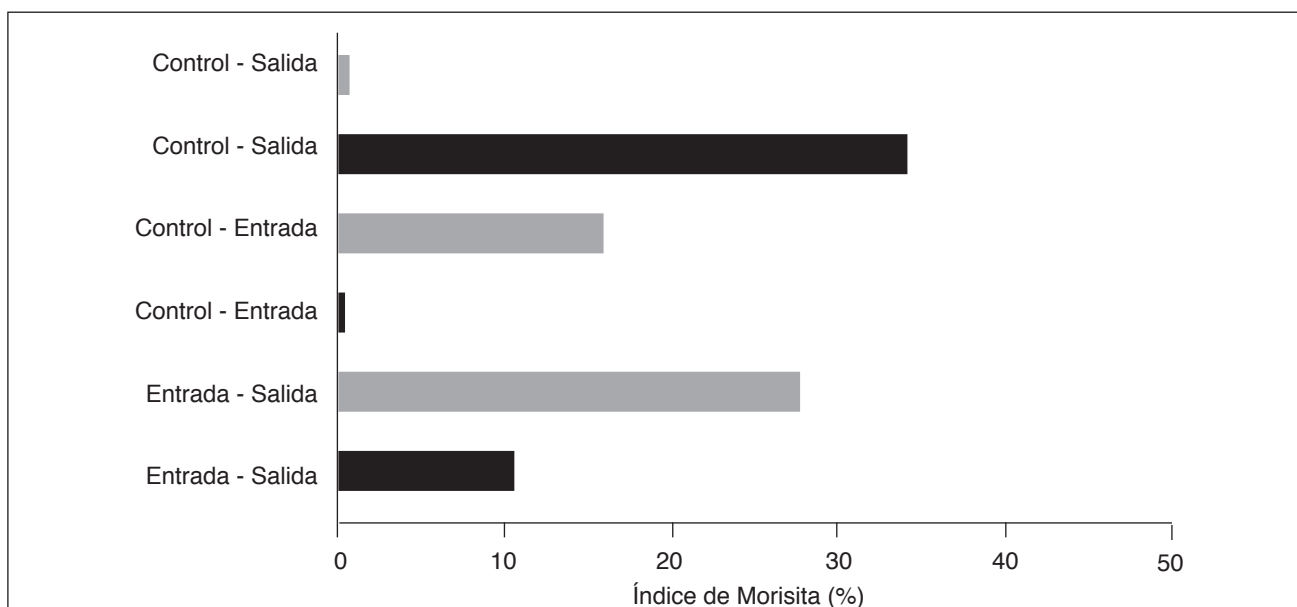
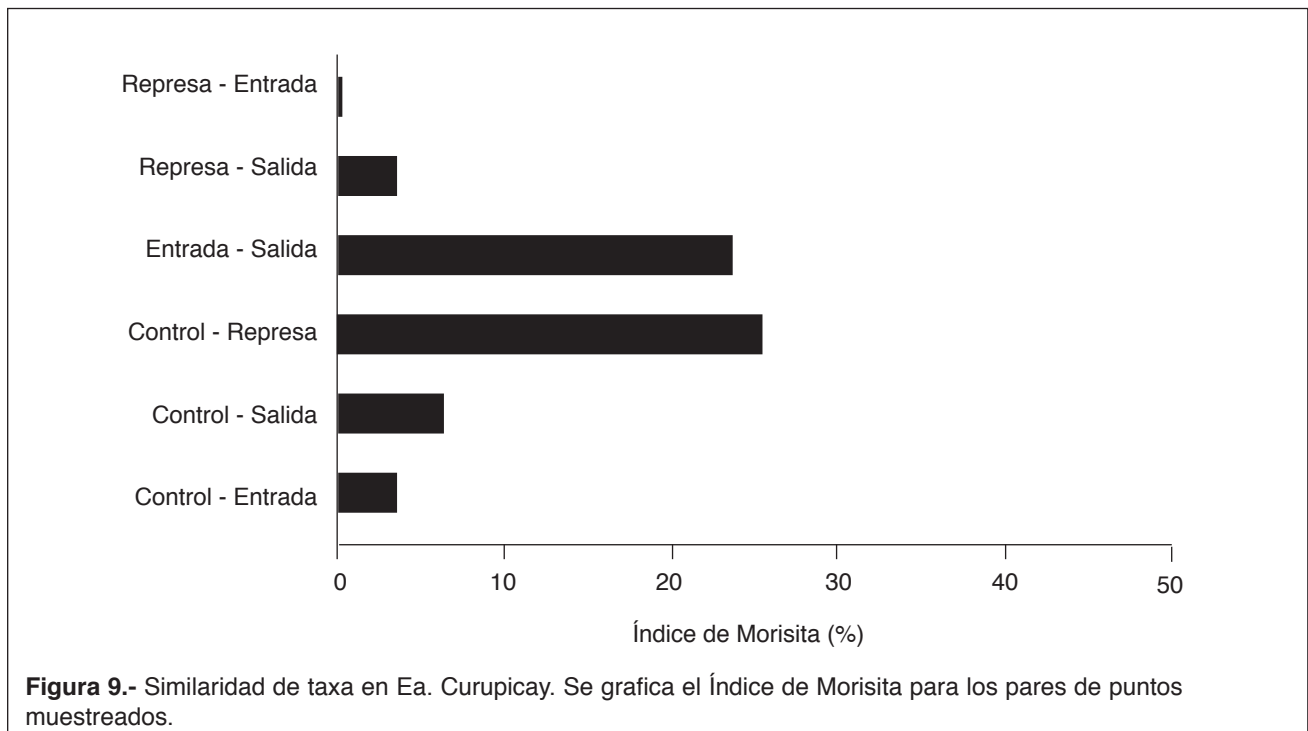


Figura 8.- Similaridad de taxa en las estancias La Lucha (gris) y La Loma (negro). Se grafica el Índice de Morisita para los pares de puntos muestreados.



En los muestreos también se registraron ejemplares pertenecientes a las familias Polymitarcidae, Leptophlebiidae, Pleidae, Corixidae, Libellulidae, Curculionidae, Noteridae, Hydroptilidae y Tipulidae, todas incluidas en los grupos de organismos considerados “sensibles” por De la Lanza (2000).

Estos organismos sensibles pueden ser utilizados como bioindicadores de contaminación por medio de un monitoreo en los arrozales.

Discusión

Las condiciones fisicoquímicas variaron en cada sitio pudiendo condicionar en algunos casos la presencia de ciertos grupos de macroinvertebrados bentónicos, especialmente la temperatura y el pH (Ocon y Rodrigues-Capitulo 2004, Pave y Marchese 2005). Por otro lado, los diferentes sistemas de manejo del agua también parecen afectar la composición de la comunidad de invertebrados. Los valores inferiores de familias y taxa de macroinvertebrados en general e insectos en especial registrados en la entrada del arrozal con respecto a los otros dos puntos en la Ea. La Loma, pueden deberse a que el agua que se extrae de los pozos tuvo una temperatura menor (entre 9-10 °C), pudiendo ser un factor limitante para la colonización de los invertebrados que viven en ese punto.

Los distintos puntos de muestreo mostraron diferencias en cuanto a cantidad y calidad de invertebrados bentónicos encontrados. En los sistemas de riego mediante el uso de represas (Estancias La Lucha y Curupicay) los puntos control registraron, en general, una mayor cantidad de invertebrados y de insectos con respecto a los otros puntos. El hecho de que los insectos se encuentren en mayor cantidad en el punto

control, en todas las muestras, indicaría que la calidad del agua en los otros puntos ha disminuido. Los insectos, a diferencia de otros grupos de invertebrados, son sensibles a los diferentes agroquímicos que se utilizan en los cultivos de arroz, principalmente a los insecticidas (Castillo *et al.* 1997, Martínez 1998, Castillo 2000, Castillo *et al.* 2000, Rizo Patrón 2003, Castillo *et al.* 2006, Rizo-Patrón y Trama 2008). En el caso de otros grupos de invertebrados como los moluscos y los anélidos, estos pueden ser resistentes a los diferentes tipos de contaminación (Roldán 2003).

Para el caso del sistema de riego con pozos de la Ea. La Loma, se destaca que el punto control tiene abundancias de invertebrados y de insectos similares al punto de salida, mientras que la riqueza de familias y de taxa fue menor en este mismo sitio. En esta estancia no había ningún cuerpo de agua separado de la zona de influencia de los arrozales y el punto control escogido no mostró una estructura en la comunidad de invertebrados diferente a la del punto de salida, como se hubiera esperado. Por otro lado, en la zona se observaron cultivos de soja que drenaban al mismo cuerpo de agua, pudiendo contener plaguicidas y otros agroquímicos que frecuentemente se utilizan en ese cultivo (Jergentz *et al.* 2005). Es decir, que el punto que se consideró como control podría estar de alguna forma conectado con los drenajes de los campos de arroz (punto de salida). Otros grupos de invertebrados resistentes a la contaminación estaban presentes, mostrando la posible resistencia a condiciones adversas para ciertos insectos.

Para el caso de los arrozales de la Ea. San Roque, en Santa Fe, los valores más altos de riqueza de familias y de taxa y abundancia en el punto control pueden deberse a que ese lugar sólo se alimenta con agua proveniente de las precipitaciones y presumiblemente no está influenciada por ningún tipo de agroquímico. Por

otro lado, en dicho punto no llega agua de riego desde el río San Javier como en los cultivos de arroz. El Saladillo y el drenaje de los arrozales, de acuerdo a los resultados, tendrían mejores condiciones para el desarrollo de las poblaciones de invertebrados que existen en la zona. En lo que respecta a familias y taxa de insectos, los valores del drenaje son similares a los del punto control. Sin embargo, la cantidad de individuos es baja, lo que indica que el lugar tiene las condiciones para que se desarrollen las poblaciones de insectos de la zona pero hay factores que los afectan evitando que las cantidades sean similares a las del punto control.

Diversidad y abundancia de invertebrados e insectos

La estimación de índices de diversidad en los diferentes puntos de muestreo dejó ver que el cultivo tiene un efecto sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Los controles presentaron una mayor diversidad de invertebrados y valores más equitativos de acuerdo al índice de Pielou, mostrando que en ecosistemas con mejor calidad de agua, la dominancia por pocas especies se da con menor frecuencia y mayor cantidad de especies colonizan simultáneamente (Moreno 2001).

En cuanto a la abundancia, en la Ea. San Roque, la entrada y salida poseen valores similares mostrando que los arrozales no influirían significativamente sobre las poblaciones de invertebrados. Sin embargo, se evidencia que en el control y los otros puntos muestreados las condiciones para el desarrollo de los invertebrados son mejores.

Posiblemente el sitio control, al ser abastecido con agua de lluvia y no tener contacto con otros cuerpos de agua, tenga condiciones fisicoquímicas (profundidad, T y pH) que pueden hacer que la comunidad de macroinvertebrados se desarrolle en mejor forma que en otros cuerpos de agua.

La abundancia de macroinvertebrados en la Ea. La Loma, refleja lo encontrado en los otros análisis donde se evidenció que el punto control es muy similar al punto de salida. Además, la abundancia muestra que las condiciones de temperatura del agua recién extraída de los pozos no permitirían el desarrollo de las comunidades de invertebrados como ocurre en los otros puntos del mismo sistema de riego.

Para el caso de las represas en Entre Ríos (Ea. La Lucha) las condiciones entre la entrada y la salida son similares en lo que respecta a abundancia, lo cual nos indica que los arrozales no influirían de forma significativa sobre las poblaciones de invertebrados que se encuentran en ellos. Sin embargo, al comparar los números de invertebrados de los arrozales con respecto al control, se aprecia que en los arrozales no se dan las condiciones para que haya poblaciones de invertebrados tan abundantes como en el control; y que aun, al no usar insecticidas como indicó el encargado de la estancia, se asume que existe una influencia debido al tipo de hábitat y las condiciones fisicoquímicas. Asimismo, se aprecia una situación similar en el caso de

la Ea. Curupicay, en Corrientes, viéndose reflejado el efecto del tipo de uso incluso en la misma represa.

Invertebrados sensibles y calidad de agua

Durante este estudio se registraron invertebrados considerados sensibles o resistentes a la contaminación orgánica de acuerdo a diferentes autores (De la Lanza 2000, Roldán 2003, Fernandez *et al.* 2006, Zaccagnini *et al.* 2007, Dominguez y Fernandez 2009, Prat *et al.* 2009). De acuerdo a lo anterior se definieron grupos de invertebrados que podrían ser potenciales bioindicadores para el monitoreo de la calidad del agua en la zona de estudio.

| Organismos bioindicadores de la calidad del agua en arrozales de Argentina | |
|--|-------------------------|
| Orden Ephemeroptera | Orden Coleóptera |
| Familia Baetidae | Familia Dytiscidae |
| Familia Caenidae | Familia Lampyridae |
| Familia Leptophlebiidae | Familia Curculionidae |
| Familia Polymitarcidae | Familia Noteridae |
| Orden Odonata | Orden Diptera |
| Familia Gomphidae | Familia Tipulidae |
| Familia Lestidae | Orden Hemiptera |
| Familia Libellulidae | Familia Pleidae |
| Orden Trichoptera | Familia Corixidae |
| Familia Hydroptilidae | Orden Decapoda |
| Nota: Ver láminas de identificación de especies para más detalles acerca de los grupos de macroinvertebrados (Anexo Láminas). | |

Los índices de calidad estimados (BMWP-Col, IMRP y IBPAMP) indican que los puntos de control escogidos tienen una mejor calidad de agua que los otros puntos de muestreo, coincidiendo los resultados obtenidos en los ANOVA para los valores medios de diversidad y abundancia. En Santa Fe, en Ea. San Roque, casi todos los puntos muestran una buena calidad de agua, lo que indica, en un primer lugar, que el manejo del cultivo no está afectando la calidad de las aguas. Asimismo, en los arrozales de la Ea. La Loma el índice muestra que la calidad del agua es buena en la salida, pero no así en la entrada, pudiendo esto deberse a la diferencia que existe en las condiciones fisicoquímicas. En el caso de los dos arrozales con sistema de represas (estancias La Lucha y Curupicay), estos muestran muy buena calidad de agua en los controles con respecto a los otros puntos de muestreo, diferencia que se puede deber a que estos lugares estaban separados por completo de los cuerpos de agua relacionados con los arrozales. Sin embargo, en los puntos de entrada y salida de agua de los arrozales la calidad del agua es baja pudiendo deberse al tipo de manejo que se esté dando. Incluso, esto se refleja en el agua de una de las represas en la Ea.

Curupicay, donde el índice muestra una contaminación moderada. Esto implica que el ecosistema artificial en general reduce la calidad del agua para la presencia de invertebrados sensibles y permite la aparición de organismos resistentes a la contaminación. Esto coincide con lo encontrado en otros trabajos para la zona del Delta del Ebro, Cuba y Costa Rica (Cuppen *et al.* 2000, Curcó *et al.* 2001, Rizo-Patrón 2003, Rizo-Patrón y Trama 2008).

Los índices utilizados (BMWP-Col, IMRP e IBPAMP) mostraron resultados similares en cada punto evaluado. Esto significa que aunque no fueron desarrollados específicamente para arrozceras, han coincidido en varios de los grupos sensibles a la contaminación y a cómo responden a la calidad de agua. El índice BMWP se ha adaptado para Colombia y a partir de ahí se adaptó para Costa Rica teniendo muy buenos resultados en estos dos países (Roldán 1997, Roldán 2003, Mafla 2005). Por este motivo, se recomienda modificar el índice BMWP para Argentina realizando los estudios ecológicos necesarios para poder adaptarlo a estas nuevas condiciones, tal como lo mencionan Rizo-Patrón (2003) y Prat *et al.* (2009).

Es importante mencionar que en Entre Ríos en las estancias La Loma y La Lucha, según los encargados, no se utilizan insecticidas en las parcelas muestreadas porque no tienen problemas con plagas. En cambio, en la Ea. Curupicay sí utilizan insecticidas, pero no fueron aplicados antes de los muestreos, por lo que de realizar muestreos antes y después de la aplicación de los mismos, posiblemente se hubieran observado diferencias entre los valores de diversidad y calidad de agua. Los encargados de las parcelas mencionaron el uso de herbicidas únicamente cuando fuese necesario. Por este motivo se recomienda realizar un seguimiento de los invertebrados en otros arrozales de la zona, antes y después de la aplicación de plaguicidas para observar el efecto a lo largo del tiempo.

Similaridad

De acuerdo a las estimaciones de similaridad con el índice de Morisita, todos los puntos en general presentaron una baja similitud en cuanto a los taxa presentes, lo que implica que la ubicación geográfica, el sistema de riego y/o el cultivo de arroz y los ecosistemas asociados tienen un efecto sobre los invertebrados que pueden colonizar el sitio y desarrollarse. Además, la calidad de agua condiciona la presencia de taxa sensibles y/o resistentes a la contaminación en todos los puntos de muestreo; es decir, una mejor calidad de agua permite el establecimiento de organismos sensibles y una baja calidad de agua favorece un establecimiento de organismos resistentes. Es por ello que la comparación entre los sitios de muestreo con diferentes calidades de agua explicaría en parte por que existe una baja similaridad entre algunos de los sitios de muestreo.

Manejo de los sistemas de agua

De acuerdo a lo observado en todos los sistemas de manejo del agua, es necesario aclarar que el sistema de represas es el que consideramos permite la reutilización del agua sin derrochar lo que no se necesita. Sin embargo, requiere una amplia zona de inundación en la cual varios ecosistemas de espinal y de Esteros del Iberá se ven afectados. Según los trabajadores del arroz, el sistema de pozos implica la extracción de agua del acuífero en forma continua durante las 24 horas, produciendo que se agoten con el tiempo y que haya que realizar nuevos pozos. En otros países las parcelas de arroz se encuentran niveladas y el riego se controla con compuertas (Blázquez 2005), pudiendo así controlar el uso del agua de una forma más eficiente sin correr el riesgo de agotar recursos subterráneos.

Por otro lado, el uso de agua de pozo implica la liberación de agua en zonas donde no debería existir

Toma de agua del río San Javier para riego de arroz de la Ea. San Roque en Entre Ríos.



naturalmente, provocando además un cambio en la hidrología de los cuerpos de agua asociados a los arrozales, con el resultado adicional de la liberación de los agroquímicos que han sido utilizados en el cultivo. Además, el no tener una parcela nivelada puede provocar la pérdida de suelos debido a la erosión por el agua; con lo cual, se considera que de incluir los costos ambientales de la pérdida de suelos y agotamiento de los acuíferos en el análisis de costo-beneficio para decidir si nivelar o no las parcelas, es probable que la balanza se incline hacia la nivelación del suelo. Como se menciona en Blázquez (2005) la nivelación de la parcela permite utilizar el manejo de la lamina de agua con el fin de no agotar los recursos subterráneos, manejar las malezas desde etapas tempranas del cultivo, y además, colabora en el control de plagas como la chinche (observada en Corrientes).

El tipo de manejo de agua que se utiliza en el caso de las arrozceras de la Estancia San Roque implica su extracción directamente del río y su posterior liberación, sin tratamiento, aguas arriba de la zona de captación, lo que favorece el restablecimiento de parte del caudal extraído pero incluye la liberación de agroquímicos que posiblemente ingresen nuevamente a la parcela además de influir en el cuerpo de agua natural.

La aplicación de los agroquímicos en los sistemas de arrozal afecta a algunas de las condiciones fisicoquímicas tanto en el sistema propiamente dicho como en los cuerpos de agua a los cuales desembocan los drenajes. Estos cambios afectarían consecuentemente la integridad de los atributos ecológicos de los sistemas naturales acuáticos y terrestres asociados. El concepto de bioindicador, aplicado a la evaluación de calidad de agua, se puede definir como una especie, población o comunidad, que tiene requerimientos de hábitat específicos de modo tal que la ausencia, o los cambios en número de individuos, morfología, fisiología o comportamiento indican una variación en el ambiente en el que pueden desarrollarse (Mohammad *et al.* 2005). Es por esto que los macroinvertebrados son muy buenos bioindicadores y pueden utilizarse para detectar cambios en los agroecosistemas de arroz o cuerpos de agua asociados a los mismos.

Conclusiones y recomendaciones

- 1) Los cultivos de arroz son agroecosistemas donde se dan las condiciones necesarias para que ciertos grupos de macroinvertebrados acuáticos se desarrollen. Sin embargo, estos grupos también están condicionados por el tipo de manejo del agua, el ecosistema natural asociado y el tipo de agroquímicos que se aplican en estos cultivos.
- 2) Los macroinvertebrados mostraron que son muy buenos indicadores para ser utilizados en los arrozales del noreste argentino debido a la presencia de grupos sensibles y resistentes a la contaminación. Se recomienda utilizar la ficha generada como parte de este proyecto (ver Anexo Láminas) para

comenzar con un monitoreo que permita evaluar en el tiempo los efectos positivos o negativos del cultivo. Se recomienda además realizar otros muestreos para obtener más información sobre los invertebrados de los arrozales en diferentes etapas del cultivo de arroz.

- 3) Los índices, tanto de calidad de agua como los que explican la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados (riqueza de familias, taxa de invertebrados e insectos, abundancia, diversidad y equidad) pueden ser utilizados para comparar los diferentes sitios muestreados o momentos específicos durante el cultivo (por ejemplo: antes, durante y después del cultivo de arroz). Es necesario, además, siempre comparar con un punto de referencia (control), que puede ser un humedal natural, curso de agua o laguna relativamente cercana, pero que no se encuentre en contacto, al menos de forma superficial, con los arrozales a evaluar.
- 4) La similaridad es una medida que puede utilizarse para comparar sitios de acuerdo a la composición de taxa, en este caso de macroinvertebrados. Para el caso de los arrozales, el estado ideal sería lograr una similaridad con un humedal natural que presente un alto porcentaje de organismos indicadores de buena calidad de agua. Al mejorar las prácticas agronómicas es posible aumentar la calidad del agua y así propiciar el establecimiento de una mayor cantidad de organismos indicadores de buenas condiciones.
- 5) El manejo del agua debería ser monitoreado para evitar la explotación desmedida de los acuíferos, sobre todo en aquellos cultivos de arroz que se riegan con agua subterránea, donde cada cierto tiempo deben realizarse nuevos pozos para abastecer las necesidades de riego. Los acuíferos deben recargarse para que el recurso no se pierda, al menos localmente. En algunos casos se observó que el agua es extraída de forma casi permanente. Asumiendo que la tasa de extracción es mayor que la de recarga natural, se recomienda un cambio en la estrategia de riego de las parcelas. La nivelación del terreno y el manejo de niveles de agua puede ayudar a no perder el suelo y a conservar el recurso hídrico de una forma más eficiente.
- 6) La construcción de represas para el riego de los cultivos de arroz implica una pérdida de hábitat considerable, que afecta a ambientes nativos tales como el Espinal y los Esteros del Iberá. Si bien mediante este sistema de riego se evita la sobreexplotación de los acuíferos, resulta necesario reducir al mínimo el uso de agroquímicos para evitar la eutrofización creciente en las represas y la posible contaminación de los acuíferos que estos cuerpos de agua recargan.
- 7) En aquellas arrozceras donde se drena parte del agua del cultivo a los humedales naturales, es necesario realizar algún tipo de tratamiento previo del agua de drenaje. Se recomienda la instalación de sistemas de humedales artificiales para su tratamiento, previo a

su liberación en cualquier curso natural o artificial. En muchos sitios existen sistemas que permiten ir limpiando las aguas luego de ser utilizadas y antes de ser reutilizadas para otro cultivo. En este sentido, se puede mejorar la calidad del agua y de esta forma contribuir a la conservación de la biodiversidad local.

en paisajes fluviales rurales y urbanos en subcuencas del río Carcarañá, Pcia. Córdoba. Rev. Univ. Nac. Río Cuarto. 25(2): 125-142.

Referencias bibliográficas

- Acosta, M., L. Mugica, D.E. Blanco, B. López-Lanús, R. Antunes Dias, L.W. Doodnath y J. Hurtado. 2010. Birds of Rice Fields in the Americas. En Elphick, C.S., K.C. Parsons, M. Fasola y L. Mugica (eds.): Ecology and conservation of birds in rice fields. A global review: 105-122. Waterbirds 33 (Special Publication No. 1).
- Alba-Tercedor, J. y S. Sánchez-Ortega. 1998. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de hellawell (1978). Limnetica 4: 51-56.
- Bambaradeniya, C.N.B. y F.P. Amarasinghe. 2003. Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in asian countries: a brief review. Colombo, Sri Lanka.
- Blanco, D.E., B. López-Lanús, R. Antunes Dias, A. Azpiroz y F. Rilla. 2006. Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Blázquez, M. 2006. El manejo del riego en el cultivo de arroz. OTS. San José, Costa Rica.
- Castillo, L.E. 2000. Pesticide impact of intensive banana production on aquatic ecosystems in Costa Rica. Stockholm University. Stockholm, Sweden. Ph.D: 18.
- Castillo, L.E., E. De la Cruz y C. Ruepert. 1997. Ecotoxicology and pesticides in tropical aquatic ecosystems of Central America. Environ Toxicol Chem 16: 41-51.
- Castillo, L.E., E. Martínez, C. Ruepert, C. Savage, M. Gilek, M. Pinnock y E. Solis. 2006. Water quality and macroinvertebrate community response following pesticide applications in a banana plantation, Limon, Costa Rica. Science of the Total Environment 367: 418-432.
- Castillo, L.E., C. Ruepert y E. Solis. 2000. Pesticide residues in the aquatic environment of banana plantation areas in the North Atlantic zone of Costa Rica. Environ Toxicol Chem 19: 1942-1950.
- Chao, A. y T.-J. Shen. 2009. User's Guide for Program SPADE. Species Prediction And Diversity Estimation. <http://chao.stat.nthu.edu.tw/softwareCE.html>.
- Corigliano, M., C. Gualdoni, A.M. Oberto y G.B. Raffaini. 2005. Distribución altitudinal de macroinvertebrados en paisajes fluviales rurales y urbanos en subcuencas del río Carcarañá, Pcia. Córdoba. Rev. Univ. Nac. Río Cuarto. 25(2): 125-142.
- Cuppen, J.G., P.J. Van den Brink, E. Camps, K.F. Uil y T.C. Brock. 2000. Impact of the fungicide carbendazim in freshwater microcosms. I. Water quality, breakdown of particulate organic matter and responses of macroinvertebrates. Aquat Toxicol 48(2-3): 233-250.
- Curcó, A., A. Canicio, M.A. Escolano, E. Fores, C. Ibáñez, P. Luque y X. Riera. 2001. Mejora de la gestión del hábitat en la Zepa del Delta del Ebro (Cataluña, España). Cataluña, SEO/Birdlife: 151.
- De la Lanza, G. 2000. Criterios generales para la elección de bioindicadores. En de la Lanza, G. S. Hernández y J.L. Carvajal (comps.): Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). SEMARNAT, CNA, UNAM, Instituto de Biología, México, pp. 17-42.
- Dominguez, E. y H.R. Fernández. 1998. Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico. Serie Conservación de la Naturaleza 12: 1-40.
- Dominguez, E. y H. Fernández. 2009. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.
- Dominguez, E., M.C. Zuñiga y C. Molineri. 2002. Estado actual del conocimiento y distribución del orden ephemeroptera (insecta) en la región amazónica. Caldasia 24(2): 459-469.
- Elphick, C.S. 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats. Conservation biology 14(1): 181-191.
- FAO. 2004. All about rice. <http://www.fao.org/rice2004/en/aboutrice.htm>
- Fernandez, H.R., E. Domínguez, F. Romero y G. Cuezco. 2006. La calidad del agua y la bioindicación en los ríos de montaña del Noroeste Argentino. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.
- Fernandez, H.R., F. Romero y E. Dominguez. 2009. Intermountain basins use in subtropical regions and their influences on benthic fauna. River Research and Applications 25(2): 181-193.
- 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. Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. Licenciatura: 69. San José, Costa Rica.
- Fernández-Valiente, E. y A. Quesada. 2004. A shallow water ecosystem: rice-fields. The relevance of

- cyanobacteria in the ecosystem. *Limnetica* 23(1-2): 95-108.
- Figueroa, R., A. Palma, V. Ruiz y X. Niell. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 225-242.
- Figueroa, R., C. Valdovinos, E. Araya y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285.
- Forés, E. y F.A. Comín. 1992. Ricefields, a limnological perspective. *Limnetica* 10: 101-109.
- Gómez, N., M.V. Sierra, A. Cortelezzi y A. Rodríguez-Capítulo. 2008. Effects of discharges from the textile industry on the biotic integrity of benthic assemblages. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 69: 472-479.
- González-Solís, J. y X. Ruiz. 1996. Succession and secondary production of gastropods in the Ebro Delta ricefields. *Hydrobiologia* 337: 85-92.
- Graça, M.S.A., A. Rodrigues-Capítulo, C. Ocón y N. Gómez. 2002. In situ tests for water quality assessment: a case study in Pampean rivers. *Water Research* 36: 4033-4040.
- Gualdoni, C.M. y M. Corigliano. 1991. El ajuste de un índice biótico para uso regional. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto* 11(1): 43-49.
- Halwart, M. 2004. Aquatic biodiversity in rice fields. Italy, Inland Water Resources and Aquaculture Service. Fisheries Department. FAO: 2.
- Iriondo, M.H., J.C. Paggi y M.J. Parma (eds.). 2007. The middle Paraná river: Limnology of a subtropical wetland. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag. 382 pp.
- Jergentz, S., H. Mugni, C. Bonetto y R. Schulz. 2005. Assessment of insecticide contamination in runoff and stream water of small agricultural streams in the main soybean area of Argentina. *Chemosphere* 61(6): 817-826.
- Lopretto, C.E. y G. Tell. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. (3 tomos), 1401 pp.
- Mafla, M.H. 2005. Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano, Talamanca - Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP - CR -Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP-Stream Visual Assessment Protocol). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Manugistics. 1997. Statgraphics plus 3.1. Manugistic Inc. USA.
- 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. Escuela de Ciencias biológicas. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Licenciatura en Biología: 89.
- Miserendino, M.L. 2009. Effects of flow regulation, basin characteristics and land-use on macroinvertebrate communities in a large arid Patagonian river. *Biodiversity and Conservation* 18(7): 1921-1943.
- Miserendino, M.L., C. Brand y C.Y. Di Prinzio. 2008. Assessing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). *Water Air and Soil Pollution* 194(1-4): 91-110.
- Miserendino, M.L. y L.A. Pizzolón. 1999. Rapid assesment of river water quality using macroinvertebrates: A family level biotic index for the Patagonic andean zone. *Acta Limnológica Brasillensia* 11(2): 137-148.
- Mohammad, H., B. Zabeh, C.R. Garza, A.V. Garza y F.J. Landeros. 2005. Los indicadores biológicos en la Evaluación de la contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados. *CULCyT* 6: 4-20.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- Moya, N., S. Tomanova y T. Oberdorff. 2007. Initial development of a multi-metric index based on aquatic macroinvertebrates to assess streams condition in the Upper Isiboro-Secure Basin, Bolivian Amazon. *Hydrobiologia* 589: 107-116.
- Neiff, A.P. y R. Carignan. 1997. Macroinvertebrates on *Eichhornia crassipes* roots in two lakes of the Paraná River floodplain. *Hydrobiologia* 345: 185-196.
- Ocon, C.S. y A. Rodrigues-Capítulo. 2004. Presence and abundance of Ephemeroptera and other sensitive macroinvertebrates in relation with habitat conditions in pampean streams (Buenos Aires, Argentina). *Archiv für Hydrobiologie* 159(4): 473-487.
- Paggi, A.C. y M. Donato. 2007. Redescrición de la hembra de *Oliveiriella almeidai* (Chironomidae: Orthoclaadiinae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 66(3-4): 155-158.
- Pave, P.J. y M. Marchese. 2005. Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 15: 183-197.
- Pennak, R. 1978. Freshwater invertebrates of the United States. 2nd Edition, Wiley-Interscience. New York. 803 pp.

- Pennak, R.W. 1989. Freshwater invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca. 3rd Edition. John Wiley and Sons. New York, USA. 768 pp.
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta y M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En Domínguez E. y H. Fernández (eds.): Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Tucuman, Argentina, Fundación Miguel Lillo: 654.
- Principe, R.E. y M.D. Corigliano. 2006. Benthic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a lowland river: Temporal and spatial variations and size structure. *Hydrobiologia* 553: 303-317.
- Rizo-Patrón, F. 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. Universidad Nacional. *Magister Scientiae*: 91. Heredia, Costa Rica.
- Rizo Patrón, F. 2003. Monitoreo de los arrozales del Proyecto Tamarindo: estudio de los agroquímicos y macroinvertebrados bentónicos en relación al Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. Seminario técnico "Restauración y conservación de ecosistemas en la cuenca baja del Río Tempisque: hacia una perspectiva de manejo integrado", Estación Biológica Palo Verde, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica, OTS.
- Rizo-Patrón, F. y F.A. Trama. 2008. Contaminantes agrícolas y sus efectos sobre la vida silvestre en arrozales de Costa Rica. En de la Balze, V.M. y D.E. Blanco (eds.): Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arrozceras del Cono Sur. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. <http://www.wetlands.org/LatinAmerica/Sp/index.aspx>
- Rodriguez-Capítulo, A. 1999. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de ambientes lóticos en el área pampeana. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 58(1-2): 208-217.
- Rodriguez-Capítulo, A., M. Tangorra y C. Ocón. 2001. Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina. *Aquatic Ecology* 35: 109-119.
- Roldán, G.A. 1988. Guía Para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia, Fondo FEN-Colombia. Colciencias-Universidad de Antioquia. Ed. Presencia Ltda. Bogotá, Colombia. 210 pp.
- Roldán, G.A. 1997. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua. Seminario "Invertebrados acuáticos y su utilización en estudios ambientales", Universidad Nacional de Colombia, Sociedad Colombiana de Entomología / Universidad Nacional de Colombia.
- Roldán, G.A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Rosenberg, D. y V. Resh. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall. New York, USA. 488 pp.
- Sanchez-Bayo, F. y K. Goka. 2006. Influence of light in acute toxicity bioassays of imidacloprid and zinc pyriithione to zooplankton crustaceans. *Aquatic Toxicology* 78 262-271.
- Tangorra, M., C. Ocon y A. Rodríguez-Capítulo. 2000. Aplicación de índices bióticos en cuerpos lóticos Pampásicos. *Actas XVIII Congreso Nacional del Agua*. Santiago del Estero, Argentina: 101-109.
- Torres, P.L.M., S.A. Mazzucconi y M.C. Michat. 2007. Los coleópteros y heterópteros acuáticos del Parque Nacional El Palmar (Provincia de Entre Ríos, Argentina): lista faunística, diversidad y distribución. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 66(3-4): 127-154.
- Tripole, S., E.A. Vallania y M. Corigliano. 2008. Benthic macroinvertebrate tolerance to water acidity in the Grande river sub-basin (San Luis, Argentina). *Limnetica* 27(1): 29-38.
- Zaccagnini M.E., Decarre J., Goijman A., Suárez R., Solari ., De Carli R., Calamari N., Bernardos J. y J.L. Panigatti. 2007. Monitoreo ambiental en establecimientos agropecuarios. 1° Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina. 200 pp.

| TAXA | Ea. San Roque | | | | | Ea. La Loma | | | Ea. La Lucha | | | Ea. Curupicay | | | |
|------------------------------------|---------------|--------|---------|------------|-----------|-------------|--------|---------|--------------|--------|---------|---------------|--------|---------|---------|
| | Entrada | Salida | Control | San Javier | Saladillo | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Represa |
| Annelida | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oligochaeta | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | | | ● | | ● | | | | ● | | | ● | ● | ● | |
| <i>Sp. 2</i> | | | | | | ● | ● | | ● | | | | ● | | |
| Hirudinea | | | | ● | | | | ● | | | ● | ● | | | |
| Mollusca | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mollusca: Gastropoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| Basommatophora | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ancyliidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gundlachia sp.</i> | | | | | ● | | | ● | | | ● | | | | |
| Planorbidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Biomphalaria sp.</i> | | | ● | ● | ● | | ● | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| <i>Drepanotrema depressissimum</i> | | | ● | | | | ● | ● | ● | ● | | ● | | | |
| Mesogastropoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ampullariidae/Pilidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pomacea flagellata</i> | | ● | | | | ● | | ● | | | | ● | ● | ● | |
| Hydrobiidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Heleobia sp.?</i> | | | | | | | | ● | | | | | | | |
| Physidae | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Thiaridae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Melanooides tuberculata</i> | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| Mollusca: Bivalvia | | | | | | | | | | | | | | | |
| Veneroidea | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sphaeriidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eupera sp.</i> | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| Insecta | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ephemeroptera | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Caenis sp.</i> | ● | | | | | | | ● | | | ● | | ● | ● | ● |
| Baetidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Baetis sp.</i> | ● | ● | ● | | | | ● | ● | | | ● | | ● | ● | ● |
| Polymitarcidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Campsurus sp.</i> | | | | | | | | ● | | | | | | | |
| Leptophlebiidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulmeritoides sp.</i> | | | | | | | | | | | | | | ● | |
| Hemiptera | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp 1</i> | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| <i>Sp 2</i> | | | | | | | | | | | ● | | | | |
| <i>Sp 3</i> | | | | | | | | | | ● | | | | | |
| Pleidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Neoplea sp.</i> | ● | | ● | | ● | | ● | | | | ● | | | ● | ● |
| Belostomatidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lethocerus sp.</i> | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | | ● | | ● | ● | ● |
| Corixidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ectemnostega sp.</i> | ● | ● | ● | | | | ● | | | | | | | | |
| <i>Tenagobia sp.</i> | | | | | | | ● | | | | ● | | | ● | |
| Macroveliidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chepuvelia sp.</i> | | | | | | | | | | ● | | | | | |
| Odonata | | | | | | | | | | | | | | | |
| Libellulidae | | | | | | | | | | | | | | | |

| TAXA | Ea. San Roque | | | | | Ea. La Loma | | | Ea. La Lucha | | | Ea. Curupicay | | | |
|---------------------------|---------------|--------|---------|------------|-----------|-------------|--------|---------|--------------|--------|---------|---------------|--------|---------|---------|
| | Entrada | Salida | Control | San Javier | Saladillo | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Represa |
| <i>Sp. 1</i> | | | ● | ● | ● | | ● | | ● | | ● | | | ● | ● |
| Aeshnidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anax sp.</i> | ● | | ● | | | | | | | | ● | | | ● | |
| Protoneuridae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoneura sp.</i> | | | | | | | | | | | ● | | | | |
| Coenagrionidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Argia sp.</i> | | | | | | | | | | | ● | | | | |
| <i>Acanthagrion sp.</i> | | | | ● | ● | | ● | ● | | | ● | | ● | ● | ● |
| <i>Leptobasis sp.</i> | | | ● | | | | | | | | | | | | |
| Coleoptera | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Curculionidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | ● | ● | | ● | ● | | ● | | | | | | ● | ● | ● |
| <i>Sp. 2</i> | ● | ● | | ● | ● | | | | | | | | | ● | |
| Dytiscidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | | | ● | ● | | | | ● | | ● | ● | | | ● | |
| <i>Sp. 2</i> | | | ● | | | | ● | | | | | | ● | | |
| <i>Sp. 3</i> | | ● | | | ● | | | | | | | | ● | | |
| <i>Sp. 4</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 5</i> | | ● | | | | | | | | | ● | | | | |
| <i>Sp. 6</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 7</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 8</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 9</i> | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 10</i> | | | ● | | | | | | | | ● | | | | |
| Halplidae | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| <i>Halplus sp.</i> | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| Lampyridae | ● | | | | | | | | | ● | | | | | |
| Noteridae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Suphis sp. 1</i> | | ● | ● | | ● | | | | | | | | | | |
| <i>Suphis sp. 2</i> | | | ● | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hydrocanthus sp. 1</i> | | | ● | | ● | | | | | | ● | | | | ● |
| <i>Hydrocanthus sp. 2</i> | ● | ● | | ● | ● | | | | | | | | | | |
| <i>Hydrocanthus sp. 3</i> | | | ● | | | | | | | | | | | ● | ● |
| <i>Notomicrus sp.</i> | ● | ● | ● | | | | | | | | ● | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| Hydrochidae | | ● | ● | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hydrochus sp.</i> | | ● | ● | | | | | | | | | | | ● | |
| Hydrophilidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tropisternus sp.</i> | | ● | ● | ● | ● | | ● | | | ● | | | | ● | ● |
| <i>Derralus sp.</i> | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | | | | | | |
| <i>Berosus sp.</i> | | | | ● | | | ● | | ● | ● | | ● | ● | | |
| <i>Sp. 1</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 2</i> | | | | | | | | | | | | ● | | | |
| Subflia. Hydrophilinae | | | ● | | | | | | | ● | | | | | |
| Scirtidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| Staphylinidae | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Trichoptera | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hydroptilidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oxyethira sp.</i> | | | | | | | ● | ● | | | ● | | | ● | ● |
| Diptera | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | | | | | | ● | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 2</i> | | | | | | ● | | | | | | | | | |

| TAXA | Ea. San Roque | | | | | Ea. La Loma | | | Ea. La Lucha | | | Ea. Curupicay | | | |
|--|---------------|--------|---------|------------|-----------|-------------|--------|---------|--------------|--------|---------|---------------|--------|---------|---------|
| | Entrada | Salida | Control | San Javier | Saladillo | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Entrada | Salida | Control | Represa |
| <i>Sp. 3</i> | | | | | | | | | | | | | | ● | |
| <i>Sp. 4</i> | | | | | | | | | | | ● | | | | |
| <i>Sp. 5</i> | | | | | | | | | | | ● | | | | |
| <i>Sp. 6</i> | | | | | | | | | ● | | ● | | | | |
| Ceratopogonidae | | | | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | | ● | | |
| Chironomidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tanypodinae | | ● | | | | | ● | | | | | | | | |
| Chironominae | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | | |
| Tabanidae | | | | ● | | | | | | | ● | | | | |
| Culicidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Culicinae sp.1 (Anopheles sp.?)</i> | ● | ● | | | | | | | | | | | | ● | |
| <i>Culicinae sp.2 (Culex sp.?)</i> | | | | | | | | | | | | | | ● | |
| Stratiomyidae | | | | ● | | | | | ● | | ● | | | | |
| Ephydriidae | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| Tipulidae | | | | | | ● | | | ● | | | | | ● | |
| Aracnida | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acari/Acarina | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acaridae ? | | ● | ● | | ● | | ● | | ● | ● | | | ● | | |
| <i>Sp.1</i> | | ● | ● | | ● | | | | | | | | | | |
| <i>Sp.2</i> | | | ● | | ● | | | | | ● | | | ● | | |
| <i>Sp.3</i> | | | ● | | ● | | ● | | ● | | | | ● | | |
| <i>Sp.4</i> | | | ● | | | | | | | | | | | | |
| Crustacea | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cladocera | | | | | | | | | | | | | | | |
| Daphniidae | | ● | ● | | ● | | ● | ● | | | ● | | | ● | ● |
| Copepoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| O. Eucopepoda | | ● | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | | ● | |
| Cyclopidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyclops sp. | | ● | ● | | ● | | ● | | ● | | ● | | | ● | |
| Ostracoda (Podocopida) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyprididae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chlamidotheca incisa</i> | | ● | ● | | | | ● | ● | | | ● | | ● | ● | |
| <i>Strandesia bicuspis bicuspis</i> | | | ● | | | | | | | | | ● | | ● | |
| Lymnocytheridae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cypridopsis sp.</i> | | | | | | | | | | ● | | | ● | | |
| <i>Cytheridella argentinensis</i> | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | | | ● | | ● | | | ● | | | | ● | ● | ● | |
| <i>Sp. 2</i> | | | | | | ● | | | | | | | ● | | |
| <i>Sp. 3</i> | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| Isopoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp. 1</i> | ● | ● | | | | | | | | | | | | | |
| Amphipoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hyalellidae | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hyallela sp.</i> | | ● | ● | ● | ● | | | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Decapoda | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp.1</i> | ● | | | | ● | | | | | | | | | | |
| <i>Sp.2</i> | | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| <i>Sp.3</i> | | | | | | ● | | | | | | | | | |
| Conchostraca | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sp.1</i> | ● | | | | | | | | | | | | | ● | ● |

Fauna íctica que habita las arroceras del noreste de Argentina

Priscilla Minotti

Laboratorio de Ecología, Teledetección y Ecoinformática (LETyE), 3iA Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de General San Martín (UNSAM). Email: pminotti@unsam.edu.ar

Introducción

Los peces forman parte integral de la fauna de las arroceras (Bambaradeniya y Amerasinghe 2003). En el sudeste asiático, esta biodiversidad es altamente reconocida como la fuente principal de proteína, y los cambios en las modalidades de cultivo de arroz afectan directamente a la seguridad alimentaria de los trabajadores de las arroceras (Fernando 1996). En occidente, las comunidades de peces son más reconocidas por su valor de información, habiéndose desarrollado diversos índices que permiten cuantificar o predecir el estado de salud o integridad biótica de los ecosistemas acuáticos (Karr *et al.* 1986, Naiman y Decamps 1997). En nuestro país el uso de atributos de la comunidad de peces como herramienta de monitoreo ambiental de las actividades agropecuarias es incipiente (Hued y Bistoni 2005), y para el caso particular de las arroceras, no se cuenta con antecedentes sobre las especies que pueden llegar a colonizar y mantenerse en estos ecosistemas agrícolas.

El objetivo de este capítulo es analizar la composición del ensamble de peces que habita las arroceras del noreste de Argentina, de acuerdo a indicadores de

riqueza taxonómica y funcional, explorando su utilidad para monitorear las condiciones de estos agroecosistemas bajo distintas modalidades de riego. Estos resultados contribuyen con información inédita sobre la ictiofauna que habita las arroceras del área de estudio.

Área de estudio y metodología

Los muestreos ictiológicos se realizaron durante la temporada de primavera-verano 2009-2010. Se visitaron los siguientes establecimientos arroceros representativos de distintas modalidades de riego (para más detalle acerca del área de estudio ver Capítulo 2):

- Estancia San Roque (Santa Fe): riego con agua del río San Javier.
- Estancia Curupicay (Corrientes): riego con agua de embalses.
- Estancia La Lucha (Entre Ríos): riego con agua de embalses de baja pendiente.
- Estancias próximas a los parajes La Querencia y El Redomón (Entre Ríos): riego con agua de pozo.

Muestreo de peces con red agallera en el río San Javier, Ea. San Roque (Santa Fe).



En cada establecimiento se localizaron estaciones de muestreo sobre la red de riego, representando los ambientes acuáticos de las arrozceras y su conectividad hidrológica. En el Anexo I se detalla la localización geográfica y la fecha de los muestreos realizados.

Para seleccionar los sitios de muestreo, primero se estudiaron en el campo los circuitos seguidos por el agua de riego y luego se identificaron los distintos tipos de ambientes acuáticos de las arrozceras (Tabla 1). Se elaboró una tipología *ad hoc* teniendo en cuenta la posición topográfica relativa, las características hidráulicas y la vinculación con la hidrografía natural del terreno. Se incluyeron también sitios de referencia, para lo cual se buscaron ambientes con nula o baja vinculación hidrológica con las arrozceras sembradas en la campaña 2009-2010.

Adicionalmente, se realizó una caracterización ambiental rápida de las distintas tipologías de ambientes para cada modalidad de riego en función de las principales condiciones de habitabilidad para los peces. En la Tabla 2 se describen los atributos hidrogeomorfológicos y limnológicos relevados y su significado para los peces. Por las características del estudio no se realizaron determinaciones de contaminantes en agua ni en el sustrato. De acuerdo a los encargados de los distintos establecimientos, las arrozceras recibieron las aplicaciones de herbicidas previo al inicio del riego, y las de fertilizantes (aéreas), antes o durante el periodo de visita. En ninguno de los casos hubo aplicación de agroquímicos para control de plagas animales.

Para obtener una adecuada representatividad de la estructura de la comunidad de peces, se practicaron muestreos semi-cuantitativos con diversos artes de pesca, ajustados a las características hidromorfológicas e hidráulicas de los ambientes, teniendo en cuenta las probabilidades de captura de peces de distinto tamaño y requerimientos ecológicos (Tabla 3). La unidad de esfuerzo de muestreo multi-arte combinó lances de 5-10 m lineales con red de arrastre costera dependiendo de las dimensiones del ambiente acuático, tendido de agalleras por 2 horas en las zonas donde no se podía hacer pie y pasadas de 20 golpes de copos de mano

entre la vegetación y sobre los taludes de las orillas. Los días con lluvia o garúa, ambientes con profundidades mayores a 1 m y fondos muy blandos con más de 40 cm de sustrato no consolidado, imposibilitaron el uso de equipo de pesca eléctrica portátil, considerado por muchos autores como el arte de muestreo cuantitativo menos sesgado. Adicionalmente se colocaron trampas pequeñas a media agua, y cuando la visibilidad del agua lo permitió, se realizaron inspecciones visuales, a fin de ampliar la lista de especies presentes. También se registró información sobre especies presentes a partir de charlas con encargados y trabajadores de las arrozceras. Por cuestiones operativas y de logística, los muestreos se realizaron casi exclusivamente en horarios diurnos y sin lluvia.

Para cada lance se registró el total de individuos por especie, el tamaño predominante u otro indicador de edad para diferenciar larvas y juveniles, de adultos y la presencia de indicadores de actividad reproductiva en adultos. Se realizaron inspecciones rápidas para ver el estado de las aletas y la presencia de descoloraciones, enrojecimientos, hematomas o parásitos externos sobre los flancos a fin de contabilizar los individuos con enfermedades o anomalías visibles. Se registró también la presencia de especies muertas en los sitios de muestreo y sus inmediaciones.

La determinación taxonómica de las especies se realizó mayoritariamente en el terreno en función de características macroscópicas, siguiendo a Ringuélet *et al.* (1967), Casciotta *et al.* (2005), Britski *et al.* (2007), Almirón *et al.* (2008) y Miquelarena *et al.* (2008). Ejemplares de especies de pequeño porte fueron mantenidos en acuario y determinados bajo lupa binocular, y luego devueltos a campo. Las especies dudosas o desconocidas fueron fijadas en formol 5% y en alcohol 70% para determinación o confirmación a posteriori. Para la nomenclatura de ordenes y familias se siguió la macrosistemática de Nelson (2006), mientras que para la taxonomía de especies se siguió al CLOSFCA (Reis *et al.* 2003). La misma bibliografía fue utilizada para identificar las especies exóticas, de acuerdo a las citadas por Liotta (2006) como presentes en Argentina.

| Tipología Nº | Denominación | Descripción |
|--------------|-------------------------------|---|
| 1 | Valetones de ingreso | Canales maestros, matrices, distributarios principales y secundarios de agua desde la fuente (bombeo de río, arroyo o pozo subterráneo). Ambientes con elevado caudal de agua que conducen el agua de la fuente hasta los distribuidores menores. |
| 2 | Arrozal | Canales de distribución menores vinculados directamente con los cuadros sembrados de arroz. |
| 3 | Valetones de drenaje o egreso | Drenajes secundarios. |
| 4 | Reservorios | Represas y tajamares para almacenamiento de agua por retención de escurrimiento de arroyos, de lluvia, o bombeo de cuerpos de agua topográficamente inferiores. |
| 5 | Emisarios externos | Cuerpos de agua de la red hidrológica con participación difusa o indirecta en el circuito de riego observado. Canales, arroyos, lagunas de cauce y bañados fuera del circuito de riego arrozero actual. |

| Tabla 2.- Atributos hidrogeomorfológicos y limnológicos evaluados. | | | |
|---|---|--|--|
| Parámetro | Método | Unidades o clases ordinales | Implicancia para los peces |
| Profundidad máxima | Regla de 1 m graduada al mm y escandallo. | Profundidad máxima del agua en la zona de muestreo (cm). | Mayores valores implican mayor volumen potencialmente habitable, mayor permanencia del hábitat, mayor amortiguación de variaciones de temperaturas, mayor oferta de lugares frescos durante el verano. |
| Velocidad de corriente | Categorías ordinales basadas en observaciones visuales y mediciones con flujómetro. | 1) agua estancada 2) agua movida por el viento 3) de 0.1 a 0.5 m/s 4) > 0.5 m/s | Es indicadora de la tasa de intercambio de oxígeno y temperatura con el aire, de áreas de reproducción, de áreas de escape rápido. Las especies poco tolerantes a bajos tenores de oxígeno prefieren aguas con mayor corriente. |
| Tipo de fondo | Categorías ordinales basadas en tipo de sustrato y profundidad de enterramiento. | 1) firme; fondo de piedra o arena 2) firme; fondo limoso o limo-arenoso, con enterramiento menor a 10 cm de profundidad 3) fondo blando con enterramiento entre 10 y 30 cm 4) fondo muy blando, enterramiento > 30 cm | Los sedimentos no consolidados pueden adsorber y retener numerosos contaminantes, particularmente metales pesados. Son considerados ambientes más inestables. Absorben y retienen más calor, las partículas pueden afectar las branquias cuando son resuspendidas fácilmente por el viento o disturbios leves. |
| Cobertura vegetal | % del sector transversal del cuerpo de agua cubierto por vegetación. | (0-100) % | Refugio de predadores, oferta de alimento, oferta de áreas para nidos y cría de juveniles, mayor oferta de lugares frescos durante el verano. |
| pH | Sonda Lutron YK2001 | 1-14 | Valores ácidos (bajos) asociados a aguas estancadas y materia en descomposición. Valores elevados asociados a altos contenidos de sales disueltas o sobresaturación de oxígeno por fotosíntesis en aguas con baja capacidad buffer. Valores fuera del rango son perjudiciales para epitelios branquiales y mucosas del sistema digestivo/respiratorio. |
| Temperatura del agua | Sonda Lutron YK2001 | °C | Los peces de regiones tropicales/subtropicales son particularmente sensibles a las temperaturas elevadas (>30°C) por lo que requieren refugios térmicos (zonas de aguas más frescas). |
| Oxígeno disuelto | Sonda Lutron YK2001 | mg/l | Oxígeno disponible para la respiración. La mayoría de las especies presentan adaptaciones a niveles bajos de oxígeno, especialmente los juveniles de todas las especies son altamente tolerantes a dichos niveles. |
| Conductividad eléctrica | Sonda Lutron YK2001 | uS/cm ² | Indicador de cantidad de sólidos disueltos y de restricciones fisiológicas para el uso de agua. |

A fin de analizar y resumir los datos obtenidos, se agruparon los registros obtenidos por distintas artes de pesca, en función de las tipologías de ambiente y las modalidades de riego visitadas. Se seleccionaron indicadores taxonómicos y funcionales de la fauna de peces que cumplieran con los siguientes objetivos:

- determinar qué ambientes de las arroceras son utilizados por los peces;
- reflejar condiciones ambientales desfavorables;
- detectar y comparar diferencias entre modalidades de riego;

- ser fácilmente interpretables por los productores como parte de un esquema de monitoreo de la biodiversidad.

Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

Riqueza de especies nativas y exóticas: se calculó el número total y el promedio de especies por modalidad de riego y por ambiente.

Abundancia de individuos: se calculó el número total y el promedio de individuos muestreados por modalidad de riego y por ambiente.

| Tabla 3.- | | Artes de pesca empleadas por tipo de ambiente. | | | | |
|---------------------------|--------------|--|---------|--------------|--------------------|-------------------------|
| Tipo de ambiente acuático | Red agallera | Red de arrastre playero | Trampas | Copo de mano | Observación visual | Informantes calificados |
| Valetones de ingreso | ● | ● | ● | ● | ● (en orillas) | ● |
| Arrozal | | | ● | ● | ● | |
| Valetones de drenaje | | ● | ● | ● | ● | |
| Reservorios | ● | ● | ● | ● | ● (en orillas) | ● |
| Emisarios externos | | ● | ● | ● | ● (en orillas) | ● |

Presencia de individuos muertos o con enfermedades o anomalías tegumentarias: para cada modalidad de riego se contabilizaron los ambientes donde se observaron individuos con daños.

Proporción de especies del pool regional: proporción de especies registradas en función del total de las especies conocidas para la subcuenca hídrica donde se emplaza el establecimiento arrocero muestreado. Para cada cuenca se compiló una lista de especies en función de referencias bibliográficas, informes de impacto ambiental y accesos a sitios de pesca deportiva en Internet. Para el Arroyo Curupicay en Corrientes, perteneciente a la subcuenca del Ayuí Grande, dentro de la cuenca del Río Miriñay, se consideraron los muestreos de la línea de base del estudio de impacto ambiental para la represa del Ayuí Grande (Adamoli 2008) y muestreos en las nacientes del Miriñay del Proyecto GEF del Iberá (Casciotta *et al.* 2005). Para las muestras de Santa Fe, los trabajos consultados sobre la cuenca del Saladillo Dulce no registran información sobre la fauna de peces (Pilatti *et al.* 2002), pero se dispuso de información sobre el vecino Sitio Ramsar Jaaukanigás, que incluyó muestreos sobre los ríos San Javier, San Jerónimo y Arroyo Aguilar (Cordiviola *et al.* 2006, Zayas y Cordiviola 2007 y Cordiviola *et al.* 2009). Para las cuencas del Feliciano y del Gualeguay los datos fueron mucho más escasos, tomándose las recopilaciones de Demonte y Arias (2005) y López *et al.* (2005), a las que se sumó una lista de especies capturadas por pescadores deportivos y recopilada de artículos en Internet. Los estudios sobre represas para riego de Entre Ríos (Lallana 2009) no brindaron información sobre la ictiofauna de los embalses. El trabajo de Miquelarena *et al.* (2008) brindó información adicional sobre la distribución de especies de Cheirodontinos en las distintas cuencas. Las compilaciones resultantes se complementaron con las especies obtenidas en nuestros muestreos para construir las listas finales.

Riqueza de especies endémicas, raras o en peligro: para cada modalidad de riego se contabilizaron las especies raras, endémicas o en peligro de extinción siguiendo a López *et al.* (2003), Casciotta *et al.* (2005), Cappato y Yanosky (2009) y Chébez *et al.* (2009).

Riqueza de especies longevas: número de especies longevas para cada modalidad de riego. Se clasificaron como longevas a las especies cuyas edades máximas conocidas superaban los 10 años, sobre la base de los registros de Fishbase (www.fishbase.org).

Estructura en gremios de migración: para cada ambiente y modalidad de riego se calculó la proporción de individuos con distinta estrategia de migración. En función de la capacidad de desplazamiento reportada en la bibliografía y el conocimiento personal, se consideraron tres categorías: especies no migradoras (M1), especies migradoras de corta distancia (M2) y especies migradoras de larga distancia (M3).

Estructura trófica: para cada ambiente y modalidad de riego se calculó la riqueza y la proporción de individuos en los siguientes gremios tróficos: iliófago-detritívoro (T1), predominantemente herbívoro (T2), omnívoro-invertívoro¹ (T3) y piscívoro o parásito de peces (T4).

Proporción de Loricariidae: para cada ambiente y modalidad de riego se calculó la proporción de individuos pertenecientes a esta familia. Rodríguez-Olarte *et al.* (2006) consideran a esta familia como indicadora de integridad biológica de arroyos sudamericanos de la vertiente atlántica, debido a sus hábitos bentónicos y a su alimentación, que incluye principalmente materia vegetal autóctona (algas del perifiton, raices) y alóctona (material leñoso, restos de macrófitas y follaje terrestre).

Por otra parte, para definir la existencia de gradientes ambientales se agruparon los registros en función de las tipologías de ambiente y las modalidades de riego. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) sobre los datos limnológicos normalizados y estandarizados (Legendre y Gallagher 2001) a fin de poder ordenar los ambientes acuáticos de la arrozera y las modalidades de riego en gradientes de habitabilidad para los peces.

¹ Invertívoro: que se alimenta de invertebrados diversos, tal es el caso de insectos, microcrustáceos, ostrácodos, larvas de odonatos, etc.

Resultados

Gradientes ambientales

El análisis de los datos limnológicos permite ordenar a los distintos tipos de ambientes acuáticos de las arroceras en dos grandes gradientes. El primero en función del origen del agua de riego, separando a las arroceras que son regadas con agua de pozo, con una conductividad del orden de los 800 uS/cm y un pH ligeramente alcalino, de las demás arroceras cuyas aguas son pluviales y fluviales, con valores de conductividad mucho menores (alrededor de los 100 uS/cm) y pH neutros a ligeramente ácidos. El segundo gradiente contrasta los ambientes de mayor profundidad, velocidad de corriente y oxígeno disuelto con los de mayor temperatura, fondos muy blandos y mayor superficie acuática cubierta por vegetación.

Indicadores de biodiversidad de la comunidad de peces

En las arroceras visitadas se observó un total de 82 especies de peces pertenecientes a 18 familias y cinco órdenes (ver Anexo II). En el Anexo III se presenta la lista de especies registradas por establecimiento y tipología de ambiente acuático, mientras que en el Anexo IV se caracterizan dichas especies en función de

su ecología y estado de conservación. En ninguno de los establecimientos se registraron especies exóticas.

La mayor riqueza de peces fue registrada en las arroceras de Ea. Curupicay (54 especies), seguida por Ea. San Roque (37 especies) y Ea. La Lucha (27 especies); los menores valores correspondieron a las arroceras con riego de agua de pozo (24 especies) (Figura 1a). No obstante, al comparar las medias para las distintas modalidades de riego las diferencias no fueron significativas (Figura 1b). Considerando la riqueza promedio para los diferentes tipos de ambientes acuáticos, el arrozal presentó un valor notablemente menor (Figura 1c). Los ambientes de reservorio en Ea. Curupicay también presentaron riquezas comparativamente bajas (Figura 1d). En el caso de Ea. San Roque, donde se riega con agua de río, los valores de riqueza de los ambientes de arrozal y valetones de drenaje fueron notablemente más elevados que en las otras modalidades de riego (Figura 1d).

En cuanto a la abundancia de peces (numerosidad), los mayores valores fueron registrados en Ea. Curupicay (Figura 2a). Al comparar las abundancias por tipo de ambiente acuático, el mayor promedio correspondió a los valetones de ingreso (Figura 2b). Al explorar con más detalle, se observa que las abundancias son nulas o muy bajas en todos los ambientes de arrozal (Figura 2c), como así también en los ambientes de reservorio en

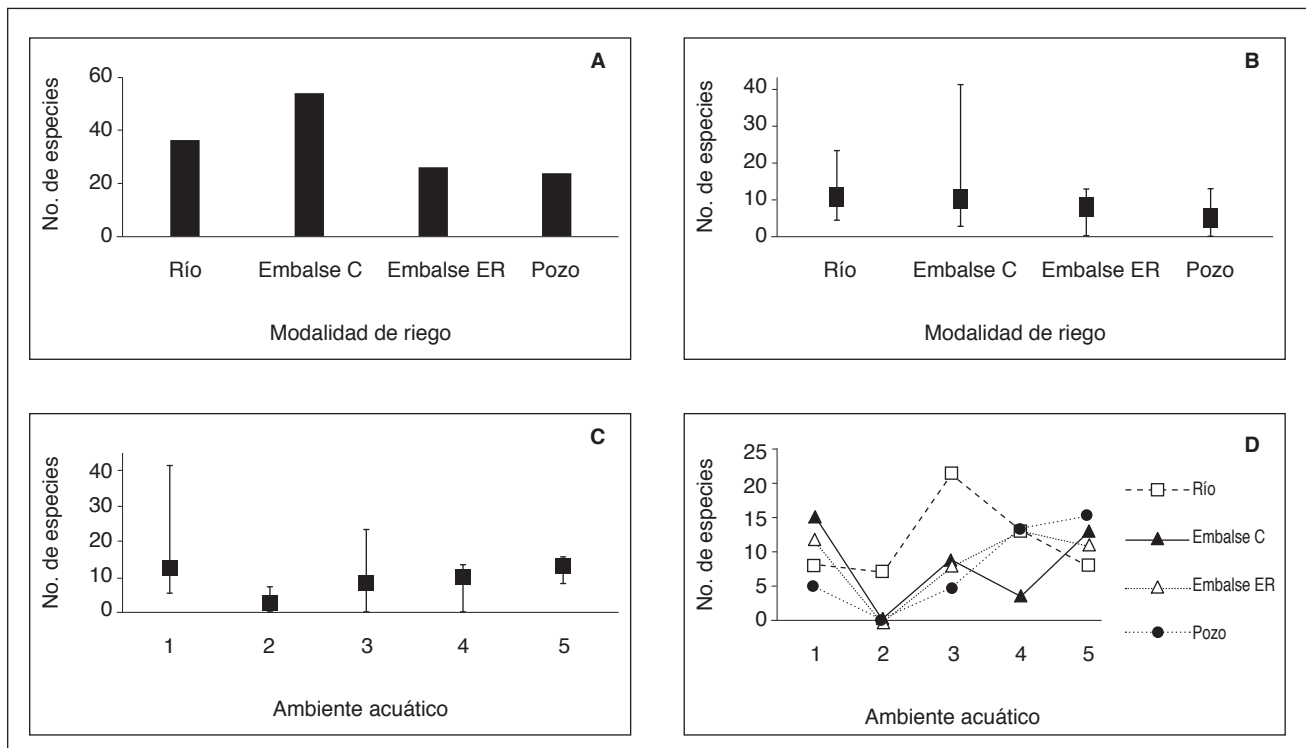
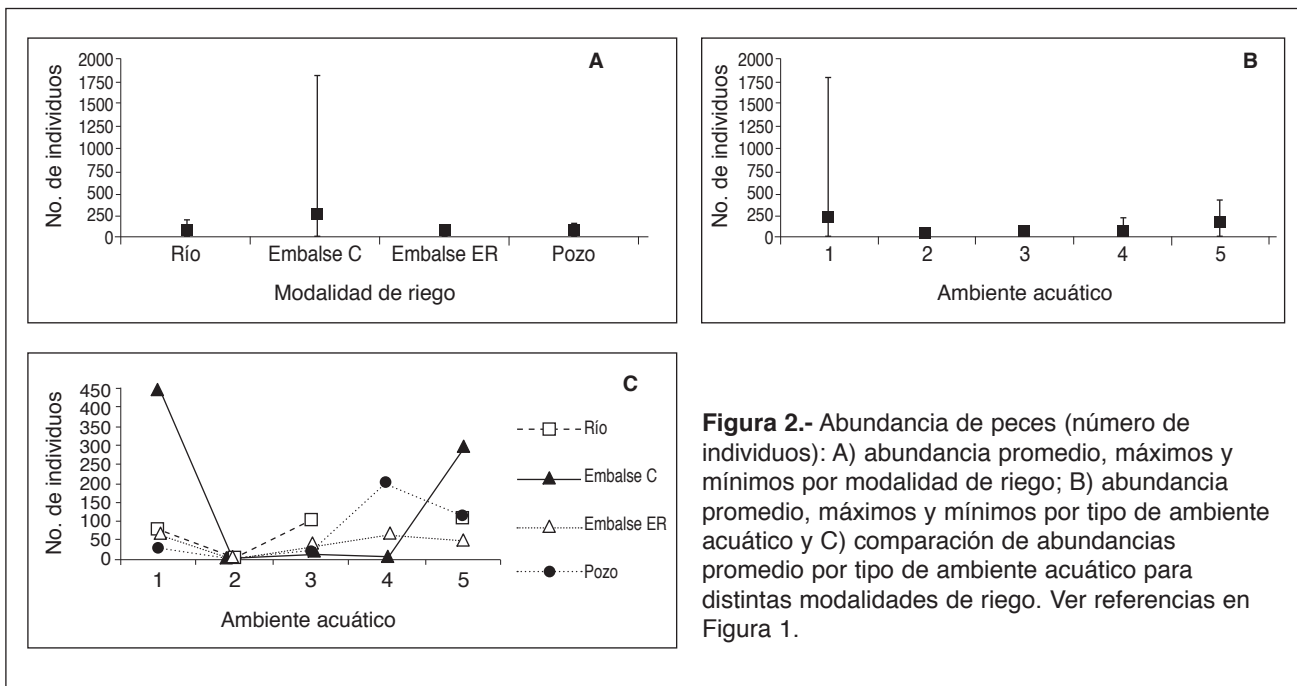


Figura 1.- Riqueza de peces (número de especies): A) riqueza absoluta para cada modalidad de riego; B) riqueza promedio, máximos y mínimos por modalidad de riego; C) riqueza promedio, máximos y mínimos por tipo de ambiente acuático y D) comparación de riquezas promedio por tipo de ambiente acuático para distintas modalidades de riego. Modalidad de riego: Río= Ea. San Roque, Embalse C= Ea. Curupicay, Embalse ER= Ea. La Lucha y Pozo= Parajes La Querencia y El Redomón. Tipo de ambiente acuático: 1= Valetones de ingreso, 2= Arrozal, 3= Valetones de drenaje o egreso, 4= Reservorios y 5= Emisarios externos.

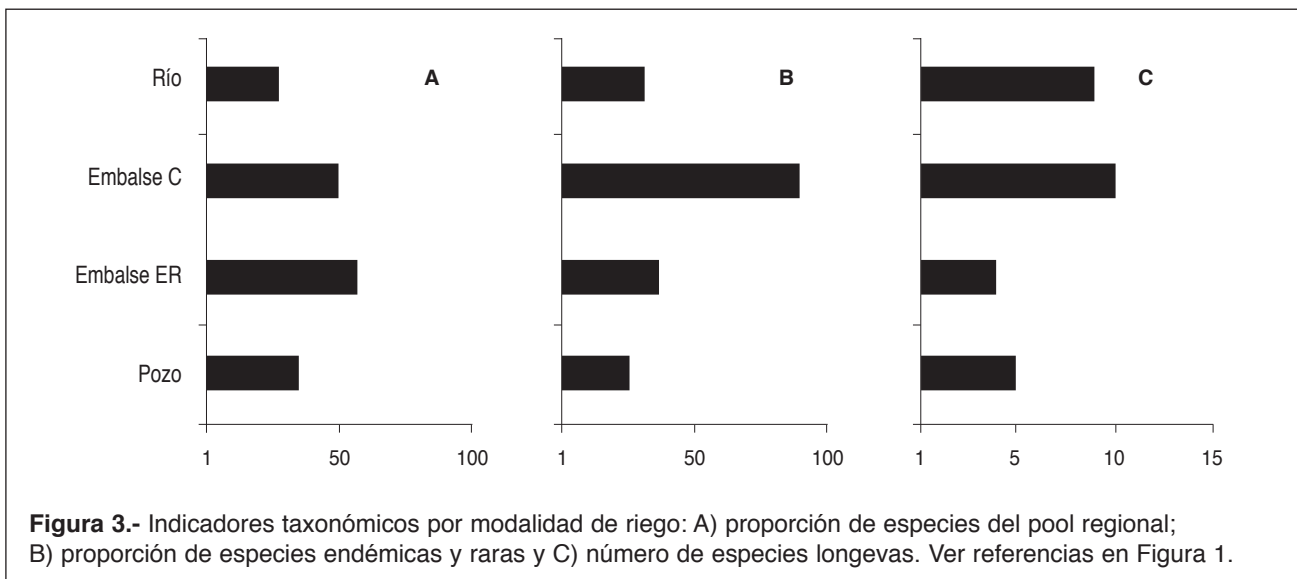


Ea. Curupicay, mientras que en este último establecimiento los valetones de ingreso y los emisarios externos tienen abundancias considerablemente elevadas (Figura 2c).

Las arrozceras estudiadas presentaron entre 27% y 58% de las especies conocidas para sus respectivas cuencas hidrográficas (Figura 3a), aunque estos valores podrían modificarse cuando se conozca más sobre la ictiofauna de dichas cuencas.

Se registraron 20 especies consideradas raras y una especie endémica. Todas las modalidades de riego presentaron especies raras (Figura 3b). La mayor proporción fue registrada en la Ea. Curupicay, donde se registraron 16 especies raras y la única especie endémica, *Hyphessobrycon auca*. Estas especies fueron muy abundantes y particularmente *H. auca* fue una de

las especies dominantes en los valetones de distribución de agua. Si bien se registraron entre cuatro y 10 especies potencialmente longevas en cada modalidad de riego (Figura 3c), la totalidad de los individuos capturados, con unas pocas excepciones, fueron juveniles (Figura 4). En las estancias San Roque y La Lucha se registraron ejemplares de *Tararira (Hoplias malabaricus)*, superando los 35 cm de largo (Figura 5). En un tajamar de Ea. Curupicay se capturó un macho adulto de *Loricariichthys* sp. portando huevos (Figura 6). En los embalses principales de las estancias Curupicay y La Lucha, los encargados señalaron la presencia de gran cantidad de adultos de Sábalo (*Prochilodus lineatus*) y de Palometa (*Serrasalmus maculatus*). En particular, en Ea. La Lucha se nos informó que estas especies eran muy abundantes en los primeros años del embalse, desapareciendo casi completamente en los últimos tiempos.





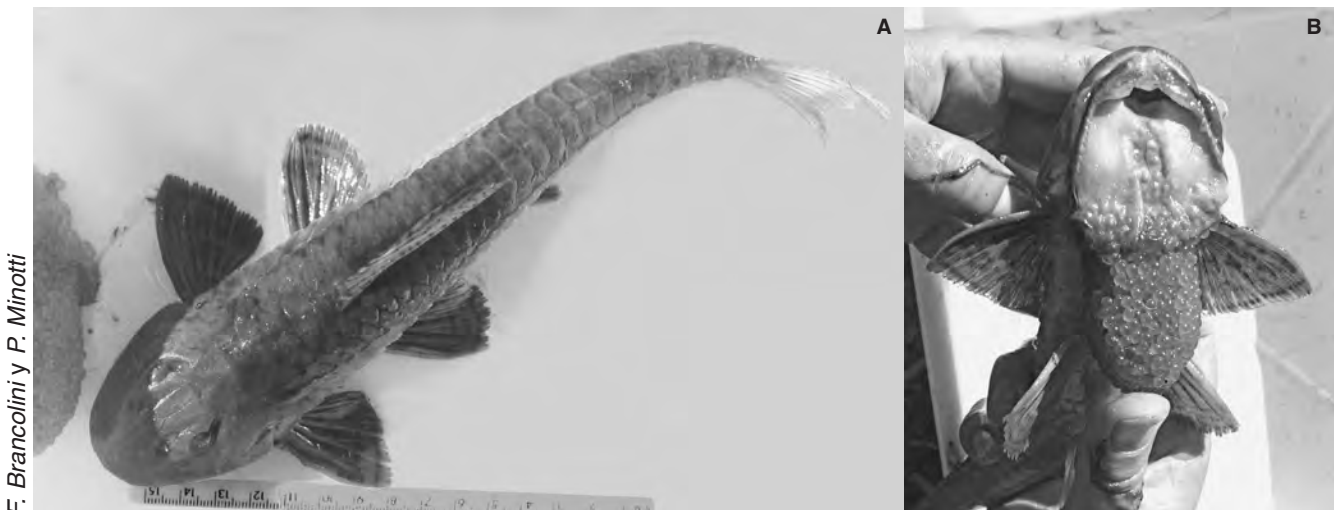
P. Minotti

Figura 4.- Juvenil de Dorado *Salminus brasiliensis* capturado en un valetón en Ea. San Roque.



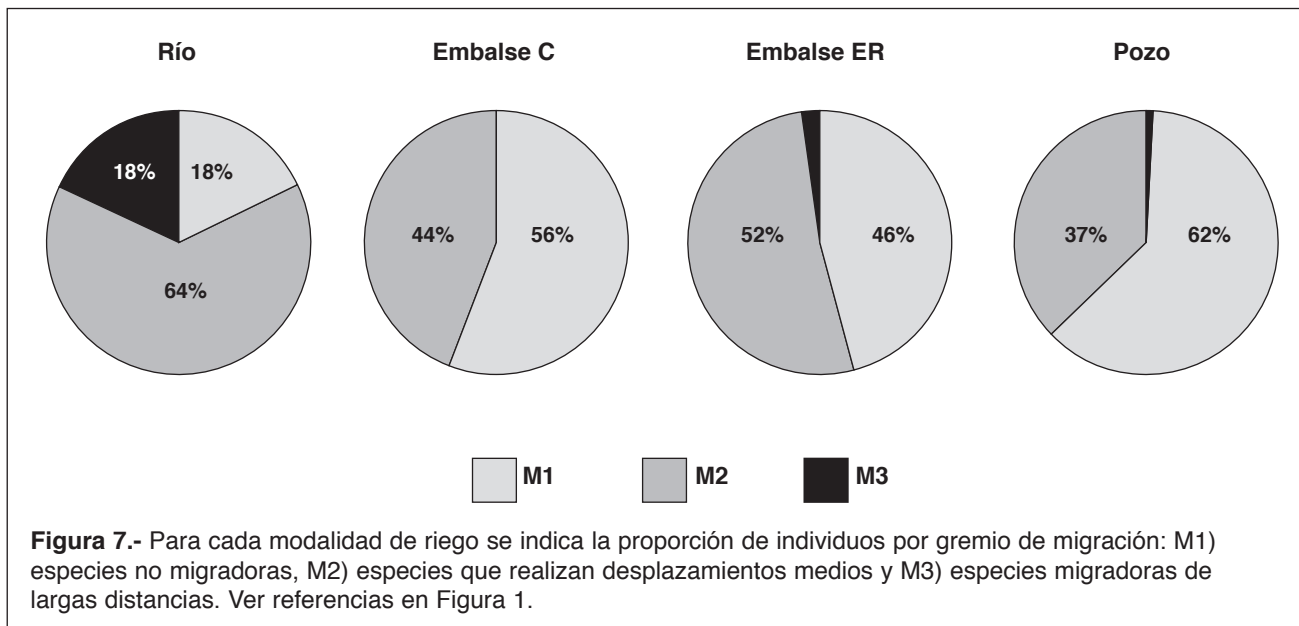
P. Minotti

Figura 5.- Adulto de Tararira *Hoplias malabaricus* capturado en un valetón de drenaje en Ea. San Roque.



F. Brancolini y P. Minotti

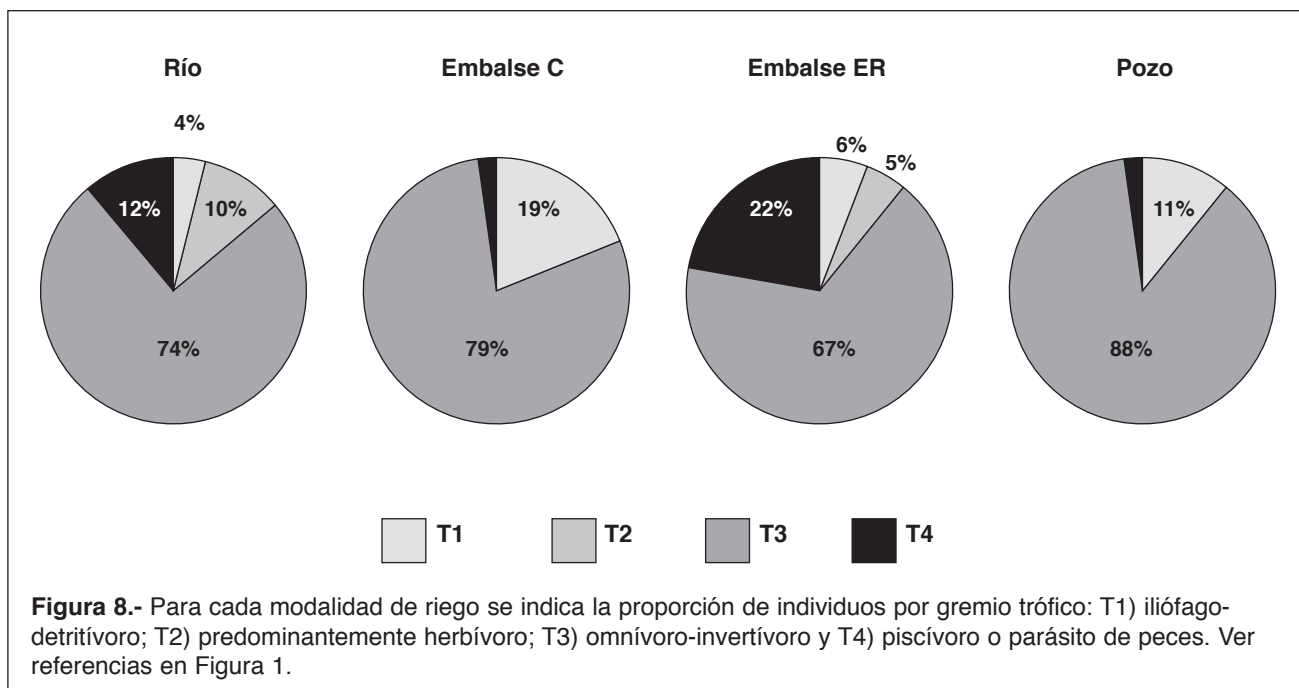
Figura 6.- Macho adulto de *Loricariichthys* sp. capturado en Ea. Curupicay: A) vista dorsal y B) vista ventral donde se observan los labios hiperdesarrollados para contener el macizo de huevos fecundados durante su desarrollo.



Se aprecia que en todas las modalidades de riego predominaron las especies M1 y M2 en proporciones similares (Figura 7), salvo en el caso de riego con agua de pozo donde se observa una mayor proporción de individuos no migradores (M1). La modalidad de riego con agua de río fue la que presentó la mayor proporción de individuos de especies migradoras de largas distancias (M3), correspondientes principalmente a juveniles de peces de importancia comercial y deportiva como el Sábalo, los bagres blanco y amarillo (*Pimelodus clarias* y *P. maculatus*) y el Dorado (*Salminus brasiliensis*), los cuales fueron registrados en todos los ambientes. También se destacaron para esta modalidad de riego aquellas especies de desplazamientos medios (M2), tal es el caso de las mojarras de los géneros *Astyanax* y *Bryconamericus*.

Al analizar la estructura en gremios tróficos (Figura 8), se observó que en todas las modalidades de riego predominó el gremio omnívoro-invertívoro, con porcentajes similares que superaron en promedio el 70%. Las especies piscívoras fueron de cierta importancia en las modalidades de riego de río y de embalse (Ea. La Lucha), mientras que las especies iliófago-detritívoras tuvieron mayor peso en las modalidades de riego con agua de pozo y embalse (Ea. Curupicay).

Durante los muestreos se registraron siete especies de la familia Loricariidae (viejas de agua), con una representación muy particular en las arrozceras (ver Anexo II). No fueron registradas en los ambientes de arrozal propiamente dicho y su presencia en los



valetones de ingreso fue ocasional. Tampoco fueron registradas en arroceras regadas con agua de pozo. En Ea. La Lucha fueron comunes en todos los ambientes, mientras que en Ea. San Roque se encontró gran cantidad de individuos juveniles en los emisarios externos, en la desembocadura del canal colector de excesos hídricos que termina en el Saladillo Dulce.

Discusión y conclusiones

En este estudio se registraron en total 3.332 individuos pertenecientes a 82 especies de peces, representativas de 18 familias distribuidas en cinco órdenes distintos. Este número de especies corresponde a un 30% de la totalidad de las especies conocidas para la Cuenca del Plata en Argentina. Este porcentaje es todavía mayor si lo analizamos para las cuencas donde se localizan las arroceras estudiadas (27%-58%). Si consideramos por otra parte, que cerca de un 25% de las especies registradas son consideradas raras, es necesario incorporar urgentemente a los emprendimientos arroceros como componentes clave de los programas de conservación de biodiversidad de peces de agua dulce.

Esta elevada riqueza de peces sugiere que los ambientes acuáticos de las arroceras (al menos de las estudiadas), no están tan degradados como uno podría suponer de antemano. El rango de los parámetros limnológicos obtenidos se encuentra dentro de los

aceptables de acuerdo con los niveles guía para protección de la vida acuática (Decreto Nacional N° 831/9393, Reglamentario de la Ley 24.051, Anexo II, Tabla 2: Niveles guía de calidad de agua para protección de la vida acuática. Agua dulce superficial). Si bien no se hicieron determinaciones específicas de contaminantes, tampoco se observaron mortalidades masivas de peces ni se informaron situaciones de este tipo durante las visitas.

Los establecimientos arroceros estudiados tienen elencos de peces bastante distintos entre sí, con muy pocas especies en común, por lo que no se utilizó el concepto tradicional de especie indicadora. Se buscó, en cambio, explorar atributos emergentes de la comunidad de peces, tales como la riqueza de especies, la abundancia de individuos y el reparto en grupos funcionales o gremios ecológicos, que fueran indicadores de la integridad ecológica de los ambientes acuáticos y que mostraran convergencia para condiciones de disturbio antrópico similar (Grenouillet *et al.* 2007). Sobre esta premisa se elaboró un marco conceptual general que resume de manera simple la extensa literatura sobre el concepto de integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos y su manifestación por las comunidades de peces (Tabla 4). Este marco constituye la guía sobre la cual se desarrolla la discusión de los resultados, a fin de poder comprender los efectos de la gestión de las arroceras estudiadas sobre la biodiversidad de peces.

| Tabla 4.- Marco conceptual para seleccionar e interpretar atributos de la comunidad de peces como indicadores de integridad biótica (adaptado de Karr 1981). | | |
|---|---|--|
| Condición | Características | Comentarios sobre su aplicación |
| Excelente | Comparable a las mejores condiciones sin influencia humana, están todas las especies esperadas del pool regional para el tamaño y tipo de hábitat, incluyendo especies más intolerantes, espectro completo de edades, sexos y clases reproductivas. | Se debe contar con estudios ictiológicos que den cuenta de las especies esperadas para los distintos hábitat de la región y con sitios de baja intervención o frecuencia de disturbio. |
| Buena | Riqueza de especies menor que la esperada, particularmente por la falta de especies menos tolerantes, especies con distribuciones de tamaño o abundancias sub-óptimas, estructura trófica con signos de estrés. | Para la mayoría de las especies no se cuenta con información sobre su tolerancia a contaminantes, ya sea efectos letales o subletales. |
| Regular | Signos adicionales de deterioro, incluyen pocas formas intolerantes, estructura trófica favoreciendo mayores frecuencias de omnívoros y especies tolerantes de contaminantes, faltan adultos de predadores tope o raras. | Se cuenta con información sobre alimentación para la mayoría de las especies. |
| Pobre | Pocos peces, mayoritariamente exóticos o formas muy tolerantes, presencia de híbridos, peces con enfermedades, parásitos, daños en aletas u otras anomalías. | Las especies exóticas en nuestras aguas son conocidas. |
| Mala | Muestreos repetidos no capturan peces | Es necesario corroborar que no existe ninguna vía de acceso para los peces |



Estadio temprano de arroz en Ea. San Roque, Santa Fe.

La primera condición para que los peces puedan habitar los ambientes acuáticos de las arrozceras, es la permanencia de un volumen de agua tal, que permita el libre desplazamiento de los peces entre distintos sectores conectados hidrológicamente, que regule las variaciones diarias de temperatura y de oxígeno disuelto, y que permita la difusión y dilución de desechos originados por el metabolismo de los organismos acuáticos. A mayor volumen de agua habitable, se espera una mayor riqueza y abundancia de peces. Los ambientes acuáticos que sistemáticamente presentaron la menor riqueza y abundancia de peces fueron los arrozales. Éstos se caracterizaron por una mayor cobertura vegetal, una columna de agua con profundidades máximas en general menores a los 10 cm y en muchos casos la ausencia de superficie de agua libre. Las temperaturas del agua fueron en general las más altas, con alta variación en el oxígeno disuelto (desde anóxico a sobresaturado), y también con variaciones importantes de pH durante el día (6 a 12).

En Corrientes y Entre Ríos, las arrozceras estudiadas se encuentran en pendiente, siendo regadas por una delgada lámina de agua que fluye por gravedad desde los distribuidores ubicados en sectores más elevados. Este flujo es mayor en las arrozceras regadas con agua de pozo, mientras que las de embalse presentan sólo el suelo mojado, quedando algunos charcos de agua en pequeñas cárcavas o surcos entre cuadros, donde pueden quedar atrapados peces que suben desde el embalse o bajan arrastrados por la escorrentía, durante

una lluvia intensa. En cambio, las arrozceras de Santa Fe se caracterizaron por el relieve plano o ligeramente deprimido donde el agua queda retenida naturalmente. Durante la época de riego presentan una película de agua continua con una profundidad mínima de unos 10 cm en los sectores plantados y de 20 a 50 cm en los canales menores que separan los cuadros. Esta característica les confiere mayor capacidad de retención de agua, que se suma a los excedentes hídricos originados en las copiosas lluvias, lo que permite explicar las diferencias en la presencia de peces dentro del arrozal en relación a las demás modalidades de riego. No obstante, esta película somera de agua no es un hábitat preferido por los peces, ya que las abundancias fueron mucho mayores en los valetones tanto de ingreso como de drenaje de excedentes. Las condiciones de leve estancamiento, el fondo fangoso y el intenso calor reinante en el verano hacen que las aguas alcancen temperaturas relativamente altas durante el día (30 °C o más), con variaciones de los niveles de oxígeno y pH muy acentuadas por la actividad fotosintética de la vegetación y por las aguas de río con capacidad buffer típicamente baja.

Hacia el mediodía se pudo observar pequeños cardúmenes multiespecíficos desplazándose hacia zonas más profundas o más sombreadas, siendo predados intensamente por las garzas. Sin embargo, el arrozal parece ser el ambiente preferido por las larvas de anfibios, que si bien no formaron parte de los muestreos fueron observadas en grandes cantidades,

en variado número de especies, y en distintos estadios de desarrollo en la mayoría de los canales divisorios de los cuadros.

En el otro extremo de los gradientes de riqueza y abundancia se encuentran los ambientes con una muy alta numerosidad de peces, y si bien a mayor volumen de agua es de esperar una mayor abundancia, hay otros factores que condicionan la interpretación de este indicador como descriptor de integridad ecológica. En función de lo observado a campo, las mayores concentraciones de peces se presentaron en las salidas de exclusas, bombas o juntas de drenajes, siempre y cuando estas tuvieran flujos de corriente elevados. Los peces de pequeño porte son considerados en general organismos oportunistas y r-estrategas, y la presencia de corrientes de agua bien oxigenadas y con bajo tenor de sólidos en suspensión o disueltos, señalan la existencia de condiciones mejores aguas arriba. Las corrientes se asocian con comportamientos de desplazamiento activo, con saltos para salvar obstáculos que permitan escapar de situaciones desfavorables como temperaturas elevadas, produciéndose la concentración de organismos ante un obstáculo insalvable, como la pared de un dique, exclusiva o la turbina de una bomba.

Se pudo constatar que las bombas generan mortalidad de peces de gran tamaño (tarariras, anguilas criollas), así como de otros vertebrados (coipos, serpientes y sapos), sin afectar a los juveniles ni a los peces pequeños. En otros casos la concentración puede darse por el fenómeno opuesto, tratando de evadir condiciones inadecuadas como corrientes que pueden arrastrar a los organismos fuera del ambiente seguro, como en el caso de vórtices de conexión entre valetones. Los peces también pueden concentrarse cuando los cursos de agua se están desecando. A medida que la superficie de agua libre se va reduciendo, los cursos naturales o los valetones se van fragmentando; los peces quedan confinados a los sectores más profundos con agua. En Ea. San Roque, los “aguateros” y otros trabajadores del arroz muchas veces rescatan los peces que quedan atrapados y los devuelven al río, pero esto sólo cubre una parte reducida del total de individuos.

Para que los peces lleguen a las arroceras, los ambientes acuáticos deben presentar conexión física con algún sistema hidrológico natural que actúe como fuente. Los sistemas totalmente desconectados pueden también presentar peces, que son traídos como huevos adheridos a las patas de las aves o cuando éstas sueltan sus presas. Particularmente, la presencia de peces migradores de largas distancias marca fuertemente la conectividad hidrológica con los ríos y podría ser considerada un buen indicador de la funcionalidad hidrológica del sistema agropecuario. En Ea. San Roque, en Santa Fe, se registró la mayor abundancia de peces migradores, los cuales además corresponden a especies sin cuidado parental y de desove libre. La época de riego coincide con la época de reproducción en el río Paraná y sus brazos menores. Con el bombeo de agua ingresan desde post-larvas de pocos días hasta juveniles de unos pocos meses que pasan a través de las rejillas ubicadas en la entrada de

las tomas. El encargado del establecimiento señaló que para la época de cosecha, se observan muchos juveniles de Sábalo y Dorado que han alcanzado tamaños en el orden de los 15 cm, que no pueden volver al río San Javier porque el sistema de drenaje desagua hacia el Saladillo Dulce, o que quedan atrapados en los canales cuando estos comienzan a secarse. Los trabajadores también nos contaron que realizan operaciones de rescate y traslado al río San Javier de individuos que quedan en el valetón matriz, pero que dichas operaciones no se hacen de forma sistemática y que tampoco puede realizarse el rescate de organismos atrapados en los valetones más alejados.

En los embalses de las arroceras de Corrientes y Entre Ríos también se encontraron sábalos y palometas; ambas especies son migradoras de largas distancias y tienen una elevada tolerancia a bajos niveles de oxígeno y altas temperaturas. A diferencia de lo observado en las arroceras de Santa Fe, no se observaron larvas ni juveniles, indicando que probablemente no se reproduzcan en la zona. En el caso de los embalses de Entre Ríos, es probable que los sábalos estén presentes en dichos embalses desde la época de su creación. En Ea. La Lucha, Entre Ríos, el encargado nos relató que durante el “vuelco” de las aguas del embalse debido al desborde por intensas lluvias, se recolectaron más de 500 sábalos grandes que fueron vendidos en las pescaderías de la zona. También informó que en los primeros años del embalse (1998), fueron muy frecuentes las palometas y pirañas, pero que luego sus números decayeron, por lo cual sería de interés aprovechar esta oportunidad para realizar la siembra de alguna especie de interés, ya que el pescado de río es muy apreciado en la región.

En Ea. Curupicay también se registran sábalos y palometas, los cuales son un recurso apreciado por algunos trabajadores del arroz. A diferencia de la Ea. La Lucha, la Ea. Curupicay presenta una serie de embalses encadenados entre sí por bombas y también por vertederos que se activan antes de que los niveles de agua sobrepasen el paredón del dique. Estos vertederos funcionan como arroyos cuyo sentido de corriente varía según los niveles hidráulicos relativos entre embalses, permitiendo el desplazamiento de peces entre éstos en uno u otro sentido. En estos ambientes se capturaron pirañas y palometas juveniles de distintos tamaños, pero no se observaron larvas ni juveniles de Sábalo. En función de todo lo descrito, no podemos aseverar que la presencia de especies migradoras de largas distancias sea un indicador de una excelente condición hidrológica, pero sí de un estado que puede ir de regular a excelente, definición que requiere conocer mejor como funcionan hidrológicamente los ambientes a lo largo del año, y particularmente si las épocas de conexión siguen el hidropériodo de las crecientes naturales.

En general, las arroceras estudiadas no presentaron una gran variedad de gremios tróficos, predominando las especies de peces omnívoro-invertívoras, que reflejan condiciones de adaptación a disturbios frecuentes. Estudios comparativos entre distintas modalidades de riego del arroz y ambientes no modificados realizados en Laos (Khoa *et al.* 2005), también señalan una tendencia

al aumento de la abundancia de especies omnívoras en detrimento de otros gremios que se pierden. No obstante, una buena gestión del cultivo de arroz debería ir a favor del mantenimiento de las especies de dicho gremio, ya que entre ellas se encuentran las que se alimentan de insectos, y pueden ser por lo tanto aprovechadas para el control biológico de plagas.

Si consideramos a la familia Loricariidae (viejas de agua) como indicadora de integridad ecológica de cursos de agua (Rodríguez-Olarte *et al.* 2006), su ausencia en los principales ambientes de las arrozceras (arrozales y valetones), señala que éstos en general tienen una baja integridad ecológica. Estos ambientes están sometidos a disturbios considerables tanto en el manejo de los sustratos como en la variabilidad de oferta hídrica. Se encontraron viejas de agua en la mayoría de los ambientes externos. El embalse La Luchita y los tajamares pequeños de la Ea. Curupicay son reservorios cuyas aguas sólo son extraídas en condiciones de agravamiento de sequía en plena temporada de crecimiento del arroz. El agua es bombeada y llevada al embalse principal desde donde se hace la distribución a los arrozales. En el caso del canal que desagua en el Saladillo Dulce, si bien este recibe aguas de lluvia y los drenajes de muchas arrozceras, también funciona en conexión con humedales riparios, bajos y lagunas locales. Los movimientos de agua con disturbios en el sustrato deben ser de mucha menor intensidad o frecuencia, tal que no comprometen el funcionamiento ecológico necesario para ser habitado por las viejas de agua.

Las arrozceras con riego de pozo merecen un análisis especial, ya que por su conductividad y pH elevados se ubican en el otro extremo del gradiente ambiental observado. Como se mencionó previamente, los parámetros limnológicos se encuentran dentro de valores aptos, sin embargo no son los típicos de los ambientes acuáticos alimentados por agua de lluvia o desbordes de ríos, sino que se asemejan más a los humedales pampeanos, con aguas más salobres debido al aporte subterráneo (Menni 2004), a los que habría que agregar los aportes ocasionales de aceite de motor cuya degradación en este tipo de aguas o sus efectos tóxicos son desconocidos. La condición de mayor contenido de sales podría explicar la baja riqueza de especies de peces y la menor abundancia observada, ya que las conexiones directas con drenajes naturales y la oferta continua y permanente de agua a lo largo del año favorecerían la colonización y establecimiento de una fauna ictícola variada.

Los indicadores de biodiversidad de peces elegidos y analizados en el marco conceptual propuesto, nos permiten establecer un gradiente de calidad para los ambientes acuáticos de las arrozceras. En un extremo están los arrozales propiamente dichos, en los cuales el volumen de agua disponible para los peces es casi inexistente o mínimo. Los valetones de ingreso o egreso se ubican en una posición superior, con mayor disponibilidad y circulación de agua pero sometidos a disturbios frecuentes de caudal durante el ciclo del cultivo y desvinculados de alimentación adicional de agua o de los drenajes naturales fuera de este. Estos ambientes, sin

embargo, son los que presentaron la mayor riqueza y numerosidad de especies, ajustándose al modelo propuesto por la hipótesis del disturbio intermedio (Connell 1978). Los ambientes de reservorio (embalses) tendrían condiciones aún mejores desde el punto de vista de la oferta y permanencia del agua, sobretodo si presentan conexión directa, al menos temporal, con los drenajes naturales en la época de lluvias o aguas altas, facilitando el intercambio de adultos y juveniles. En el extremo óptimo del gradiente se encuentran los ambientes con menor integración al circuito arrocero, con permanencia del volumen de agua a lo largo del año, elevada conectividad física y funcional con el drenaje natural y bajo disturbio de sus orillas y sustratos.

En cuanto a las modalidades de riego, los resultados obtenidos no permiten ordenarlas en un gradiente de habitabilidad, ya que todas reflejan en general condiciones de alto disturbio para la fauna de peces, siendo indicadoras de problemas de integridad ecológica de distinto tipo. No obstante, podemos posicionar a las arrozceras en un gradiente de problemas a los que se les puede buscar solución. En el caso de las arrozceras con riego de agua de pozo, quizás sea importante que el agua de drenaje no sea volcada directamente a los distributarios naturales, sino que sea retenida por tajamares o embalses bajos donde pueda ser diluida por el agua de lluvia. Para las arrozceras que son regadas con agua de río, los principales problemas son: a) el uso de equipos de succión muy potentes, que permiten el ingreso de larvas y juveniles de peces que pasan por las mallas protectoras, y que, por otra parte, atrapan o hieren a individuos de gran tamaño, y b) no contar con ambientes adecuados para alojar o mantener a los peces criados en los valetones una vez finalizada la temporada del arroz. Quizás puedan colocarse mallas finas cuando las bombas tengan un uso interno de desagote, y por sobre todo, sería importante diseñar los circuitos de conducción incluyendo ambientes profundos o aprovechando las lagunas existentes como refugio para peces. Muchas de las especies observadas tienen valor comercial y podrían cosechadas para su venta como pescado fresco. En la modalidad de riego con agua de embalse, el problema está dado por la discontinuidad en la conexión hídrica y la pérdida de hábitat naturales, ya que las superficies cultivadas son mayores que en las otras modalidades, y por lo tanto el uso potencial de agroquímicos es mucho mayor.

La valoración de la biodiversidad de peces puede empezar por el aprovechamiento de la capacidad de crecimiento natural observada principalmente en los sábalos, los cuales podrían ser comercializados localmente o ser un complemento alimenticio para los trabajadores del arroz. Este aprovechamiento requiere mantener el uso de agroquímicos al mínimo y de esta manera puede encaminarse la gestión hacia una mejor calidad ambiental.

¿Podríamos lograr una evaluación más precisa a partir del análisis de la fauna de peces? En primer lugar, precisamos contar con información sobre la biodiversidad de peces de las cuencas hidrográficas de interés, las que se destacan por su carencia de estudios ictiológicos. Otro desafío igualmente importante es el

establecimiento de sitios de referencia. No es fácil localizar sistemas hidrográficos prístinos o sin disturbios de actividades humanas en la región. Todos los cuerpos de agua reciben aportes estacionales de agroquímicos en alguna medida, ya sea por descarga directa, dispersión por vientos, recepción de aguas residuales o escorrentía de los cultivos de arroz, soja y maíz, como así también de la actividad ganadera. Por otra parte, presentan también modificaciones en sus cauces debido a los terraplenes y vados de los caminos rurales, así como modificaciones específicas para favorecer o retener el flujo de agua en época de lluvias o de estiaje. A esto se suma que no es fácil deslindar los efectos de las modificaciones hidráulicas, de aquellas asociadas específicamente al manejo de agroquímicos.

A pesar de las limitaciones enunciadas, podemos considerar que un enfoque como el aplicado ha resultado útil para explorar el efecto de las arroceras sobre las comunidades de peces y la utilidad de estos como organismos indicadores de la calidad ambiental que poseen los ambientes acuáticos asociados al cultivo de arroz. Podemos considerar estos resultados como una línea de base sobre la cual será necesario trabajar más, tanto para conocer mejor a nuestra fauna íctica como para desarrollar modelos de gestión del cultivo de arroz sustentables desde el punto de vista de la biodiversidad acuática. Estos resultados, por otra parte, señalan la necesidad de trabajar con los productores arroceros como actores clave para la conservación de los peces de agua dulce, desarrollando metodologías que les permitan ser partícipes activos de su conocimiento y del seguimiento de su estado de conservación.

Agradecimientos

La autora desea expresar su agradecimiento a Florencia Brancolini y Facundo Schivo que asistieron con el muestreo a campo. Florencia Brancolini además contribuyó con la determinación de las especies de Entre Ríos y Corrientes, Julia Mantinian realizó la revisión de la mayoría de las especies de Cheirodontinos y Alejandra Baigún colaboró en la preparación de las figuras y la ficha de especies.

Bibliografía

Adámoli, J. 2008. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Productivo de la Represa Ayuí Grande. Informe Técnico.

Almiron, A., J. Casciotta, L. Ciotek y P. Giorgis. 2008. Guía de los peces del Parque Nacional Pre-Delta. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires. 216 pp.

Bambaradeniya, C.N.B. y F.P. Amerasinghe. 2003. Biodiversity associated with the rice field agroecosystem in Asian countries: A brief review. Working Paper 63. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 24 pp.

Britski, H.A., K.Z de Silimon y B. Lopez. 2007. Peixes do Pantanal. Manual de identificação. 2da Ed. Rev. Ampl. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília. 227 pp.

Cappato J. y A. Yanosky (eds). 2009. Uso sostenible de peces en la Cuenca del Plata. Evaluación subregional del estado de amenaza, Argentina y Paraguay. UICN. 76 pp.

Casciotta, J., A. Almiron y J. Bechara. 2005. Peces del Iberá - Hábitat y diversidad. 244 pp.

Chébez, J.C, H. Lopez y J. Athor. 2009. Peces de agua dulce amenazados de la Argentina. En Chébez, J.C. (ed.): Otros que se van. Fauna Argentina Amenazada: 32-54. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.

Connell, M.L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.

Cordiviola, E., D. del Barco y M. Campana. 2006. Los peces del Sitio Ramsar Jaaukanigás, río Paraná, Santa Fe, Argentina. Un inventario preliminar. *Revista FABICIB* 10: 69-76.

Cordiviola, E., M. Campana, D. Demonte, D. del Barco y A. Trógolo. 2009. Estado de conservación de peces Siluriformes del Sitio Ramsar Jaaukanigás (Río Parana Medio), Argentina. *Gayana* 73(2): 222-232.

Demonte, L.D. y J.D. Arias. 2005. Ictiofauna de afluentes de los ríos Paraná y Uruguay en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. En Aceñolaza, F.G. (ed.): Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino II. *INSUGEO Miscelánea* 14: 355-366.

Fernando, C.H. 1996. Ecology of rice fields and its bearing on fisheries and fish culture. En de Silva, S.S. (ed.): *Perspectives in Asian fisheries*: 217-237.

Grenouillet, G., D. Goffaux, D. Pont y P. Kestemont. 2007. A review of existing fish assemblage indicators and methodologies. *Fisheries Management and Ecology* 14: 393-405.

Hued, A.C. y M. Bistoni. 2005. Development and validation of a biotic index for evaluation of environmental quality in the central region of Argentina. *Hydrobiologia* 543: 279-298.

Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21-27.

Karr, J.R., K.D. Fausch, P.L. Angermeier, P.R. Yant y I.J. Schlosser. 1986. Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. Illinois Natural History Survey, Special Publication 5. 28 pp.

Khoa, S.N., K. Lorenzen, C. Garaway, B. Chamsinhg, D. Siebert y M. Randone. 2005. Impacts of irrigation on fisheries in rain-fed rice-farming landscapes. *Journal of Applied Ecology* 42(5): 892-900.

- Lallana, V. (coord.). 2009. Caracterización ecológico-ambiental de represas para riego en Entre Ríos. UNER, Paraná. 299 pp.
- Legendre, P. y E.D. Gallagher. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280.
- Liotta, J. 2006. Distribución geográfica de los peces de aguas continentales de la República Argentina. ProBiota, Serie Documentos N°3, FCNyM, UNLP, La Plata, Buenos Aires. 701 pp.
- López, H.L., A.M. Miquelarena y R.C. Menni. 2003. Lista comentada de los peces continentales de la Argentina. ProBiota Serie Técnica y Didáctica N° 5: 1-86. FCNyM, UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- López, H., A. Miquelarena y J. Ponte Gómez. 2005. Biodiversidad y distribución de la ictiofauna mesopotámica. En Acenolaza, F.G. (ed.): Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino II. INSUGEO, Miscelánea 14: 311-354.
- Menni, R.C. 2004. Peces y ambientes en la Argentina continental. Monografías del Museo Argentino de Ciencias Naturales N° 5. Buenos Aires. 316 pp.
- Miquelarena, A.M., J.E. Mantinian y H.L. López. 2008. Peces de la Mesopotamia Argentina (Characiformes: Characidae: Cheirodontinae). En Aceñolaza, F.G. (ed.): Temas de la Biodiversidad del Litoral III. INSUGEO, Miscelánea 17: 51-90.
- Naiman, R.J. y H. Decamps. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 621-658.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. John Wiley & Sons Inc., New York. 4ta ed. 601 pp.
- Pilatti, M.A., C. D'Angelo, R. Marano, J. Pensiero, H. Potente y A. López Calderón. 2002. Ordenamiento territorial de la cuenca de Los Saladillos (Santa Fe). Ediciones UNL, Santa Fe, 227 pp.
- Reis, R.E., S.O. Kullander y C.J. Ferraris, Jr. (eds.). 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. CLOFFSCA. Edipucrs, Porto Alegre, Brazil. 729 pp.
- Ringuelet, R.A., R. Aramburu y A. Alonso de Aramburu. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. Com. Invest. Cient. Prov. Buenos Aires. 602 pp.
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro, J. Coronel y D.C. Taphorn. 2006. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra de Aroa, north Caribbean coast, Venezuela. *Neotropical Ichthyology* 4(3): 319-328.
- Zayas, M. y E. Cordiviola. 2007. The conservation state of Characidae fish (Pisces: Characiformes) in an area of The Plata Basin, Argentina. *Gayana* 71(2): 203-211.

| Anexo I.- | | Ubicación geográfica (coordenadas expresadas en grados decimales), fecha y tipología de ambiente acuático (ver Tabla 1) de los muestreos realizados. | | | |
|------------------|-------------------------|--|-----------------|--------------|--------------------------|
| ID | Establecimiento | Latitud | Longitud | Fecha | Ambiente acuático |
| 1 | Ea. San Roque | -30,766672 | -60,022388 | 27/11/2009 | 3 |
| 2 | Ea. San Roque | -30,767602 | -60,021927 | 27/11/2009 | 1 |
| 3 | Ea. San Roque | -30,768391 | -60,018204 | 28/11/2009 | 1 |
| 4 | Ea. San Roque | -30,765490 | -60,028624 | 29/11/2009 | 5 |
| 5 | Ea. San Roque | -30,766162 | -60,028076 | 29/11/2009 | 3 |
| 6 | Ea. San Roque | -30,766517 | -60,028809 | 29/11/2009 | 2 |
| 7 | Ea. San Roque | -30,766785 | -60,023107 | 29/11/2009 | 3 |
| 8 | Saladillo Dulce | -30,731431 | -60,240369 | 30/11/2009 | 5 |
| 9 | Rio San Javier | -30,773563 | -59,990621 | 01/12/2009 | 5 |
| 10 | Ea. San Roque | -30,772744 | -60,005948 | 01/12/2009 | 1 |
| 11 | Ea. San Roque | -30,773170 | -60,006176 | 01/12/2009 | 1 |
| 12 | Ea. San Roque | -30,772871 | -60,005613 | 01/12/2009 | 3 |
| 13 | Ea. San Roque | -30,773065 | -60,005955 | 01/12/2009 | 2 |
| 14 | Ea. San Roque | -30,772935 | -60,005455 | 01/12/2009 | 2 |
| 15 | Ea. San Roque | -30,772944 | -60,005771 | 01/12/2009 | 2 |
| 16 | Ea. Curupicay | -29,234250 | -57,821315 | 04/12/2009 | 4 |
| 17 | Ea. Curupicay | -29,237914 | -57,822721 | 04/12/2009 | 1 |
| 18 | Ea. Curupicay | -29,239883 | -57,822295 | 04/12/2009 | 4 |
| 19 | Ea. Curupicay | -29,245387 | -57,892276 | 05/12/2009 | 1 |
| 20 | Ea. Curupicay | -29,247569 | -57,891763 | 05/12/2009 | 1 |
| 21 | Ea. Curupicay | -29,245492 | -57,893971 | 05/12/2009 | 4 |
| 22 | Ea. Curupicay | -29,244620 | -57,894620 | 05/12/2009 | 3 |
| 23 | Ea. Curupicay | -29,245080 | -57,934901 | 04/12/2009 | 5 |
| 24 | Ea. Curupicay | -29,244232 | -57,934567 | 04/12/2009 | 5 |
| 25 | La Querencia-El Redomón | -31,056052 | -58,434513 | 08/01/2010 | 4 |
| 26 | La Querencia-El Redomón | -31,071873 | -58,438469 | 08/01/2010 | 1 |
| 27 | La Querencia-El Redomón | -31,070804 | -58,437283 | 08/01/2010 | 2 |
| 28 | La Querencia-El Redomón | -31,066819 | -58,425045 | 09/01/2010 | 5 |
| 29 | La Querencia-El Redomón | -31,091720 | -58,377926 | 09/01/2010 | 5 |
| 30 | La Querencia-El Redomón | -31,100059 | -58,357947 | 09/01/2010 | 3 |
| 31 | Ea. La Lucha | -30,553235 | -58,752003 | 10/01/2010 | 5 |
| 32 | Ea. La Lucha | -30,553811 | -58,757966 | 11/01/2010 | 4 |
| 33 | Ea. La Lucha | -30,554136 | -58,757696 | 11/01/2010 | 4 |
| 34 | Ea. La Lucha | -30,555115 | -58,758388 | 11/01/2010 | 3 |
| 35 | Ea. La Lucha | -30,559482 | -58,749594 | 11/01/2010 | 1 |
| 36 | Ea. La Lucha | -30,557528 | -58,752927 | 11/01/2010 | 2 |
| 37 | Ea. Curupicay | -29,243356 | -57,899147 | 12/01/2010 | 3 |
| 38 | Ea. Curupicay | -29,242606 | -57,899089 | 12/01/2010 | 4 |
| 39 | Ea. San Roque | -30,772744 | -60,005948 | 13/01/2010 | 1 |
| 40 | Ea. San Roque | -30,773170 | -60,006176 | 13/01/2010 | 1 |
| 41 | Ea. San Roque | -30,772871 | -60,005613 | 13/01/2010 | 3 |
| 42 | Ea. San Roque | -30,773065 | -60,005955 | 13/01/2010 | 2 |
| 43 | Ea. San Roque | -30,772935 | -60,005455 | 13/01/2010 | 2 |
| 44 | Ea. San Roque | -30,772944 | -60,005771 | 13/01/2010 | 2 |

| Anexo II.- | | Especies de peces registradas en las arrozceras muestreadas. ID= identificador numérico de cada especie. | | |
|-------------------|------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| Orden | Familia | ID | Nombre científico | Nombre común |
| Characiformes | Curimatidae | 1 | <i>Steindachnerina brevipinna</i> | |
| | | 2 | <i>Steindachnerina conspersa</i> | |
| | | 3 | <i>Cyphocharax voga</i> | Sabalito, Huevada |
| | | 4 | <i>Cyphocharax spilotos</i> | |
| | | 5 | <i>Cyphocharax</i> sp. | |
| | Anostomidae | 6 | <i>Abramites hypselonotus</i> | Jikii |
| | Prochilodontidae | 7 | <i>Prochilodus lineatus</i> | Sábalo |
| | Crenuchidae | 8 | <i>Characidium rachovii</i> | Mariposita |
| | | 9 | <i>Characidium zebra</i> | |
| | Characidae | 10 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (San Roque) | Mojarra |
| | | 11 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (San Roque) | |
| | | 12 | <i>Astyanax</i> sp. 3 (San Roque) | |
| | | 13 | <i>Astyanax</i> sp. 4 (San Roque) | |
| | | 14 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (Curupicay) | |
| | | 15 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (Curupicay) | |
| | | 16 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (Concordia) | |
| | | 17 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (Concordia) | |
| | | 18 | <i>Astyanax</i> sp. 3 (Concordia) | |
| | | 19 | <i>Astyanax</i> sp. 4 (Concordia) | |
| | | 20 | <i>Astyanax</i> sp. 5 (Concordia) | |
| | | 21 | <i>Astyanax asuncionensis</i> | |
| | | 22 | <i>Astyanax cf. fasciatus</i> | |
| | | 23 | <i>Bryconamericus iheringii</i> | |
| | | 24 | <i>Bryconamericus exodon</i> | |
| | | 25 | <i>Cyanocharax</i> sp. (Concordia) | |
| | | 27 | <i>Hemmigrammus manherti</i> | |
| | | 28 | <i>Hemmigrammus</i> sp. (Curupicay) | |
| | | 29 | <i>Hyphessobrycon anisitsi</i> | |
| | | 30 | <i>Hyphessobrycon auca</i> | |
| | | 31 | <i>Hyphessobrycon luetkenii</i> | |
| | | 32 | <i>Hyphessobrycon meridionalis</i> | |
| | | 33 | <i>Moenkausia intermedia</i> | |
| | | 34 | <i>Salminus brasiliensis</i> | Dorado |
| | | 35 | <i>Serrasalmus maculatus</i> | Palometa |
| | | 36 | <i>Pygocentrus nattereri</i> | Piraña |
| | | 37 | <i>Aphyocharax anisitsi</i> | |
| | | 38 | <i>Aphyocharax dentatus</i> | |
| | | 39 | <i>Charax stenopterus</i> | Dientudo transparente o jorobado |
| | | 26 | <i>Cheirodon ibicuihensis</i> | Mojarra cheirodontinae |
| | | 40 | <i>Cheirodon interruptus</i> | |

| Orden | Familia | ID | Nombre científico | Nombre común | |
|--------------|--------------------|---------------|--|-----------------------------------|------------------------|
| | | 41 | <i>Heterocheirodon yatai</i> | | |
| | | 42 | <i>Serrapinnus kriegi</i> | | |
| | | 43 | <i>Serrapinnus calliurus</i> | | |
| | | 44 | <i>Odontostilbe pequirá</i> | | |
| | | 45 | <i>Macropsobrycon uruguayanae</i> | | |
| | | 46 | <i>Cheirodontinae</i> sp. (La Lucha) | | |
| | | 47 | <i>Cheirodontinae</i> sp. (San Javier) | | |
| | | 48 | <i>Diapoma terofali</i> | | |
| | | 49 | <i>Pseudocorynopoma doriai</i> | Mojarra de velo | |
| | Acestrorhynchidae | 50 | <i>Acestrorhynchus</i> sp. | Dientudo | |
| | | 51 | <i>Acestrorhynchus pantaneiro</i> | Dientudo paraguayo | |
| | | 52 | <i>Oligosarchus jennynsii</i> | Dientudo | |
| | Erythrinidae | 53 | <i>Hoplias malabaricus</i> | Tararira | |
| Siluriformes | Trichomycteridae | 54 | <i>Homodiaetus anisitsi</i> | Cabiru, Chupa-chupa | |
| | Callichthyidae | 55 | <i>Corydoras paleatus</i> | Tachuela, Limpiafondos | |
| | Loricariidae | 56 | <i>Otocinclus</i> sp. | Limpiavidrios | |
| | | 57 | <i>Hypoptopoma inexpectata</i> | Viejas de agua | |
| | | 58 | <i>Loricariichthys</i> sp. | | |
| | | 59 | <i>Hemiloricaria parva</i> | | |
| | | 60 | <i>Hypostomus</i> sp. | | |
| | | 61 | <i>Hypostomus commersoni</i> | | |
| | | 62 | <i>Pterygoplichthys ambrosetti</i> | | |
| | | Aspredinidae | 63 | <i>Bunocephalus iheringii</i> | Guitarrita |
| | Heptapteridae | 64 | <i>Pimelodella gracilis</i> | Bagre cantor | |
| | | 65 | <i>Pimelodella laticeps</i> | | |
| | | 66 | <i>Rhamdia quelen</i> | Bagre sapo, Bagre negro | |
| | Auchenipteridae | 67 | <i>Trachelyopterus</i> sp. | Torito, Apretador | |
| | Pimelodidae | 68 | <i>Iheringichthys labrosus</i> | Bagre tropudo | |
| | | 69 | <i>Pimelodus maculatus</i> | Bagre amarillo | |
| | | 70 | <i>Heptapterus mustelinus</i> | Bagre anguila | |
| | | 71 | <i>Microglanis cottoides</i> | Bagresito de las piedras | |
| | | 72 | <i>Pimelodus albicans</i> | Bagre blanco, Moncholo | |
| | Pseudopimelodidae | 73 | <i>Pseudoplatystoma reticulatus</i> | Surubí atigrado | |
| | Cyprinodontiformes | Poeciliidae | 74 | <i>Cnesterodon</i> sp. | Madrecita, overito |
| | | | 75 | <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> | |
| | Synbranchiformes | Synbranchidae | 76 | <i>Synbranchus marmoratus</i> | Anguila criolla |
| | Perciformes | Cichlidae | 77 | <i>Australoheros facetus</i> | Chanchita |
| | | | 78 | <i>Ciclasoma dimerus</i> | |
| | | | 79 | <i>Crenicichla lepidota</i> | Juanita, Cabeza amarga |
| | | | 80 | <i>Gymnogeophagus balzanii</i> | Siete colores |
| 81 | | | <i>Gymnogeophagus</i> sp. | | |
| 82 | | | <i>Apistogramma</i> sp. | | |

Nota: Las especies que no pudieron ser determinadas se indican con el género correspondiente y el establecimiento y/o localidad donde fueron capturadas. En el caso de existir más de una para un mismo establecimiento, se numeraron en forma correlativa.

Anexo III.- Lista de especies registradas por establecimiento (ESR= Ea. San Roque, PQR= Parajes La Querencia y El Redomón, ELL= Ea. La Lucha y ECU= Ea. Curupicay) y tipología de ambiente acuático (ver referencias en Tabla 1).

| ID | Nombre científico | ESR | | | | PQR | | | | | ELL | | | | | ECU | | | |
|----|--------------------------------------|-----|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | <i>Steindachnerina brevipinna</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | <i>Steindachnerina conspersa</i> | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | <i>Cyphocharax voga</i> | | | ■ | | | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | |
| 4 | 9 pt | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| 5 | <i>Cyphocharax</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| 6 | <i>Abramites hypselonotus</i> | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | <i>Prochilodus lineatus</i> | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ | | | | | | | | | | ■ |
| 8 | <i>Characidium rachovii</i> | | | | | | | ■ | | | | | | | | | ■ | | |
| 9 | <i>Characidium zebra</i> | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| 10 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (San Roque) | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (San Roque) | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | <i>Astyanax</i> sp. 3 (San Roque) | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | <i>Astyanax</i> sp. 4 (San Roque) | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 14 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (Curupicay) | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | ■ |
| 15 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (Curupicay) | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | ■ |
| 16 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (Concordia) | | | | | | ■ | | | ■ | | | ■ | ■ | | | | | |
| 17 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (Concordia) | | | | | | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | | | | | | |
| 18 | <i>Astyanax</i> sp. 3 (Concordia) | | | | | | | | | ■ | | | ■ | | | | | | |
| 19 | <i>Astyanax</i> sp. 4 (Concordia) | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 20 | <i>Astyanax</i> sp. 5 (Concordia) | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 21 | <i>Astyanax asuncionensis</i> | ■ | | ■ | | | | | | ■ | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| 22 | <i>Astyanax</i> cf. <i>fasciatus</i> | | | ■ | | | | | | | | ■ | | ■ | | | | ■ | |
| 23 | <i>Bryconamericus iheringii</i> | ■ | | ■ | | | | | | | | | | ■ | | | | ■ | |
| 24 | <i>Bryconamericus exodon</i> | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| 25 | <i>Cyanocharax</i> sp. (Concordia) | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| 27 | <i>Hemmigrammus manherti</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 28 | <i>Hemmigrammus</i> sp. (Curupicay) | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | |
| 29 | <i>Hyphessobrycon anisitsi</i> | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | <i>Hyphessobrycon auca</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 31 | <i>Hyphessobrycon luetkenii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 32 | <i>Hyphessobrycon meridionalis</i> | | | ■ | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| 33 | <i>Moenkausia intermedia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 34 | <i>Salminus brasiliensis</i> | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | <i>Serrasalmus maculatus</i> | | | | | | | | | | | ■ | | ■ | | | | | ■ |
| 36 | <i>Pygocentrus nattereri</i> | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 37 | <i>Aphyocharax anisitsi</i> | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | ■ |
| 38 | <i>Aphyocharax dentatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| 39 | <i>Charax stenopterus</i> | | ■ | ■ | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | ■ |
| 26 | <i>Cheirodon ibicuihensis</i> | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 40 | <i>Cheirodon interruptus</i> | | | | | | | ■ | | ■ | | | | | | | | | ■ |

| ID | Nombre científico | ESR | | | | PQR | | | | | ELL | | | | | ECU | | | | |
|----|--|-----|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 3 | 4 | 5 | |
| 41 | <i>Heterocheirodon yatai</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | <i>Serrapinnus kriegi</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | <i>Serrapinnus calliurus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | <i>Odontostilbe pequirá</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | <i>Macropsobrycon uruguayanae</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | <i>Cheirodontinae</i> sp. (La Lucha) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | <i>Cheirodontinae</i> sp. (San Javier) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | <i>Diapoma terofali</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | <i>Pseudocorynopoma doriai</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | <i>Acestrorhynchus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | <i>Acestrorhynchus pantaneiro</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | <i>Oligosarchus jennynsii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | <i>Hoplias malabaricus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | <i>Homodiaetus anisitsi</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | <i>Corydoras paleatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | <i>Otocinclus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | <i>Hypoptopoma inexpectata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | <i>Loricariichthys</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | <i>Hemiloricaria parva</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | <i>Hypostomus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | <i>Hypostomus commersoni</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | <i>Pterygoplichthys ambrosetti</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | <i>Bunocephalus iheringii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | <i>Pimelodella gracilis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | <i>Pimelodella laticeps</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | <i>Rhamdia quelen</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | <i>Trachelyopterus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | <i>Iheringichthys labrosus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | <i>Pimelodus maculatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | <i>Heptapterus mustelinus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | <i>Microglanis cottoides</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | <i>Pimelodus albicans</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73 | <i>Pseudoplatystoma reticulatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | <i>Cnesterodon</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | <i>Synbranchus marmoratus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | <i>Australoheros facetus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | <i>Ciclasoma dimerus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79 | <i>Crenicichla lepidota</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | <i>Gymnogeophagus balzanii</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 81 | <i>Gymnogeophagus</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 82 | <i>Apistogramma</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo IV.-

Caracterización de las especies registradas en cuanto a gremios ecológicos (migración, reproducción, cuidado parental, estructura trófica y longevidad) y estado de conservación.

| ID | Nombre científico | Gremios | | | | Estado de conservación |
|----|-------------------------------------|---------|----|----|-------|------------------------|
| | | M | C | T | Long. | |
| 1 | <i>Steindachnerina brevipinna</i> | M2 | C1 | T1 | | Rara |
| 2 | <i>Steindachnerina conspersa</i> | M2 | C1 | T1 | | |
| 3 | <i>Cyphocharax voga</i> | M2 | C1 | T1 | | |
| 4 | <i>Cyphocharax spilotos</i> | M2 | C1 | T1 | | |
| 5 | <i>Cyphocharax</i> sp. | M2 | C1 | T1 | | |
| 6 | <i>Abramites hypselonotus</i> | M1 | C1 | T2 | | |
| 7 | <i>Prochilodus lineatus</i> | M3 | C1 | T1 | L | |
| 8 | <i>Characidium rachovii</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 9 | <i>Characidium zebra</i> | M1 | C2 | T3 | | |
| 10 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (San Roque) | M2 | C2 | T3 | | |
| 11 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (San Roque) | M2 | C2 | T3 | | |
| 12 | <i>Astyanax</i> sp. 3 (San Roque) | M2 | C2 | T3 | | |
| 13 | <i>Astyanax</i> sp. 4 (San Roque) | M2 | C2 | T3 | | |
| 14 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (Curupicay) | M2 | C2 | T3 | | |
| 15 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (Curupicay) | M2 | C2 | T3 | | |
| 16 | <i>Astyanax</i> sp. 1 (Concordia) | M2 | C2 | T3 | | |
| 17 | <i>Astyanax</i> sp. 2 (Concordia) | M2 | C2 | T3 | | |
| 18 | <i>Astyanax</i> sp. 3 (Concordia) | M2 | C2 | T3 | | |
| 19 | <i>Astyanax</i> sp. 4 (Concordia) | M2 | C2 | T3 | | |
| 20 | <i>Astyanax</i> sp. 5 (Concordia) | M2 | C2 | T3 | | |
| 21 | <i>Astyanax asuncionensis</i> | M2 | C2 | T3 | L | |
| 22 | <i>Astyanax cf. fasciatus</i> | M2 | C2 | T3 | | |
| 23 | <i>Bryconamericus iheringii</i> | M2 | C2 | T3 | | Rara |
| 24 | <i>Bryconamericus exodon</i> | M2 | C2 | T3 | | Rara |
| 25 | <i>Cyanocharax</i> sp. (Concordia) | M1 | C2 | T3 | | |
| 27 | <i>Hemmigrammus manherti</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 28 | <i>Hemmigrammus</i> sp. (Curupicay) | M1 | C2 | T3 | | |
| 29 | <i>Hyphessobrycon anisitsi</i> | M1 | C2 | T3 | | |
| 30 | <i>Hyphessobrycon auca</i> | M1 | C2 | T3 | | Endémica |
| 31 | <i>Hyphessobrycon luetkenii</i> | M1 | C2 | T3 | | |
| 32 | <i>Hyphessobrycon meridionalis</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 33 | <i>Moenkausia intermedia</i> | M2 | C2 | T3 | | Rara |
| 34 | <i>Salminus brasiliensis</i> | M3 | C1 | T4 | L | |
| 35 | <i>Serrasalmus maculatus</i> | M3 | C2 | T4 | L | |
| 36 | <i>Pygocentrus nattereri</i> | M3 | C2 | T4 | L | |
| 37 | <i>Aphyocharax anisitsi</i> | M1 | C2 | T3 | | |
| 38 | <i>Aphyocharax dentatus</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 39 | <i>Charax stenopterus</i> | M2 | C2 | T3 | | |
| 26 | <i>Cheirodon ibicuihensis</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 40 | <i>Cheirodon interruptus</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 41 | <i>Heterocheirodon yatai</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 42 | <i>Serrapinnus kriegi</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 43 | <i>Serrapinnus calliurus</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |

| ID | Nombre científico | Gremios | | | | Estado de conservación |
|----|--|---------|----|-----|-------|------------------------|
| | | M | C | T | Long. | |
| 44 | <i>Odontostilbe pequirá</i> | M3 | C2 | T3 | | |
| 45 | <i>Macropsobrycon uruguayanae</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 46 | <i>Cheirodontinae</i> sp. (La Lucha) | M1 | C2 | T3 | | |
| 47 | <i>Cheirodontinae</i> sp. (San Javier) | M1 | C2 | T3 | | |
| 48 | <i>Diapoma terofali</i> | M2 | C2 | T3 | | Rara |
| 49 | <i>Pseudocorynopoma doriai</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 50 | <i>Acestrorhynchus</i> sp. | M2 | C1 | T4 | | |
| 51 | <i>Acestrorhynchus pantaneiro</i> | M2 | C1 | T4 | L | |
| 52 | <i>Oligosarchus jennynsii</i> | M2 | C1 | T4 | L | |
| 53 | <i>Hoplias malabaricus</i> | M1 | C3 | T4 | L | |
| 54 | <i>Homodiaetus anisitsi</i> | M1 | C1 | T4* | | |
| 55 | <i>Corydoras paleatus</i> | M1 | C2 | T2 | | |
| 56 | <i>Otocinclus</i> sp. | M1 | C2 | T2 | | Rara |
| 57 | <i>Hypoptopoma inexpectata</i> | M1 | C2 | T2 | | |
| 58 | <i>Loricariichthys</i> sp. | M1 | C3 | T2 | | |
| 59 | <i>Hemiloricaria parva</i> | M1 | C3 | T2 | | |
| 60 | <i>Hypostomus</i> sp. | M2 | C2 | T2 | L | |
| 61 | <i>Hypostomus commersoni</i> | M2 | C2 | T2 | L | |
| 62 | <i>Pterygoplichthys ambrosetti</i> | M2 | C2 | T2 | L | |
| 63 | <i>Bunocephalus iheringii</i> | M1 | C2 | T2 | | Rara |
| 64 | <i>Pimelodella gracilis</i> | M2 | C2 | T3 | | |
| 65 | <i>Pimelodella laticeps</i> | M2 | C2 | T3 | | |
| 66 | <i>Rhamdia quelen</i> | M2 | C2 | T3 | L | |
| 67 | <i>Trachelyopterus</i> sp. | M1 | C3 | T3 | | |
| 68 | <i>Iheringichthys labrosus</i> | M2 | C2 | T3 | | |
| 69 | <i>Pimelodus maculatus</i> | M2 | C1 | T4 | L | |
| 70 | <i>Heptapterus mustelinus</i> | M1 | C2 | T3 | | Rara |
| 71 | <i>Microglanis cottoides</i> | M1 | C2 | T3 | | |
| 72 | <i>Pimelodus albicans</i> | M3 | C1 | T4 | L | |
| 73 | <i>Pseudoplatystoma reticulatus</i> | M3 | C1 | T4 | L | Rara |
| 74 | <i>Cnesterodon</i> sp. | M1 | C3 | T3 | | |
| 75 | <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> | M1 | C3 | T3 | | |
| 76 | <i>Synbranchus marmoratus</i> | M1 | C1 | T4 | | |
| 77 | <i>Australoheros facetus</i> | M1 | C3 | T4 | L | |
| 78 | <i>Ciclasoma dimerus</i> | M1 | C3 | T4 | L | |
| 79 | <i>Crenicichla lepidota</i> | M1 | C3 | T4 | L | |
| 80 | <i>Gymnogeophagus balzanii</i> | M1 | C3 | T4 | | |
| 81 | <i>Gymnogeophagus</i> sp. | M1 | C3 | T4 | | |
| 82 | <i>Apistogramma</i> sp. | M1 | C3 | T4 | | |

Nota: Migración (M): M1) no migradora, M2) que realizan desplazamientos medios y M3) migradora de largas distancias.

Reproducción y cuidado parental (C): C1) no cuidadores y desove libre, C2) no cuidadores escondedores de puesta y C3) cuidadores, portadores y especies de fecundación interna. **Estructura trófica (T):** T1) iliófago-detritívoro, T2) predominantemente herbívoro, T3) omnívoro-invertívoro y T4) piscívoro o parásito de peces. **Longevidad (L):** especies que pueden superar los 8 años.

Uso de arrozceras por aves en el noreste de Argentina

Arne J. Lesterhuis

BirdLife International. Email: arne.lesterhuis@birdlife.org

Introducción

El uso de arrozceras por aves acuáticas es un tema que recibe cada vez más interés, dado que el cultivo de arroz se expande rápidamente y en especial en humedales naturales que proveen un ambiente óptimo para este tipo de cultivo. Los arrozales se comportan como un humedal temporal artificial que atrae a una gran diversidad de aves acuáticas y otras especies de aves en grandes concentraciones. Varios estudios muestran que la diversidad y densidad de estas especies cambia en función del estadio en el cual se encuentra el arrozal, presentando una comunidad de aves muy dinámica (ver revisión en Blanco *et al.* 2006, Acosta *et al.* 2010).

Las arrozceras presentan dos caras, por un lado reemplazan los ecosistemas naturales con impactos importantes y pérdida de biodiversidad. Por el otro presentan condiciones más benévolas que otros tipos de cultivos y pueden resultar beneficiosas para algunas especies. Los ecosistemas que son reemplazados por el cultivo de arroz varían mucho e incluyen pastizales naturales inundados, esteros, cerrados, serranías y áreas forestadas. Una vez reemplazado el ecosistema natural, el nivel y el carácter del impacto de la actividad dependen de aspectos tales como las prácticas de manejo del arrozal, su ubicación y, no menos importante, el uso de pesticidas y herbicidas. Para monitorear el impacto de las prácticas del cultivo de arroz en el medio ambiente y la biodiversidad se implementa el uso de bioindicadores.

Dentro de la fauna, las aves son un grupo ampliamente aceptado como uno de los mejores indicadores del estado de un ambiente o ecosistema. Entre las varias razones se destacan su alta posición en la pirámide trófica, la gran cantidad de datos que pueden ser colectados en forma relativamente sencilla, la variedad de tipos de hábitat que ocupan y la gran atención que reciben por parte de un amplio público (Heath y Raument 2001).

En el proceso de identificar bioindicadores existen diversos atributos a tener en cuenta. Gregory *et al.* (2003, 2005) presentan un total de 14 atributos importantes a tal fin que comprenden cualidades como la credibilidad científica, la sensibilidad a los cambios ambientales y la factibilidad de su actualización. Para desarrollar buenos bioindicadores, en general las

especies a seleccionar deben cumplir con algunos de estos atributos. Además, debe estar claro lo que se quiere monitorear. Para el caso particular de las arrozceras, el enfoque sería el monitoreo de la calidad ambiental, la promoción de buenas prácticas y el uso sustentable del medio ambiente.

El presente trabajo tiene como objetivo generar información de base sobre las aves acuáticas y otras especies de aves que habitan las arrozceras del noreste de la Argentina, donde se concentra la producción arroceras del país, así como utilizar dicha información para identificar potenciales bioindicadores destinados al monitoreo de la calidad ambiental del cultivo.

Área de estudio y metodología

El estudio se llevó a cabo en las provincias de Santa Fe, Corrientes y Entre Ríos, en el noreste de la Argentina. Para más detalle acerca del área de estudio ver Capítulo 2.

En las arrozceras del Neotrópico se han identificado al menos 34 familias de aves, de las cuales aproximadamente el 80% fueron también registradas en arrozceras de la Argentina (Tabla 1). En este estudio y para el análisis de los resultados, las especies de aves fueron separadas en dos grandes grupos:

- Aves acuáticas: incluye las 33 familias de no paseriformes consideradas como “waterbirds” por Rose y Scott (1997), incluyendo cormoranes, garzas, cuervillos, flamencos, patos, chorlos y playeros, gaviotas y gaviotines, entre otros.
- Otras especies dependientes de los humedales: incluyen a las familias de no paseriformes y paseriformes que, sin pertenecer al primer grupo, dependen ecológicamente de los humedales durante al menos una parte de su ciclo de vida. Éstas fueron identificadas en base a la clasificación de uso de hábitat por especie de Stotz *et al.* (1996). Se incluyen en este grupo a las familias Accipitridae, Alcedinidae, Furnariidae, Tyrannidae e Icteridae, entre otras.

La taxonomía y nomenclatura de las “aves acuáticas” sigue a Wetlands International (2006), mientras que para las “otras especies dependientes de los humedales” se utilizó a Mazar-Barnett y Pearman (2001).



D. Blanco

Arrocera en San Javier, Santa Fe.

| Tabla 1.- Familias de aves observadas en arrozceras del Neotrópico y de Argentina (*), en base a Blanco <i>et al.</i> (2006). | |
|--|---|
| Aves acuáticas | Otras aves dependientes de humedales |
| Podicipedidae | Tinamidae |
| Phalacrocoracidae * | Cathartidae * |
| Anhingidae | Accipitridae * |
| Ardeidae * | Falconidae * |
| Ciconiidae * | Columbidae * |
| Threskiornithidae * | Psittacidae * |
| Phoenicopteridae | Cuculidae * |
| Anhimidae * | Trochilidae * |
| Anatidae * | Alcedinidae * |
| Aramidae | Furnariidae * |
| Rallidae * | Tyrannidae * |
| Jacaniidae * | Hirundinidae * |
| Rostratulidae | Motacillidae * |
| Recurvirostridae * | Emberizidae * |
| Charadriidae * | Icteridae * |
| Scolopacidae * | Fringillidae * |
| Laridae | |
| Sternidae * | |

Diseño del muestreo

Se establecieron cuatro sitios de muestreo: 1) Estancia San Roque (Santa Fe), 2) Estancia Curupicay (Corrientes), 3) Estancia La Loma (Entre Ríos) y 4) Estancia La Lucha (Entre Ríos).

Se realizaron dos campañas. La primera del 26 de noviembre al 9 de diciembre de 2009, visitando arrozceras de Santa Fe (Ea. San Roque) y Corrientes (Ea. Curupicay). La segunda campaña se realizó del 3 al 10 de enero del 2010, visitando arrozceras de Entre Ríos (Ea. La Lucha y Ea. La Loma) y Corrientes (Ea. Curupicay). Las arrozceras de la Ea. Curupicay fueron visitadas dos veces dado que durante la primera campaña las mismas se encontraban sin agua (diciembre 2009). En enero de 2010 el proceso de riego ya se había iniciado y por lo tanto, las arrozceras se encontraban anegadas.

Muestreo de aves

Para el muestreo de *aves acuáticas* se realizaron puntos de conteo recorriendo los caminos internos y circundantes de cada arrozera, utilizando un vehículo 4x4 y realizando paradas aproximadamente cada 500 metros. En cada punto de conteo se registraron durante 10 minutos todas las aves acuáticas presentes en un

radio de aproximadamente 200 metros y su espacio aéreo. Se tomaron datos de especie, número de individuos y comportamiento. Las distancias entre los puntos fueron medidas con un GPS (Garmin 12) y las aves fueron observadas con binoculares 7x50.

Para el muestreo de *otras especies dependientes de los humedales*, se recorrieron los caminos internos y circundantes de las arroceras en cada sitio de muestreo, registrando todos los individuos observados durante la jornada de trabajo (por lo menos ocho horas diarias).

Análisis y presentación de los resultados

Tal como se mencionó previamente, para el análisis de los datos se consideraron por separado a las *aves acuáticas* y a las *otras especies dependientes de los humedales*. Asimismo, los datos fueron agrupados por sitio (n=4) y por tipo de riego (n=3) (para más detalle acerca del área de estudio ver Capítulo 2). Dado que las arroceras en Ea. Curupicay (Corrientes) y Ea. La Lucha (Entre Ríos) cuentan con riego de represa, ambos sitios fueron considerados juntos para el análisis de abundancia y diversidad por tipo de riego.

Para los cálculos de incidencia en los muestreos se siguió Blanco *et al.* (2006), quienes definen la incidencia como la “*frecuencia de ocurrencia de una especie en los muestreos o como el porcentaje de censos de puntos donde la especie fue registrada*”. Para las *aves acuáticas* se calculó la incidencia por especie para cada uno de los cuatro sitios de muestreo. Para clasificar a las especies por su abundancia relativa se adoptaron las categorías de Blanco *et al.* (2006):

1. Muy común: incidencia promedio > 75%
2. Común: incidencia promedio > 25% y ≤ 75%
3. Poco común: incidencia promedio > 3% y ≤ 25%
4. Ocasional: incidencia promedio ≤ 3%

Para el análisis de los datos de *otras especies dependientes de los humedales*, se utilizó un indicador de abundancia relativa para cada sitio, referido al total de horas de observación por día (Bibby *et al.* 1998). El total de individuos de una especie observados en el sitio fue dividido por las horas de observación (una sola persona), en este caso por ocho horas. Este indicador simple nos da una idea de la probabilidad de observación de una determinada especie en cada sitio. Este método no puede ser utilizado para estimar densidades, pero si resulta útil para comparar abundancias entre sitios. Para clasificar a las especies por su abundancia relativa en función de la probabilidad de observación (P), se utilizaron las siguientes categorías:

1. Abundante: $P > 10$
2. Común: $2,5 < P \leq 10$
3. Frecuente: $1 < P \leq 2,5$
4. Poco común: $0,1 < P \leq 1$
5. Raro: $P \leq 0,1$

Es importante tener en cuenta que esta abundancia relativa es subjetiva y es sólo indicativa de la abundancia

potencial de las especies dentro de los límites del sitio. Lo más probable es que la lista total de especies presentes en un sitio, así como la abundancia relativa de muchas especies, cambien a través del tiempo.

Bioindicadores

Para la identificación de especies útiles como bioindicadores de buenas prácticas de cultivo de arroz, se consideraron tanto a las *aves acuáticas* como a las *otras especies dependientes de los humedales*. Los datos de todos los sitios fueron analizados en conjunto, tomando la abundancia y la frecuencia de observación de especies y considerando la sensibilidad potencial a los pesticidas y herbicidas utilizados en las arroceras. También se tuvieron en cuenta los atributos formulados por Gregory *et al.* (2005), los cuales se describen a continuación:

- **Representativo:** incluye todas las especies de un taxón elegido ó un grupo representativo.
- **Actualizable:** capaz de ser actualizado regularmente, idealmente al menos una vez al año.
- **Simple:** transparente, fácil de interpretar y visualmente atractivo. La información compleja se presenta de forma simple para que tenga impacto y comunique.
- **Fácilmente entendible:** tanto los políticos como el público en general deben ser capaces de entenderlos y utilizarlos.
- **Cuantitativo:** medición exacta con cálculo del error. Muestra tendencias en el tiempo, mide una tasa de cambio y los cambios en la tasa.
- **Sensible:** sensible a los cambios ambientales de corto plazo.
- **Oportuno:** permite una rápida identificación de tendencias y la advertencia temprana de problemas.
- **Susceptible a análisis:** los datos pueden ser desglosados para ayudar a comprender los patrones subyacentes y descubrir las potenciales causas de las tendencias observadas.
- **De fácil recolección:** los datos están disponibles o pueden ser fácilmente recolectados. No requiere demasiados recursos económicos.
- **Indicativo:** representa componentes o atributos más generales de la biodiversidad, más que sólo tendencias de las especies constituyentes, reflejando idealmente la salud del ecosistema.
- **Dirigido:** desarrollado como respuesta a la necesidad de los interesados.
- **De relevancia política:** los indicadores están dirigidos a proveer señales a los políticos para ayudarlos en el desarrollo y posterior revisión de sus acciones.
- **Estable:** no sujeto a grandes e irregulares fluctuaciones naturales.
- **Manejable:** sujeto a la influencia humana y al cambio.

Resultados

Esfuerzo de muestreo

Se realizaron en total, entre las dos campañas, 64 puntos de muestreo (ver Tabla 2 y Anexo 1), de los cuales 55 correspondieron a arrozceras y nueve a otros ambientes circundantes. La superficie de arrozceras en Ea. La Loma era menor que en los otros sitios, resultando en menos puntos de muestreo (Tabla 2). Además, en Ea. La Loma las arrozceras se encontraban dispersas entre otros cultivos, algo también observado en Ea. Curupicay.

| Tabla 2.- Esfuerzo de muestreo expresado como puntos de conteo realizados por sitio y por campaña. | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Sitio | Campaña 1 | Campaña 2 | Total |
| Ea. San Roque | 23 | - | 23 |
| Ea. Curupicay | 11 | 6 | 17 |
| Ea. La Lucha | - | 15 | 15 |
| Ea. La Loma | - | 9 | 9 |
| Total | 34 | 30 | 64 |

La avifauna de las arrozceras

Durante el trabajo de campo en las arrozceras se observaron en total 137 especies de aves (ver Anexo 2), de las cuales 56 fueron aves acuáticas (40,9%) y 24 otras especies dependientes de los humedales (17,5%). Las 57 especies restantes fueron aves que se asocian principalmente a ambientes terrestres.

Del total de especies registradas, 52 no habían sido observadas anteriormente en arrozceras de Argentina (Blanco *et al.* 2006), incluyendo seis especies de patos y dos especies de aves playeras neárticas. Cuatro de estas especies (*Coscoroba coscoroba*, *Anas flavirostris*, *A. georgica* y *Larus maculipennis*), si habían sido observadas por los mismos autores en arrozceras de Uruguay.

Aves acuáticas observadas por primera vez en arrozceras de Argentina

Coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), Pato real (*Cairina moschata*), Pato barcino (*Anas flavirostris*), Pato maicero (*Anas georgica*), Pato gargantilla (*Anas bahamensis*), Pato cuchara (*Anas platalea*), Hócó colorado (*Tigrisoma lineatum*), Bandurria mora (*Theristicus caerulescens*), Ipacaá (*Aramides ypecaha*), Gallareta chica (*Fulica leucoptera*), Playerito manchado (*Actitis macularius*), Playero zancudo (*Calidris himantopus*), Gaviota capucho café (*Larus maculipennis*), Gaviota capucho gris (*Larus cirrocephalus*), Gaviotín chico común (*Sterna supercilialis*) y Rayador (*Rynchops niger*).

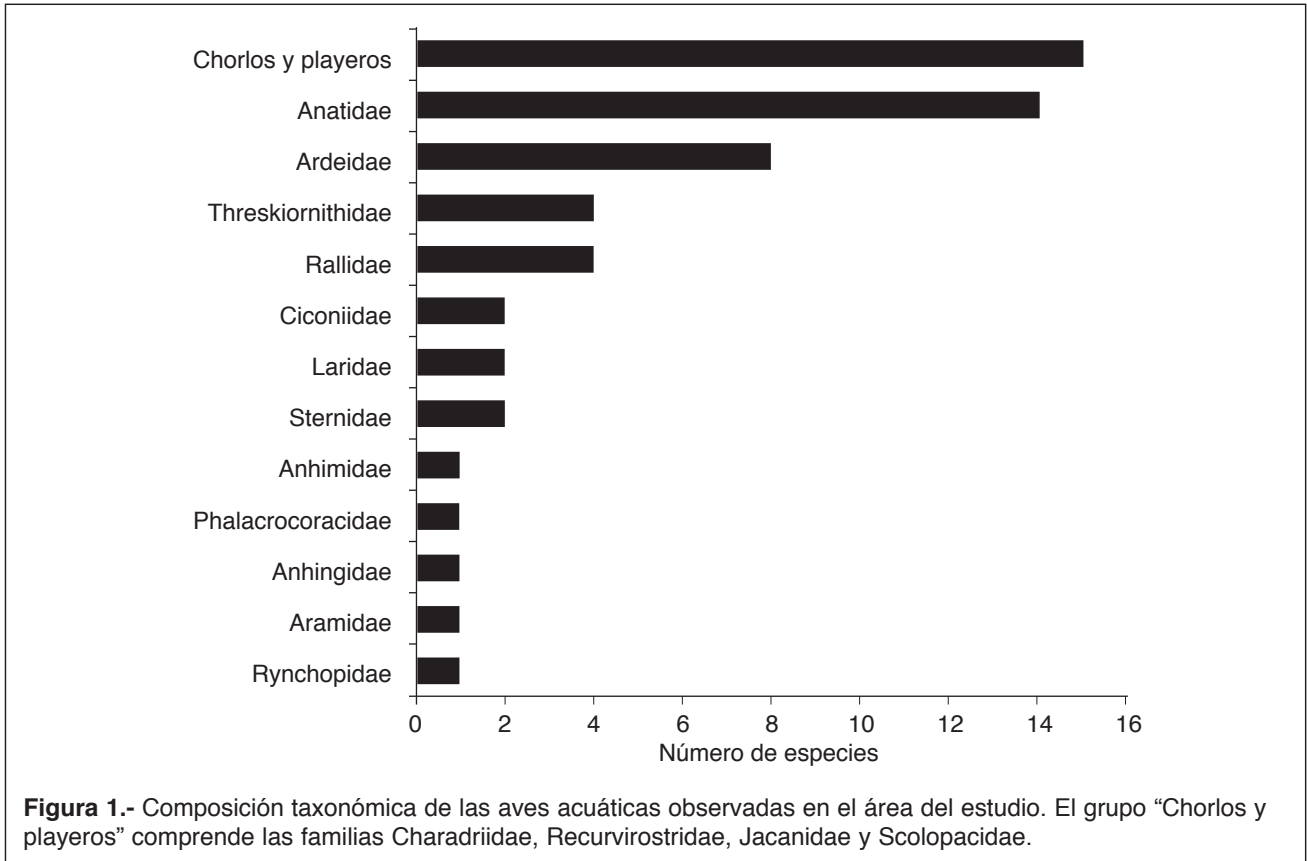
Por otro lado, se registraron tres especies consideradas casi-amenazadas a nivel global (Birdlife International 2010). Estas son el Ñandú (*Rhea americana*), el Playerito canela (*Tryngites subruficollis*) y el Capuchino garganta café (*Sporophila ruficollis*). La primera, *R. americana*, fue observada en arrozceras de Ea. Curupicay, registrándose huellas en Ea. La Loma. *Tryngites subruficollis* fue observada en las tres provincias, pero solamente utilizando las arrozceras de Ea. La Lucha. En Ea. San Roque sólo se la observó en pequeños números en una arrozera abandonada, a cierta distancia de la zona de muestreo, mientras en Ea. Curupicay se la registró en dos bandadas de más de 100 individuos sobrevolando la zona. Para el caso de *S. ruficollis*, la especie estuvo presente en los cuatro sitios, pero fue más numerosa en Ea. San Roque, donde también se la registró nidificando.

Diversidad de aves acuáticas y otras especies dependientes de los humedales

Las 56 especies de aves acuáticas observadas en las arrozceras del área de estudio representaron un total de 16 familias (Figura 1). El grupo dominante fue el de los "chorlos y playeros" con 15 especies, incluyendo a las familias Charadriidae, Recurvirostridae, Jacanidae y Scolopacidae. El segundo grupo dominante fue el de los patos (Anatidae) con 14 especies, seguido por las garzas (Ardeidae), con ocho especies (Figura 1).

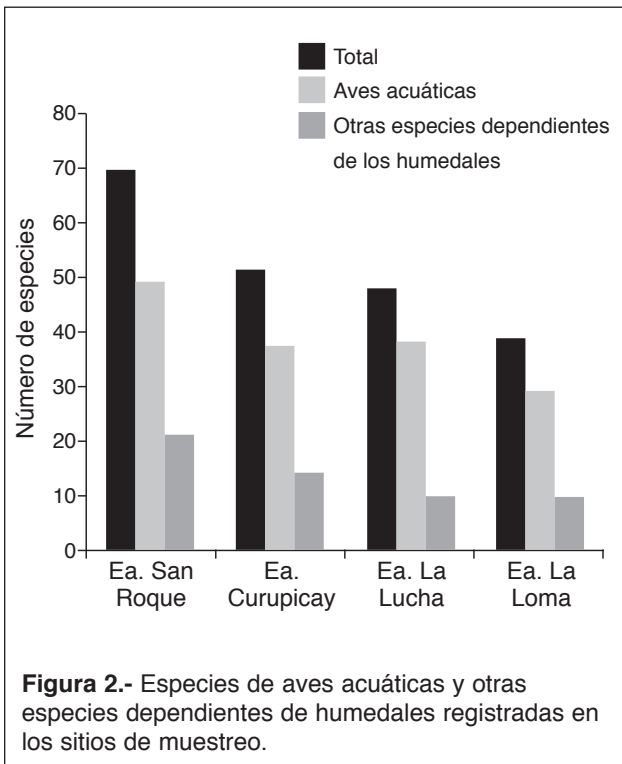
Con respecto a las otras especies dependientes de los humedales, las familias dominantes fueron Tyrannidae (cinco especies), Emberizidae (cuatro especies) e Icteridae (cinco especies).

| Tabla 3.- | | Diversidad (número de especies) de aves acuáticas y de otras especies dependientes de los humedales por sitio. Entre paréntesis se indica el porcentaje en relación al número total de especies observadas durante el estudio. | | | | |
|---|----------|--|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| Grupo | Estancia | Ea. San Roque | Ea. Curupicay | Ea. La Lucha | Ea. La Loma | Número total de especies |
| Aves acuáticas | | 49 (87,5%) | 37 (66,1%) | 38 (67,9%) | 28 (50%) | 56 |
| Otras aves dependientes de los humedales | | 21 (87,5%) | 14 (58,3%) | 10 (41,7%) | 10 (41,7%) | 24 |
| Total | | 70 (87,5%) | 51 (63,8%) | 48 (60%) | 38 (47,5%) | 80 |



La mayor diversidad de aves fue registrada en las arrozceras de Ea. San Roque, contabilizando un total de 70 especies, de las cuales 49 fueron aves acuáticas y 21 otras especies dependientes de los humedales (Tabla 3, Figura 2). En las estancias Curupicay y La Lucha se

registraron en total 51 especies (37 aves acuáticas) y 48 especies (38 aves acuáticas) respectivamente. La menor diversidad correspondió a Ea. La Loma, con sólo 38 especies registradas (Tabla 3, Figura 2).



Abundancia de aves acuáticas

Las abundancias por especie variaron entre los cuatro sitios de muestreo (Tabla 4). Entre las especies más comunes (incidencia promedio mayor al 25%), se destacan el Tero (*Vanellus chilensis*), el Sirirí pampa (*Dendrocygna viduata*) y el Cuervillo cara pelada (*Phimosus infuscatus*). Sin embargo, de estas tres, solamente *V. chilensis* mostró una incidencia mayor al 25% en los cuatro sitios de muestreo (Tabla 4), siendo considerada la especie más común en la zona de estudio.

En Ea. San Roque las especies más comunes (incidencia mayor al 25%), fueron *V. chilensis*, Chajá (*Chauna torquata*), Garcita blanca (*Egretta thula*) y Carau (*Aramus guarauna*) (Tabla 4).

En Ea. Curupicay, durante la campaña de diciembre, sólo se registraron dos especies comunes: *V. chilensis* y *D. viduata*. En la campaña de enero, y dado que había más agua, se registró un mayor número de especies comunes: *V. chilensis*, *D. viduata*, Chorlito de collar (*Charadrius collaris*), Pato cutirí (*A. brasiliensis*), *E. thula*, *Phimosus infuscatus* y Pitotoy solitario (*Tringa solitaria*) (Tabla 4). Sin embargo, en el mes de enero se



Aves playeras descansando sobre una taipa: A) *Calidris melanotos* y B) *Tryngites subruficollis*.

observaron menos especies de aves acuáticas en los puntos de conteo (10 especies). Por otro lado, la incidencia de *V. chilensis* fue mayor en enero que en diciembre, mientras que para *D. viduata* este parámetro no se modificó. *Ch. collaris* fue una especie ocasional en diciembre (incidencia menor al 3%), mientras que en enero fue más común (Tabla 4).

En las arrozceras de Ea. La Lucha las especies más comunes fueron *V. chilensis*, *Ch. collaris*, *D. viduata*, *A. brasiliensis*, *P. infuscatus*, Tero real (*Himantopus melanurus*), Playerito pectoral (*Calidris melanotos*) y *Ch. torquata* (Tabla 4). En Ea. La Loma las especies más comunes fueron *V. chilensis*, *D. viduata*, *A. brasiliensis* y Pitotoy chico (*Tringa flavipes*).

Muchas especies mostraron diferencias notables en cuanto a la incidencia entre los cuatro sitios de muestreo. Por ejemplo, *D. viduata* fue una especie común en las arrozceras de las estancias Curupicay, La Lucha y La Loma, en comparación con Ea. San Roque. Asimismo, *Ch. torquata* y *A. guarauna* fueron más comunes en Ea. San Roque y estuvieron ausentes por completo en Ea. La Loma. En general, la diversidad y la abundancia de aves acuáticas fueron mayores en las arrozceras de Ea. San Roque.

Abundancia de otras especies dependientes de los humedales

De las 24 especies dependientes de los humedales registradas en este estudio, 21 fueron observadas en arrozceras de Ea. San Roque, 14 en Ea. Curupicay y 10

en las estancias La Loma y La Lucha en Entre Ríos (Tabla 3). El Caracolero (*R. sociabilis*), Suirirí real (*Tyrannus savana*), Golondrina doméstica (*Progne tapera*), Golondrina ceja blanca (*Tachycineta leucorrhoa*), Varillero congo (*Chrysomus ruficapillus*) y Pecho colorado (*Sturnella superciliaris*) fueron observados con una abundancia relativa >2,5 individuos/hora en arrozceras de al menos uno de los cuatro sitios de muestreo (Tabla 5).

Especies abundantes

Chrysomus ruficapillus - La especie más abundante, ocurriendo en bandadas de hasta 100 individuos o más. En las arrozceras de Ea. San Roque se registró la abundancia más alta, con observaciones de 15,33 individuos/hora (Tabla 5). Además, en este sitio la especie fue observada nidificando en pequeñas comunidades en los esteros adyacentes o en los canales que bordean las arrozceras. En Ea. La Lucha fue una especie bastante común, pero no tanto como en Ea. San Roque, con una abundancia relativa de 5,38 individuos/hora. En las estancias Curupicay y La Loma la especie fue registrada en forma frecuente, con 2 y 1,04 individuos/hora respectivamente.

Especies comunes y frecuentes

Rostrhamus sociabilis - Común en las arrozceras de las estancias San Roque y Curupicay, con observaciones de 6,58 y 3,06 individuos/hora respectivamente. En Ea. La Lucha la especie fue frecuente, con 1,75 individuos/hora

| Tabla 4.- | | Aves acuáticas registradas en arroceras del área de estudio, indicando para cada especie el conteo total por sitio (en todos los puntos de muestreo = N), el % de incidencia entre paréntesis y la incidencia promedio para el área de estudio. Referencias: (nr) = no registrada. | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Especie | Ea. San Roque (N=17) | Ea. Curupicay (diciembre, N=9) | Ea. Curupicay (enero, N=6) | Ea. La Lucha (N=14) | Ea. La Loma (N=9) | Incidencia promedio |
| <i>Vanellus chilensis</i> | 91 (100%) | 11 (44,4%) | 17 (83,3%) | 77 (85,7%) | 19 (88,9%) | 80,5% |
| <i>Dendrocygna viduata</i> | 5 (5,9%) | 31 (66,7%) | 35 (66,7%) | 21 (50,0%) | 41 (88,9%) | 55,6% |
| <i>Phimosus infuscatus</i> | 8 (17,7%) | (nr) | 12 (66,7%) | 13 (50,0%) | (nr) | 26,9% |
| <i>Egretta thula</i> | 24 (35,3%) | (nr) | 9 (50,0%) | 3 (21,4%) | 1 (11,1%) | 23,6% |
| <i>Amazonetta brasiliensis</i> | 6 (5,9%) | (nr) | 4 (33,3%) | 8 (28,6%) | 3 (33,3%) | 20,2% |
| <i>Chauna torquata</i> | 67 (58,8%) | 1 (11,1%) | (nr) | 10 (28,6%) | (nr) | 19,7% |
| <i>Charadrius collaris</i> | (nr) | 4 (0,2%) | 5 (50,0%) | 30 (35,7%) | (nr) | 17,2% |
| <i>Calidris melanotos</i> | (nr) | 1 (11,1%) | (nr) | 125 (50,0%) | 2 (11,1%) | 14,4% |
| <i>Tringa melanoleuca</i> | (nr) | 1 (11,1%) | 1 (16,7%) | 4 (21,4%) | 3 (22,2%) | 14,3% |
| <i>Himantopus melanurus</i> | 48 (11,8%) | 8 (11,1%) | (nr) | 18 (35,7%) | (nr) | 11,7% |
| <i>Ardea alba</i> | 21 (23,5%) | 4 (22,2%) | (nr) | (nr) | 1 (11,1%) | 11,4% |
| <i>Aramus guarana</i> | 12 (35,3%) | (nr) | (nr) | 2 (14,3%) | (nr) | 9,9% |
| <i>Tringa flavipes</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 5 (14,3%) | 8 (33,3%) | 9,5% |
| <i>Tringa solitaria</i> | (nr) | (nr) | 3 (33,3%) | (nr) | 1 (11,1%) | 8,9% |
| <i>Netta peposaca</i> | 14 (17,7%) | 12 (11,1%) | (nr) | (nr) | 2 (11,1%) | 8,0% |
| <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | 11 (23,5%) | (nr) | (nr) | 1 (14,3%) | (nr) | 7,6% |
| <i>Butorides striata</i> | 1 (5,9%) | (nr) | 1 (16,7%) | 2 (14,3%) | (nr) | 7,4% |
| <i>Phaetusa simplex</i> | 10 (17,7%) | (nr) | 1 (16,7%) | (nr) | (nr) | 6,9% |
| <i>Plegadis chihi</i> | 16 (11,8%) | (nr) | (nr) | (nr) | 7 (22,2%) | 6,8% |
| <i>Bartramia longicauda</i> | (nr) | 3 (22,2%) | (nr) | (nr) | 3 (11,1%) | 6,7% |
| <i>Ciconia maguari</i> | 2 (11,8%) | (nr) | (nr) | 7 (21,4%) | (nr) | 6,6% |
| <i>Platalea ajaja</i> | 38 (17,7%) | (nr) | (nr) | 29 (14,3%) | (nr) | 6,4% |
| <i>Dendrocygna autumnalis</i> | 2 (5,9%) | 1 (11,1%) | (nr) | 2 (7,1%) | (nr) | 4,8% |
| <i>Jacana jacana</i> | 2 (5,9%) | 3 (11,1%) | (nr) | 1 (7,1%) | (nr) | 4,8% |
| <i>Porphyryla martinica</i> | 5 (11,8%) | 1 (11,1%) | (nr) | (nr) | (nr) | 4,6% |
| <i>Bubulcus ibis</i> | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 9 (22,2%) | 4,4% |
| <i>Ardea cocoi</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 2 (21,4%) | (nr) | 4,3% |
| <i>Calidris fuscicollis</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 23 (21,4%) | (nr) | 4,3% |
| <i>Theristicus caerulescens</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 3 (21,4%) | (nr) | 4,3% |
| <i>Anas bahamensis</i> | 2 (5,9%) | 2 (11,1%) | (nr) | (nr) | (nr) | 3,4% |
| <i>Pluvialis dominica</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 34 (14,3%) | (nr) | 2,9% |
| <i>Coscoroba coscoroba</i> | 3 (5,9%) | (nr) | (nr) | 2 (7,1%) | (nr) | 2,6% |
| <i>Larus cirrocephalus</i> | 7 (11,8%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 2,4% |
| <i>Fulica leucoptera</i> | 205 (11,8%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 2,4% |
| <i>Gallinula chloropus</i> | 4 (11,8%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 2,4% |
| <i>Anas flavirostris</i> | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 2 (11,1%) | 2,2% |
| <i>Mycteria americana</i> | (nr) | 1 (11,1%) | (nr) | (nr) | (nr) | 2,2% |
| <i>Anas leucophrys</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 2 (7,1%) | (nr) | 1,4% |
| <i>Cairina moschata</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 2 (7,1%) | (nr) | 1,4% |
| <i>Tryngites subruficollis</i> | (nr) | (nr) | (nr) | 21 (7,1%) | (nr) | 1,4% |
| <i>Anas platalea</i> | 6 (5,9%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 1,2% |
| <i>Dendrocygna bicolor</i> | 1 (5,9%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 1,2% |
| <i>Tigrisoma lineatum</i> | 1 (5,9%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 1,2% |
| <i>Rynchops niger</i> | 5 (5,9%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 1,2% |
| <i>Sterna supercilium</i> | 2 (5,9%) | (nr) | (nr) | (nr) | (nr) | 1,2% |

hora. La menor abundancia fue registrada en Ea. La Loma, con 0,21 individuos/hora (Tabla 5). Se observó a la especie sobrevolando y posada sobre las arrozceras en busca de caracoles, su principal alimento. Además, en Ea. San Roque se encontró una colonia nidificando en un estero adyacente a las arrozceras.

Tachycineta leucorrhoa - Común en arrozceras de las estancias San Roque y Curupicay, con observaciones de 3,75 y 3,81 individuos/hora respectivamente, y poco común en Ea. La Lucha (Tabla 5). Esta especie no fue registrada en la Ea. La Loma. Se la vio alimentándose en bandadas sobre las arrozceras, a veces acompañada por otras especies como la Golondrina tijerita (*Hirundo rustica*).

Sturnella superciliaris - Común en arrozceras de las estancias Curupicay y La Lucha, con 3,88 y 2,88 individuos/hora respectivamente. Numerosos machos cantaban en las arrozceras, marcando sus territorios. Además, resultó ser poco común en Ea. La Loma y muy raro en Ea. San Roque (Tabla 5).

Tyrannus savana - Frecuente en arrozceras de las estancias San Roque, Curupicay y La Lucha, siendo más numerosa en esta última (2 individuos/hora). Además, resultó ser poco común en Ea. La Loma (0,46 individuos/hora) (Tabla 5). Se la observó atrapando moscas desde los alambres y arbustos, tanto dentro como en los alrededores de las arrozceras.

Progne tapera - Frecuente en arrozceras de las estancias San Roque y Curupicay (1,75 y 1,38 individuos/hora respectivamente) y poco común en las arrozceras de las estancias La Loma y La Lucha, en Entre Ríos (Tabla 5). La especie fue observada alimentándose sobre las arrozceras y algunas parejas nidificando en nidos abandonados de Horneros (*Furnarius rufus*).

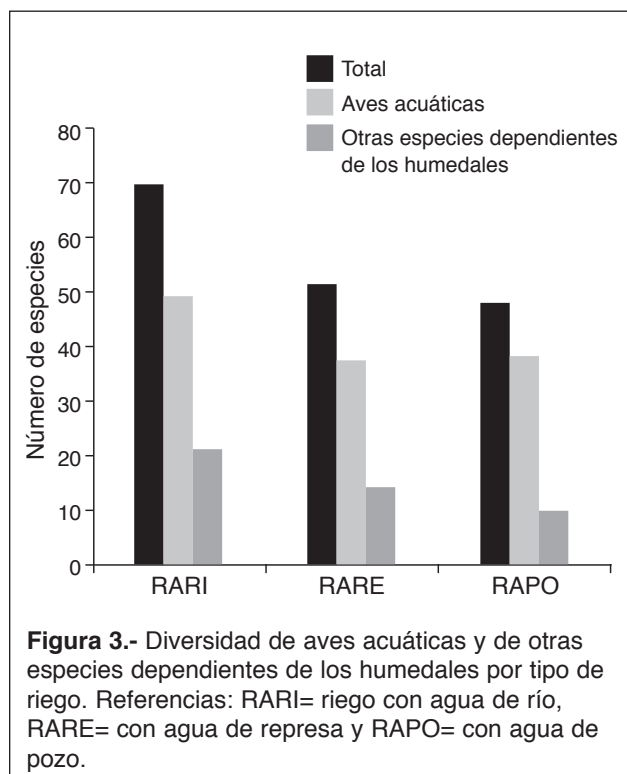
La mayoría de las otras especies dependientes de los humedales resultaron ser poco comunes (<1 individuo/hora) o raras (Tabla 5). Entre las especies raras (< 0,1 individuos/hora), se destacan el Capuchino canela (*Sporophila hypoxantha*) y el Gavilán planeador (*Circus bufoni*) en las arrozceras de Ea. Curupicay, y Viudita

| Tabla 5.- | | Abundancia relativa de otras especies dependientes de los humedales. Referencias: A= abundante, C= Común, F= Frecuente, P= Poco común y R= Raro). Entre paréntesis se aclara la probabilidad de observación (P). Referencias: (nr) = no registrada. | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--|
| Especie | Ea. San Roque (diciembre) | Ea. Curupicay (diciembre) | Ea. La Lucha (enero) | Ea. La Loma (enero) | |
| <i>Rostrhamus sociabilis</i> | C (6,58) | C (3,06) | F (1,75) | P (0,21) | |
| <i>Circus buffoni</i> | (nr) | R (0,06) | (nr) | (nr) | |
| <i>Buteogallus meridionalis</i> | P (0,25) | R (0,06) | P (0,13) | R (0,08) | |
| <i>Milvago chimachima</i> | P (0,17) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Phleocryptes melanops</i> | R (0,04) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Certhiaxis cinnamomeus</i> | P (0,17) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Anumbius annumbi</i> | P (0,13) | P (0,63) | P (0,25) | R (0,08) | |
| <i>Pseudocolopteryx sclateri</i> | R (0,04) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Hymenops perspicillatus</i> | P (0,83) | (nr) | (nr) | R (0,08) | |
| <i>Xolmis cinereus</i> | (nr) | P (0,13) | P (0,25) | (nr) | |
| <i>Fluvicola albiventer</i> | R (0,08) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Tyrannus savana</i> | F (1,04) | F (1,19) | F (2,00) | P (0,46) | |
| <i>Progne tapera</i> | F (1,75) | F (1,38) | P (0,63) | P (0,58) | |
| <i>Tachycineta leucorrhoa</i> | C (3,75) | C (3,81) | P (0,63) | (nr) | |
| <i>Embernagra platensis</i> | P (0,58) | R (0,06) | (nr) | R (0,08) | |
| <i>Sporophila collaris</i> | P (0,54) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Sporophila hypoxantha</i> | (nr) | R (0,06) | (nr) | (nr) | |
| <i>Sporophila ruficollis</i> | P (0,88) | P (0,13) | P (0,13) | P (0,13) | |
| <i>Geothlypis aequinoctialis</i> | P (0,38) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Amblyramphus holosericeus</i> | P (0,13) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Agelasticus cyanopus</i> | P (0,29) | (nr) | (nr) | (nr) | |
| <i>Chrysomus ruficapillus</i> | A (15,33) | F (2,00) | C (5,38) | F (1,04) | |
| <i>Pseudoleistes virescens</i> | (nr) | P (0,63) | (nr) | (nr) | |
| <i>Sturnella superciliaris</i> | R (0,08) | C (3,88) | C (2,88) | P (0,38) | |

blanca (*Fluvicola albiventer*), Doradito copetón (*Pseudocolopteryx sclateri*) y Junquero (*Phleocryptes melanops*), en las arrozceras de Ea. San Roque (Tabla 5).

Diversidad y abundancia por tipo de riego

Los resultados muestran que la diversidad de aves asociadas a los humedales varía en función del tipo de riego utilizado en las arrozceras. Las arrozceras de Ea. San Roque, que son regadas con agua del río San Javier, cuentan con la mayor diversidad (Figura 3). La diversidad de especies también fue relativamente alta en arrozceras que son regadas con agua de represa (estancias Curupicay y La Lucha), registrándose el 77,5% (62 especies) del total de especies acuáticas. En Ea. La Loma, donde las arrozceras son regadas con agua de pozo, se contaron menos del 50% (38 especies) del total de especies acuáticas observadas en las tres provincias (80 especies).



Discusión

El valor de las arrozceras para las aves acuáticas y para otras especies que dependen de los humedales, ya fue estudiado en Argentina por otros autores (Blanco *et al.* 2006, López-Lanús *et al.* 2007, Blanco y López-Lanús 2008). El presente trabajo confirma la importancia de las arrozceras como hábitat alternativo para estas aves, aportando información inédita sobre otras especies que utilizan las arrozceras para alimentarse, refugiarse o reproducirse.

En este estudio se registró un total de 137 especies de aves que utilizan las arrozceras en las provincias de

Santa Fe, Corrientes y Entre Ríos. El 39,4% de estas especies no habían sido observadas anteriormente en arrozceras de Argentina. 80 de las 137 especies registradas corresponden a aves acuáticas (56 especies) o a otras especies dependientes de los humedales (24 especies). Entre las aves acuáticas los grupos dominantes fueron los "chorlos y playeros", los patos (familia Anatidae) y las garzas (familia Ardeidae), con 15, 14 y 8 especies respectivamente.

La mayor diversidad de aves acuáticas fue registrada en las arrozceras de Ea. San Roque y la menor en Ea. La Loma. Entre las especies más comunes se destacan *V. chilensis*, *D. viduata*, *Ch. torquata*, *Ch. ruficapillus*, *R. sociabilis*, *T. savana*, *P. tapera*, *T. leucorrhoea* y *S. superciliaris*. Tres de las aves playeras neárticas observadas en las arrozceras, fueron catalogadas como especies de importancia en el Plan de Conservación de Aves Playeras de los Estados Unidos (USFWS 2004): Batitú (*Bartramia longicauda*), Tringa solitaria y Playerito canela (*Tryngites subruficollis*). Asimismo, dentro de los passeriformes las familias dominantes en las arrozceras fueron Emberizidae (yales, jilgueros y corbatitas) y Tyrannidae (tiránidos), con 15 y 14 especies respectivamente.

Este estudio confirma que la diversidad y la abundancia de aves que frecuentan las arrozceras del noreste de Argentina, varían en función de la ubicación geográfica del cultivo de arroz, la presencia de humedales y la fuente de agua para riego. Las arrozceras de Ea. San Roque, en Santa Fe, las cuales son inundadas con agua de río, resultaron ser las más ricas en cuanto a diversidad y abundancia de aves acuáticas, así como de otras especies dependientes de los humedales. La diversidad y abundancia más bajas fueron registradas en Ea. La Loma, en Entre Ríos, donde las arrozceras son regadas con agua de pozo. Las arrozceras inundadas con agua de represa, en Ea. Curupicay (Corrientes) y Ea. La Lucha (Entre Ríos), mostraron tener una diversidad y abundancia relativamente similares, aunque menores a las registradas en las arrozceras de Santa Fe.

Se infiere que las diferencias en la diversidad y abundancia de aves observadas en arrozceras que utilizan distintos tipos de riego, se deben a diferencias en la disponibilidad de alimento en el agua. El agua de río contiene una mayor riqueza de microflora y microfauna más alta en comparación con el agua de pozo (ver Capítulo 3 de esta publicación para más detalle).

Además del origen del agua de riego, existen otros factores que también pueden producir diferencias en la diversidad y abundancia de presas para las aves, como el tipo y cantidad de pesticidas y herbicidas utilizados en el cultivo de arroz. El uso irresponsable de agroquímicos no sólo causa una disminución de los recursos alimenticios en las arrozceras, sino que también puede producir grandes mortandades de aves (Hicklin y Spaans 1992, Blanco *et al.* 2006, Blanco y López-Lanús 2008).

Aunque la diversidad de aves acuáticas registrada en las arrozceras fue alta, no se registraron grandes



A. Lesterhuis

Pareja de patos Sirirí (*Dendrocygna viduata*) en una arrozera de la Ea. Curupicay, Corrientes.

concentraciones como en estudios anteriores. En particular, fue muy llamativa la ausencia de grandes poblaciones de aves playeras neárticas registradas en otros estudios (Hicklin y Spaans 1992, Blanco *et al.* 2006, Mugica *et al.* 2006). Lo mismo ocurrió con otras aves acuáticas como garzas, cuervillos y patos, los cuales no fueron registrados en bandadas numerosas.

La ausencia de grandes concentraciones de aves acuáticas pudo deberse a factores climáticos; más precisamente a las precipitaciones. La primavera de 2009 se caracterizó por una gran cantidad de lluvias, con precipitaciones mensuales de alta anormalidad, especialmente en la Cuenca de la Plata (Gordillo 2009). La abundancia de agua se vio reflejada en una mayor abundancia de humedales, provocando una mayor dispersión de las aves acuáticas dentro de la zona de estudio. En particular en la zona arrozera de Santa Fe, se observaron bandadas multi-específicas de aves playeras y patos alimentándose en pastizales inundados. Cabe recordar que el estudio de Blanco *et al.* (2006), fue realizado en la temporada primavera-verano 2004/2005, donde la característica dominante fue la gran sequía y la ausencia de humedales, lo cual es mencionado por los autores como una de las causas de la gran concentración de aves acuáticas observada en las arrozceras.

Por otro lado, fue llamativa la ausencia del Charlatán (*D. oryzivorus*), una especie observada en bandadas de miles de individuos en arrozceras cercanas a la localidad de San Javier, en Santa Fe (Blanco y López-Lanús 2008). Pero ésta puede explicarse dado que el presente estudio fue realizado entre los meses de noviembre 2009 y enero 2010, y las grandes concentraciones de *D. oryzivorus* fueron observadas por dichos autores durante los meses de febrero y marzo.

Bioindicadores

En base a los resultados del presente estudio y a otros estudios realizados en arrozceras de Argentina (Blanco *et al.* 2006, Blanco y López-Lanús 2008), se estableció una lista de especies de aves que pueden ser potencialmente utilizadas como bioindicadores de la calidad ambiental del cultivo de arroz. Las especies seleccionadas utilizan en gran medida las arrozceras, o bien son consideradas importantes para la conservación dado su estatus global, y/o son potencialmente sensibles a cambios en los ecosistemas.

Se seleccionaron en total 16 especies pertenecientes a 10 familias de paseriformes y no paseriformes: diez aves acuáticas y seis especies dependientes de los humedales (Tabla 6). A su vez, cinco de estas especies son migratorias y, aunque su valor como especies indicadoras es discutible dado que dependen de un amplio rango de hábitat, cada hábitat es clave para reproducirse, alimentarse o recuperar energías durante la migración. Las otras 11 especies son residentes en el área de estudio y pueden mostrar fluctuaciones en sus abundancias locales, las cuales podrían deberse al impacto del uso de agroquímicos.

Dos especies, el *Tryngites subruficollis* y el Capuchino garganta café (*Sporophila ruficollis*), son consideradas especies casi-amenazadas según la Lista Roja de la IUCN (Birdlife International 2010). Todas las especies seleccionadas a excepción del *Dolichonyx oryzivorus*, fueron observadas en la mayoría de las arrozceras de los cuatro sitios de muestreo (Tabla 6). No obstante, el *Dolichonyx oryzivorus* fue seleccionado dada la importancia que tienen las arrozceras de San Javier, en Santa Fe, para la conservación de la especie (Blanco y López-Lanús 2008). Dicho estudio demostró además que

| Tabla 6.- | | | |
|--|-------------------|--|---|
| Especies de aves registradas en arrozceras del área de estudio con potencial bioindicador. Para cada especie se indican algunas características de comportamiento y alimentación, así como los atributos aplicados para su selección (ver Gregory <i>et al.</i> 2005). | | | |
| Especie | Familia | Comportamiento y alimentación | Atributos aplicados |
| <i>Chauna torquata</i> | Anhimidae | En grupos o en pareja, especie muy llamativa. Herbívora. | Inmediato, simple, oportuno, de fácil recolección. |
| <i>Dendrocygna viduata</i> | Anatidae | En grupos o en pareja, congrega más en invierno. Herbívora. | Inmediato, oportuno, de fácil recolección. |
| <i>Ardea alba</i> | Ardeidae | Solitaria o en grupos, frecuente con otras especies de garzas. Carnívora (peces, anfibios y pequeños mamíferos). | Inmediato, oportuno, de fácil recolección, estable. |
| <i>Egretta thula</i> | Ardeidae | En grupos, a veces muy numerosos y mezclada con otras especies de garzas. Carnívora (peces, anfibios y pequeños mamíferos). | Inmediato, oportuno, de fácil recolección, estable. |
| <i>Plegadis chihi</i> | Threskiornithidae | En grandes bandadas. Se alimenta de insectos, crustáceos, peces, anfibios, etc. | Inmediato, oportuno, de fácil recolección. |
| <i>Platalea ajaja</i> | Threskiornithidae | En pequeños grupos, algunas veces acompañada de garzas o íbices. Se alimenta de insectos, crustáceos, peces, anfibios, etc. | Inmediato, simple, de fácil recolección. |
| <i>Rostrhamus sociabilis</i> | Accipitridae | Solitaria o en grupos. Se alimenta casi exclusivamente de caracoles. | Inmediato, sensible, de fácil recolección. |
| <i>Pluvialis dominica</i> | Charadriidae | Ave migratoria neártica, en bandadas variables. Se alimenta de invertebrados. | Inmediato, sensible, trazable. |
| <i>Tringa flavipes</i> | Scolopacidae | Ave migratoria neártica, en bandadas pequeñas o grandes, a veces mixtas con otras aves playeras. Se alimenta de invertebrados. | Inmediato, sensible, trazable. |
| <i>Calidris melanotos</i> | Scolopacidae | Ave migratoria neártica, en bandadas pequeñas o grandes. Se alimenta de invertebrados. | Inmediato, sensible, trazable. |
| <i>Tryngites subruficollis</i> | Scolopacidae | Ave migratoria neártica, a veces en grupos de cientos de individuos. Se alimenta de insectos y otros invertebrados. | Inmediato, sensible, trazable. |
| <i>Tachycineta leucorrhoa</i> | Hirundinidae | Golondrina. Se alimenta en el aire en bandadas variables, a veces muy numerosas. Insectívora. | Inmediato, de fácil recolección, estable. |
| <i>Sporophila ruficollis</i> | Emberizidae | Se alimenta en bandadas pequeñas, frecuentemente con otras especies de semilleras. Se alimenta de semillas y ocasionalmente de larvas. | Inmediato, sensible, trazable. |
| <i>Chrysomus ruficapillus</i> | Icteridae | Se congrega en grandes bandadas y nidifica en comunidades. Se alimenta de insectos y semillas. | Inmediato, de fácil recolección, estable. |
| <i>Sturnella supercilialis</i> | Icteridae | Especie llamativa por su pecho colorado, siempre en grupos y nidificando en comunidades. Se alimenta de insectos y semillas. | Inmediato, simple. |
| <i>Dolichonyx oryzivorus</i> | Icteridae | Ave migratoria neártica que forma bandadas de miles de individuos. Se alimenta de semillas como granos de arroz. | Inmediato, sensible, trazable. |

Nota: Ver lámina de identificación de especies de aves (Anexo Láminas).

varias especies de aves, incluyendo *D. oryzivorus* y *Ch. ruficapillus*, murieron por consumo de semillas de arroz envenenadas. Asimismo, otras especies que se alimentan de semillas, como *S. ruficollis*, podrían resultar afectadas por el uso de agroquímicos. El uso de insecticidas puede causar la eliminación completa de los invertebrados que habitan las arrozceras, provocando la falta de alimento para las especies que de ellos dependen, siendo forzadas a buscar otras áreas para su alimentación.

El uso de bioindicadores puede resultar útil para monitorear y evaluar el estado de las arrozceras y su impacto sobre el medio ambiente. Este estudio da sus primeros pasos en proponer una lista de especies indicadoras, sugiriéndose la realización de estudios más detallados para determinar aquellas con mayor potencial para el monitoreo de calidad ambiental o de buenas prácticas de cultivo de arroz.

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a Daniel Blanco por ofrecerme la oportunidad de formar parte del equipo de este proyecto. Además, quiero agradecer a los compañeros de trabajo de campo Federico Rizo-Patrón, Florencia Trama, Priscilla Minotti y Facundo Schivo, por su buena compañía, fue muy divertido. Agradezco también a Aníbal Parera, Hemme Batjes, Jorge la Grotteria y Ramón Moller Jensen por la facilitación de sus fotos para ilustrar los productos de este proyecto. Por último, mi agradecimiento a Victoria de la Balze y Daniel Blanco por la revisión del documento.

Referencias bibliográficas

- Acosta, M., L. Mugica, D.E. Blanco, B. López-Lanús, R. Antunes Dias, L.W. Doodnath y J. Hurtado. 2010. Birds of Rice Fields in the Americas. En Elphick, C.S., K.C. Parsons, M. Fasola y L. Mugica (eds.): Ecology and conservation of birds in rice fields. A global review: 105-122. Waterbirds 33 (Special Publication No. 1).
- Blanco, D.E., B. López-Lanús, R.A. Dias, A. Azpiroz y F. Rilla. 2006. Uso de arrozceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Blanco, D.E. y B. López-Lanús (eds). 2008. Ecología no reproductiva y conservación del Charlatán (*Dolichonyx oryzivorus*) en el noreste de Argentina. Fundación Humedales / Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Bibby C., M. Jones y S. Marsden. 1998: Expedition Field Techniques. Bird Surveys. Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society. London.
- Birdlife International. 2010. 2010 IUCN Red List for Birds. <http://www.Birdlife.org/datazone/species>.
- Gregory R.D., D. Noble, R. Field, J. Marchant, M. Raven y D.W. Gibbons. 2003. Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis Hungarica* 12-13: 11-24.
- Gregory R.D., A.J. van Strien, P. Vorisek, A.W. Gmelig Meyling, D.G. Noble, R.P.B. Foppen y D.W. Gibbons. 2005. Developing indicators for European birds. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 360: 269-288.
- Gordillo, S.B. (ed.). 2005. Boletín Hidrometeorológico - Diciembre 2005. Servicio Meteorológico Nacional, Argentina.
- Gordillo, S.B. (ed.). 2009. Boletín Hidrometeorológico - Diciembre 2009. Servicio Meteorológico Nacional, Argentina.
- Heath, M. y M. Raument. 2001. Using bird data to develop biodiversity indicators for agriculture. Paper presented to the OECD Expert Meeting on Agri-Biodiversity Indicators, 5-8 November 2001. Zürich, Zwitterland.
- Hicklin, P.W. y A.L. Spaans. 1992. The birds of the SML rice fields in Suriname: species composition, numbers and toxicchemical threats. Canadian Wildlife Service. Technical Report Series 174. Ottawa, Canada. 64 pp.
- López-Lanús, B., I. Roesler, D.E. Blanco, P.F. Petracci, M. Serra y M.E. Zaccagnini. 2007. Bobolink (*Dolichonyx oryzivorus*) numbers and non breeding ecology in the rice fields of San Javier, Santa Fe province, Argentina. *Ornitología Neotropical* 18: 493-502.
- Mazar Barnett, J. y M. Pearman. 2001. Lista Comentada de las Aves Argentinas. Lynx Ediciones. Barcelona
- Mugica, L., M. Acosta, D. Denis, A. Jiménez, A. Rodríguez y X. Ruiz. 2006. Rice culture in Cuba as an important wintering site for migrant waterbirds from North America. En Boere, G.C., C.A. Galbraight y D.A. Stroud (eds.): Waterbirds around the world. The Stationary office. Edinburgh, UK. Pp. 172-176.
- Rose, P.M. y D.A. Scott. 1997. Waterfowl Population Estimates. Second Edition. Wetlands International Publication No.44. Wageningen, The Netherlands. 106 pp.
- Stotz, D.F., J.W. Fitzpatrick, T.A. Parker III y D.K. Moskowitz. 1996. Neotropical Birds: Ecology and Conservation. University of Chicago Press. Chicago and London.
- USFWS. 2004. U.S. Shorebird Conservation Plan: High Priority Shorebirds 2004. Unpublished Report. U.S. Fish and Wildlife Service. Arlington, VA, U.S.A. 5pp
- Wetlands International. 2006. Waterbird Population Estimates. Fourth Edition. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.

| Anexo 1.- Coordenadas de los puntos de conteo realizados en arroceras de Santa Fe, Corrientes y Entre Ríos. | | | |
|--|--|----------------|-----------------|
| Punto | Sitio | Latitud | Longitud |
| 1 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'20,00"S | 60°00'37,10"O |
| 2 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'19,31"S | 60°00'57,68"O |
| 3 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'24,00"S | 60°01'15,90"O |
| 4 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'35,40"S | 60°01'16,80"O |
| 5 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'45,13"S | 60°01'16,74"O |
| 6 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'55,70"S | 60°01'18,28"O |
| 7 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'54,68"S | 60°01'29,73"O |
| 8 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'53,80"S | 60°01'41,40"O |
| 9 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'50,40"S | 60°02'15,31"O |
| 10 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'47,50"S | 60°02'33,90"O |
| 11 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'40,85"S | 60°02'32,84"O |
| 12 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'34,56"S | 60°02'19,48"O |
| 13 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'36,70"S | 60°02'09,17"O |
| 14 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'26,06"S | 60°02'04,36"O |
| 15 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'29,00"S | 60°01'43,60"O |
| 16 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°45'56,66"S | 60°01'42,64"O |
| 17 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°45'59,80"S | 60°01'21,90"O |
| 18 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°47'22,10"S | 60°01'25,10"O |
| 19 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°46'24,56"S | 59°59'27,82"O |
| 20 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°43'54,55"S | 60°14'26,77"O |
| 21 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°44'18,50"S | 60°11'14,00"O |
| 22 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°44'30,90"S | 60°08'59,00"O |
| 23 | Estancia San Roque, Santa Fe | 30°44'42,90"S | 60°06'49,70"O |
| 24 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'27,56"S | 57°49'57,30"O |
| 25 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'15,14"S | 57°49'36,51"O |
| 26 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'19,96"S | 57°49'21,51"O |
| 27 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'04,60"S | 57°49'29,35"O |
| 28 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°13'56,86"S | 57°49'49,80"O |
| 29 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°13'31,37"S | 57°49'43,28"O |
| 30 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'15,11"S | 57°52'42,96"O |
| 31 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'28,50"S | 57°52'53,80"O |
| 32 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'56,70"S | 57°53'19,40"O |
| 33 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°15'23,50"S | 57°53'32,30"O |
| 34 | Estancia Curupicay, Corrientes (diciembre) | 29°14'44,88"S | 57°53'34,26"O |
| 35 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 3'30,20"S | 58°26'05,50"O |
| 36 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 3'49,07"S | 58°26'11,28"O |
| 37 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 4'17,70"S | 58°26'16,50"O |
| 38 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 4'15,50"S | 58°26'58,30"O |
| 39 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 3'53,15"S | 58°27'06,52"O |
| 40 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 3'15,20"S | 58°25'49,70"O |
| 41 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 5'46,70"S | 58°20'47,20"O |
| 42 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 5'44,27"S | 58°21'06,13"O |
| 43 | Estancia La Loma, Entre Ríos | 31° 5'41,65"S | 58°21'23,26"O |
| 44 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'16,34"S | 58°46'49,66"O |

| Punto | Sitio | Latitud | Longitud |
|-------|--|---------------|---------------|
| 45 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'32,62"S | 58°46'45,37"O |
| 46 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'45,54"S | 58°46'32,20"O |
| 47 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'39,13"S | 58°46'06,17"O |
| 48 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'28,22"S | 58°45'35,93"O |
| 49 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'42,16"S | 58°44'59,17"O |
| 50 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'58,76"S | 58°45'02,31"O |
| 51 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°34'12,68"S | 58°44'59,86"O |
| 52 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'45,90"S | 58°45'44,68"O |
| 53 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'41,47"S | 58°44'39,41"O |
| 54 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'49,46"S | 58°44'22,38"O |
| 55 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'57,38"S | 58°44'05,86"O |
| 56 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'42,80"S | 58°43'56,75"O |
| 57 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'25,92"S | 58°43'52,32"O |
| 58 | Estancia La Lucha, Entre Ríos | 30°33'24,55"S | 58°44'11,69"O |
| 59 | Estancia Curupicay, Corrientes (enero) | 29°14'26,20"S | 57°52'51,70"O |
| 60 | Estancia Curupicay, Corrientes (enero) | 29°14'37,80"S | 57°53'04,70"O |
| 61 | Estancia Curupicay, Corrientes (enero) | 29°14'50,70"S | 57°53'15,90"O |
| 62 | Estancia Curupicay, Corrientes (enero) | 29°15'6,30"S | 57°53'22,40"O |
| 63 | Estancia Curupicay, Corrientes (enero) | 29°15'20,40"S | 57°53'31,60"O |
| 64 | Estancia Curupicay, Corrientes (enero) | 29°15'34,60"S | 57°53'20,70"O |

| Anexo 2.- Especies de aves registradas en arrozceras durante el presente estudio. Las especies marcadas con (*) no fueron observadas anteriormente en arrozceras de Argentina. | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Especie | Ea. San Roque (Santa Fe) | Ea. Curupicay (Corrientes) | Ea. La Loma (Entre Ríos) | Ea. La Lucha (Entre Ríos) |
| Aves acuáticas | | | | |
| <i>Chauna torquata</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Dendrocygna bicolor</i> | ● | | | |
| <i>Dendrocygna viduata</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Dendrocygna autumnalis</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Coscoroba coscoroba</i> * | ● | | | ● |
| <i>Cairina moschata</i> * | | | | ● |
| <i>Callonetta leucophrys</i> | ● | | ● | ● |
| <i>Amazonetta brasiliensis</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Anas flavirostris</i> * | | ● | ● | ● |
| <i>Anas georgica</i> * | ● | ● | | |
| <i>Anas bahamensis</i> * | ● | ● | | |
| <i>Anas versicolor</i> | ● | | ● | ● |
| <i>Anas platalea</i> * | ● | | | |
| <i>Netta peposaca</i> | ● | ● | ● | |
| <i>Nomonyx dominicus</i> | ● | | | |
| <i>Phalacrocorax brasilianus</i> | ● | ● | | ● |

| Especie | Ea. San Roque (Santa Fe) | Ea. Curupicay (Corrientes) | Ea. La Loma (Entre Ríos) | Ea. La Lucha (Entre Ríos) |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Anhinga anhinga</i> | | ● | | |
| <i>Tigrisoma lineatum</i> * | ● | | | ● |
| <i>Nycticorax nycticorax</i> | ● | | ● | ● |
| <i>Butorides striata</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Bubulcus ibis</i> | | ● | ● | |
| <i>Ardea cocoi</i> | ● | | | ● |
| <i>Ardea alba</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Syrigma sibilatrix</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Egretta thula</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Plegadis chihi</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Phimosus infuscatus</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Theristicus caerulescens</i> * | | ● | ● | ● |
| <i>Platalea ajaja</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Ciconia maguari</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Mycteria americana</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Aramus guarana</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Aramides ypecaha</i> * | ● | ● | ● | |
| <i>Gallinula chloropus</i> | ● | ● | ● | |
| <i>Porphyrio martinica</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Fulica leucoptera</i> * | ● | | | |
| <i>Vanellus chilensis</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Pluvialis dominica</i> | ● | | | ● |
| <i>Charadrius collaris</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Himantopus melanurus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Gallinago paraguaiae</i> | ● | | ● | |
| <i>Bartramia longicauda</i> | | ● | ● | ● |
| <i>Actitis macularius</i> * | | ● | | |
| <i>Tringa melanoleuca</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Tringa flavipes</i> | ● | | ● | ● |
| <i>Tringa solitaria</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Calidris fuscicollis</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Calidris melanotos</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Calidris himantopus</i> * | ● | | | ● |
| <i>Tryngites subruficollis</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Jacana jacana</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Larus maculipennis</i> * | ● | | | |
| <i>Larus cirrocephalus</i> * | ● | | | |
| <i>Sterna superciliaris</i> * | ● | | | |
| <i>Phaetusa simplex</i> | ● | ● | | |
| <i>Rynchops niger</i> * | ● | | | |

| Especie | Ea. San Roque (Santa Fe) | Ea. Curupicay (Corrientes) | Ea. La Loma (Entre Ríos) | Ea. La Lucha (Entre Ríos) |
|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Otras especies dependientes de humedales | | | | |
| <i>Rostrhamus sociabilis</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Circus buffoni</i> | | ● | | |
| <i>Buteogallus meridionalis</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Milvago chimachima</i> | ● | | | |
| <i>Phleocryptes melanops</i> | ● | | | |
| <i>Certhiaxis cinnamomeus</i> * | ● | | | |
| <i>Anumbius annumbi</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Pseudocolopteryx sclateri</i> * | ● | | | |
| <i>Hymenops perspicillatus</i> | ● | | ● | |
| <i>Xolmis cinereus</i> * | | ● | | ● |
| <i>Fluvicola albiventer</i> * | ● | | | |
| <i>Tyrannus savana</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Progne tapera</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Tachycineta leucorrohoa</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Embernagra platensis</i> * | ● | ● | ● | |
| <i>Sporophila collaris</i> | ● | | | |
| <i>Sporophila hypoxantha</i> * | | ● | | |
| <i>Sporophila ruficollis</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Geothlypis aequinoctialis</i> * | ● | | | |
| <i>Amblyramphus holosericeus</i> * | ● | | | |
| <i>Agelasticus cyanopus</i> * | ● | | | |
| <i>Chrysomus ruficapillus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Pseudoleistes virescens</i> | ● | ● | | |
| <i>Sturnella superciliaris</i> | ● | ● | ● | ● |
| Otras especies | | | | |
| <i>Carduelis magellanica</i> * | ● | | | |
| <i>Passer domesticus</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Rhea americana</i> * | | ● | ● | ● |
| <i>Rhynchotus rufescens</i> * | | ● | ● | |
| <i>Nothura maculosa</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Buteogallus urubitinga</i> | | | ● | |
| <i>Buteo magnirostris</i> | ● | | | |
| <i>Caracara plancus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Milvago chimango</i> | | | ● | |
| <i>Falco sparverius</i> | | ● | ● | ● |
| <i>Falco femoralis</i> | ● | | ● | |
| <i>Columbina talpacoti</i> | ● | | | |
| <i>Columbina picui</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Patagioenas picazuro</i> | ● | ● | | |
| <i>Patagioenas maculosa</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Zenaida auriculata</i> | ● | ● | ● | ● |

| Especie | Ea. San Roque (Santa Fe) | Ea. Curupicay (Corrientes) | Ea. La Loma (Entre Ríos) | Ea. La Lucha (Entre Ríos) |
|--|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Leptotila verreauxi</i> * | ● | | ● | |
| <i>Myiopsitta monachus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Coccyzus melacoryphus</i> * | ● | | ● | |
| <i>Crotophaga ani</i> * | ● | | | |
| <i>Guira guira</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Athene cunicularia</i> * | ● | ● | ● | |
| <i>Colaptes melanochloros</i> * | ● | ● | ● | |
| <i>Colaptes campestris</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Furnarius rufus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Schoeniophylax phryganophila</i> | ● | | | |
| <i>Phacelodomus striaticollis</i> * | ● | | | |
| <i>Pyrocephalus rubinus</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Xolmis irupero</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Machetornis rixosa</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Pitangus sulphuratus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Empidonomus aurantioatrocristatus</i> * | ● | | ● | |
| <i>Tyrannus melancholicus</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> * | | ● | | |
| <i>Progne chalybea</i> | | ● | ● | ● |
| <i>Riparia riparia</i> | ● | | | |
| <i>Hirundo rustica</i> | ● | | | |
| <i>Petrochelidon pyrrhonota</i> | ● | | | |
| <i>Turdus rufiventris</i> * | ● | | | |
| <i>Mimus saturninus</i> * | ● | | ● | ● |
| <i>Anthus lutescens</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Anthus furcatus</i> * | | ● | | |
| <i>Anthus correndera</i> | ● | | | |
| <i>Anthus hellmayri</i> * | | ● | | |
| <i>Paroaria coronata</i> | ● | ● | ● | ● |
| <i>Thraupis sayaca</i> | ● | ● | | |
| <i>Saltator aurantirostris</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Zonotrichia capensis</i> * | ● | ● | ● | ● |
| <i>Ammodramus humeralis</i> | ● | ● | ● | |
| <i>Poospiza nigrorufa</i> * | ● | | | |
| <i>Sicalis flaveola</i> | ● | ● | ● | |
| <i>Sicalis luteola</i> | ● | ● | | ● |
| <i>Volatinia jacarina</i> * | ● | ● | ● | |
| <i>Sporophila caerulescens</i> * | ● | | | |
| <i>Icterus cayanensis</i> * | ● | | | |
| <i>Agelaioides badius</i> | ● | ● | ● | |
| <i>Molothrus bonariensis</i> | ● | ● | ● | ● |

Monitoreo Ambiental en Arroceras: Una herramienta para mirar el desempeño productivo

Guillermo Stamatti¹, Laura Medero² y María Elena Zaccagnini²

¹ AERN-GA Biodiversidad, Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA, Argentina. E-mail: gstamatti@parana.inta.gov.ar

² Instituto de Recursos Biológicos (IRB), Centro de Investigación en Recursos Naturales (CIRN), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA, Argentina. E-Mail: mzaccagnini@cni.inta.gov.ar

Introducción

Las fuertes presiones productivas a las que están sometidos los agroecosistemas, generan cambios y transformaciones sobre los sistemas ecológicos a una tasa muy rápida y con posibles efectos o respuestas que podrían ser difíciles de captar en forma inmediata o pasar desapercibidas si solo se mira la producción. Hay procesos naturales que sostienen la producción agropecuaria, que son complejos y poseen gran cantidad de interacciones, no sólo entre los componentes bióticos, sino entre éstos, los factores abióticos y las decisiones humanas, resultando en incertidumbres, sus consecuencias o efectos visibles. Sin embargo, si uno aprende a mirar la naturaleza y entender su funcionamiento, hallará indicaciones visibles y otras no tanto que, a modo de “termómetro” estarán mostrando la “temperatura” del estado del sistema y su funcionamiento en relación a las decisiones de manejo del establecimiento agropecuario.

Los productores agropecuarios, en este caso arroceros, podrían plantearse determinadas preguntas para medir los resultados de sus intervenciones tecnológicas o productivas en sus establecimientos. Asimismo, podrían utilizar la información obtenida para aportar a las demandas de los consumidores y/o de los mercados, que hoy se interesan por las relaciones entre las actividades agroproductivas, los ambientes naturales y los bienes y servicios ecosistémicos que la naturaleza brinda a la sociedad.

En el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se desarrollaron y adaptaron una serie de procedimientos para el monitoreo ambiental de los campos, posibles de ser conducidos por productores, sus familias o los asistentes técnicos de los establecimientos (Zaccagnini *et al.* 2007). Los procedimientos fueron reunidos en un manual impreso y también en formato de CD interactivo; éstos son sencillos, relativamente rápidos, con un bajo costo de materiales y tiempo de ejecución a campo. Se habla del significado del monitoreo ambiental y su filosofía, así como de algunos conceptos generales y de las herramientas asociadas al proceso. Asimismo, se

analizan las herramientas más detalladamente, según el tipo de recurso natural o grupo biológico (suelos, vegetación, calidad de agua, artrópodos benéficos y sus servicios ecosistémicos, monitoreo de anfibios, reptiles, aves y mamíferos), u orientados por el tipo de amenaza al ambiente que queremos monitorear, tal el caso del uso de agroquímicos o de la simplificación exagerada de la vegetación natural. Incluimos los procedimientos de uso de la calculadora de riesgo ecotoxicológico (Bernardos *et al.* 2007), para anticipar los potenciales impactos de toxicidad aguda para las aves, como resultado de las decisiones para el control de plagas insectiles. Asimismo, se introduce muy tímidamente la importancia de integrar información social y económica a nuestra mirada ambiental de los establecimientos agropecuarios.

Esto sin dudas, con el uso y las necesidades, sufrirá cambios a partir del trabajo de discusión que se intenta generar. Finalmente, en la Parte IV se incluye un glosario de términos y definiciones que ayudarán a comprender el inevitable vocabulario técnico que seguramente sorprenderá al usuario al leer los distintos capítulos. Esa lista no es exhaustiva ni completa, pero brinda un punto de partida para que usuarios y profesionales nos entendamos mejor. Este manual de monitoreo ambiental rural, seguramente se irá perfeccionando con el uso y las sugerencias prácticas que surjan de su aplicación.

Asimismo, si se logra organizar grupos de productores que trabajen integradamente en el proceso, será posible implementar un sistema de seguimiento ambiental asociativo que mire a la naturaleza y la valore como su capital natural, puesta al servicio de las actividades agrícolas, ganaderas, hortícolas, agro-ecoturísticas y apícolas, entre otras. Pero, para hacerlas sustentables, deberemos conservar los atributos del ecosistema (estructura y composición) necesarios para permitir la sobrevivencia de los seres vivos y sus interacciones, como para que puedan funcionar y brindar los servicios a la producción (degradación de materia orgánica, ciclo de nutrientes, control biológico de plagas, polinización de cultivos, pasturas, flores nativas y ornamentales, abastecimiento de agua, etc), logrando sus objetivos económicos y una mejor calidad de vida de la gente.



¿Qué es el monitoreo ambiental?

El monitoreo ambiental rural (MAR) es una **herramienta** tecnológica que tiende a colaborar en el progreso del cumplimiento de los objetivos productivos y ambientales. El proceso de monitoreo permite otorgar a dichos objetivos un mecanismo de reaseguro respecto a la efectividad del cumplimiento de los mismos, permitiendo el cambio de planificación en las actividades.

El monitoreo ambiental es un **proceso** que consiste en una serie de actividades metodológicas que apuntan a medir el cambio en los recursos disponibles del campo de manera consistente. Las **repetidas** mediciones permitirán al productor hacer un análisis de la tendencia de dichos cambios. En el corto como en el largo plazo, **siempre** se producen modificaciones en los establecimientos, en sus recursos, en la forma y funcionamiento del mismo como resultado de los diferentes usos de la tierra, por las condiciones naturales o simplemente por el traspaso a un nuevo dueño o administrador. La demanda de ciertos productos y las tendencias de los mercados que generan temporariamente altos valores de ingreso en detrimento de otros, las políticas agropecuarias y de conservación de los recursos naturales y sociales, influyen en los cambios en el uso de la tierra.

Aplicando el monitoreo en forma correcta, los resultados obtenidos podrán utilizarse para documentar cambios de las condiciones naturales de los recursos, para mostrar y comparar con los datos obtenidos en

rendimientos productivos, uso de agroquímicos, valores de mercado, capital puesto a producir y uso de la tierra.

Para producir sosteniblemente es necesario comprender la naturaleza, su funcionamiento y aprender a interpretar las señales que ésta nos da cuando el sistema funciona bien o cuando comienza a funcionar mal. Los manejos agropecuarios permitirán entonces, integrar la diversidad biológica con el desarrollo agrícola y la calidad del ambiente natural y social.

Su campo

El monitoreo trata de reunir información básica acerca de un establecimiento, aún cuando en el mismo se desarrollen varias actividades productivas (Figura 1). A partir de dicha información, los propietarios o arrendatarios podrán determinar las acciones de manejo más apropiadas.

Los campos no están aislados de su entorno y por lo tanto, están fuertemente influenciados por las actividades que se desarrollan en lotes colindantes, cercanos y a veces muy distantes, formando unidades de mayor escala, partes de un **paisaje**.

Cada establecimiento establece sus objetivos en relación a lo productivo, la rentabilidad esperada, la calidad de vida, y la salud ambiental que desea para sus tierras. A la vez se establecerán los indicadores o metas que

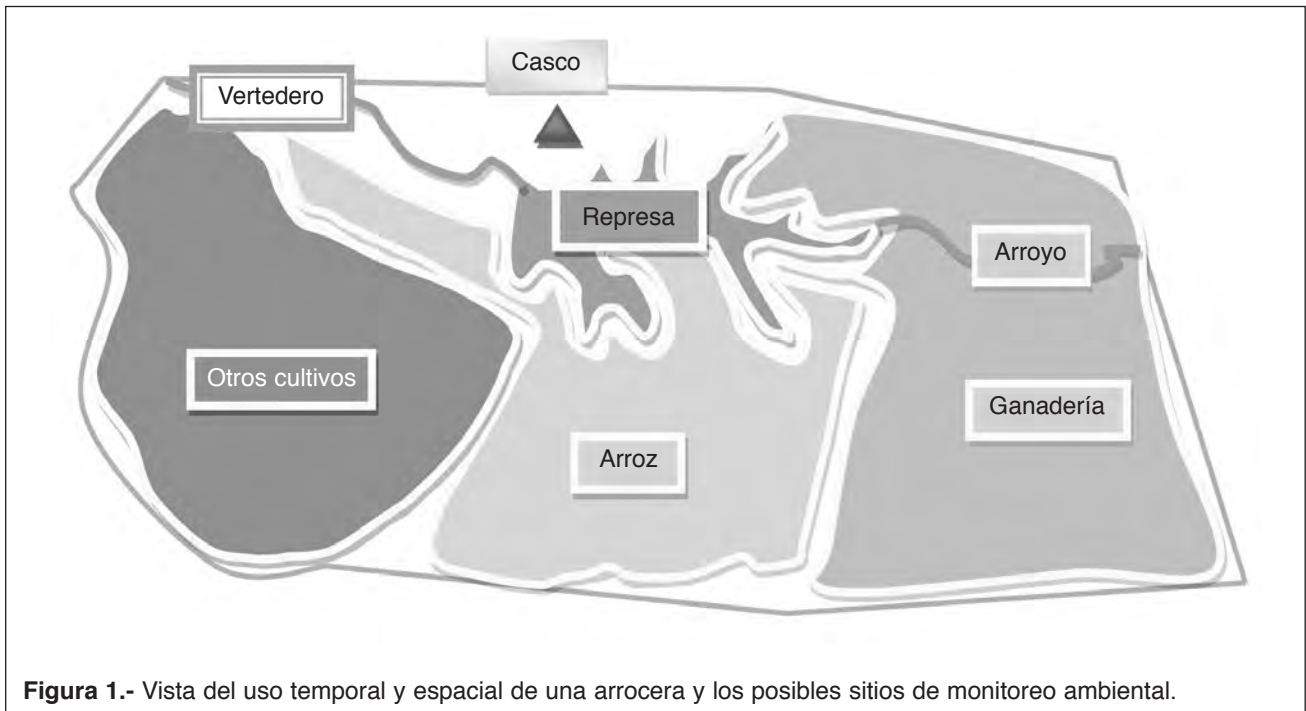


Figura 1.- Vista del uso temporal y espacial de una arrocería y los posibles sitios de monitoreo ambiental.

permitan medir el éxito del manejo, como la cantidad de agua utilizada, la calidad del agua en los drenajes, el mantenimiento de la diversidad de especies benéficas, el mantenimiento de las posibilidades de diversificar las actividades de manera temporal y espacial.

El monitoreo de estos indicadores ayudará a analizar si las prácticas productivas, como las rotaciones y descansos de los lotes con arroz, la incorporación de la ganadería en la rotación, el uso del agua y la calidad de la misma, conducen o no a los objetivos planteados. En los establecimientos arroceros es común monitorear los rendimientos productivos de la cosecha o de la producción animal y la valorización económica de estas actividades. Sin embargo, es necesario analizar el sistema productivo en su conjunto, incorporando no solo los productos obtenidos sino también el escenario ambiental que constituye el capital natural invertido.

El seguimiento del campo a través de indicadores de biodiversidad, es fuente de oportunidades productivas al tiempo que contribuye a mantener la integridad y el funcionamiento del agroecosistema, lo que es vital para sostener la producción y garantizar los resultados a largo plazo.

Para abordar un enfoque integral en el manejo del campo incorporando el monitoreo ambiental, es necesario diseñar un plan de manejo. Este plan de manejo debe considerar cuatro etapas básicas:

- Identificar los recursos de su campo y de los establecimientos vecinos, incluyendo a las familias y las comunidades locales, así como las condiciones económicas, la tierra y los recursos naturales.
- Establecer metas que tengan en cuenta la calidad de vida, los beneficios potenciales y el valor de los recursos de la tierra.

- Diseñar e implementar un plan de acción para alcanzar las metas que se fijaron.
- Definir y analizar el plan de monitoreo para determinar si está dirigiendo el establecimiento en la dirección deseada.

Así, de esta manera, estaremos abordando un plan de manejo integrado que incorpore las interacciones entre los distintos componentes (humanos, económicos y ambientales).

¿Para qué sirve Monitorear?

El seguimiento de las actividades en el campo permitirá:

- Establecer una base de los recursos naturales disponibles con una mirada extra económica.
- Entender y realizar el seguimiento de las tendencias generales o de fluctuaciones normales en las condiciones de los recursos naturales.
- Determinar los cambios que realiza la vida silvestre en el uso de la tierra.
- Saber si se aleja o acerca de los objetivos planteados.
- Determinar las condiciones de alteración del ambiente o la contaminación.
- Medir el éxito económico y la rentabilidad.
- Integrar a diferentes miembros de la familia a otras actividades del establecimiento.

La información que se obtenga a través del monitoreo formará parte de un ciclo de generación de información que le permitirá realizar los cambios en las decisiones de manejo para que éstas se ajusten a sus necesidades (Figura 2).

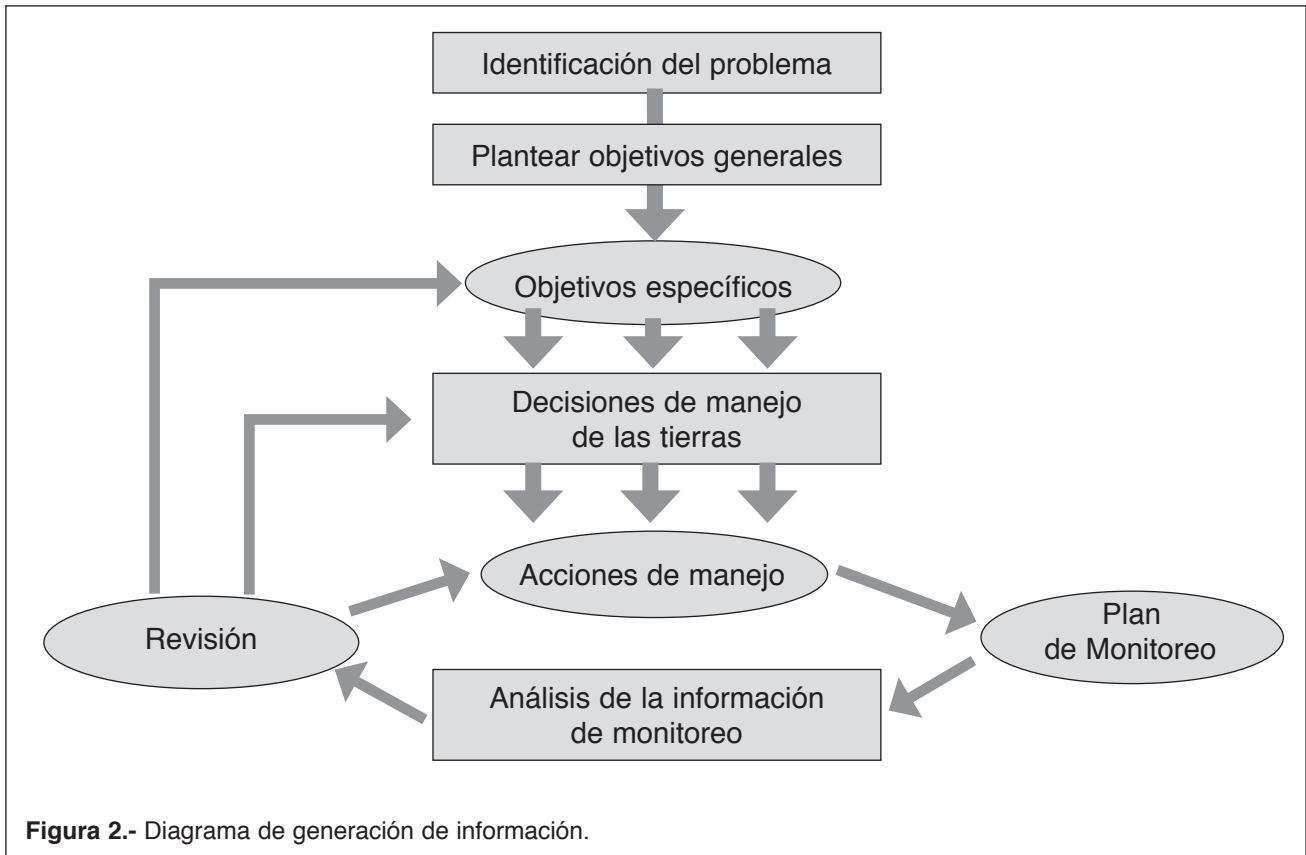


Figura 2.- Diagrama de generación de información.

¿Cuánto tiempo necesito?

El necesario para obtener la información deseada y completa a lo largo del calendario productivo.

¿Qué debo monitorear?

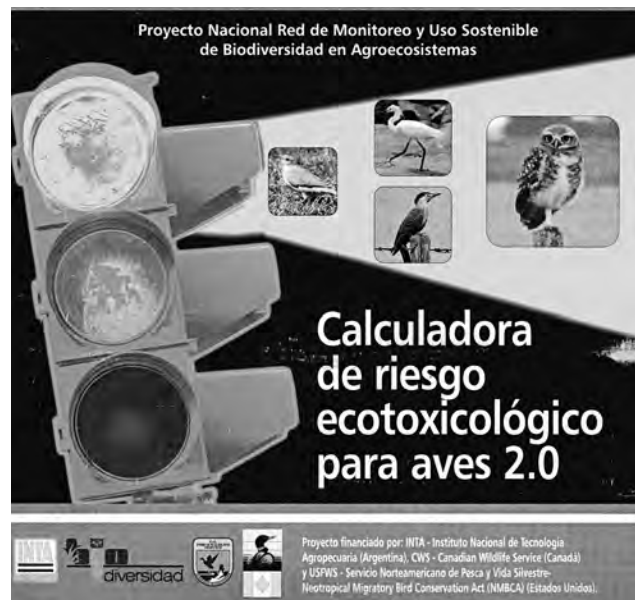
Esto guarda relación directa con las actividades del campo. En el caso de las arrozceras, se puede empezar por el agua (calidad y cantidad utilizada, relación con los kilos producidos, niveles de contaminación en los canales y valetones de drenaje), la biodiversidad, los roles funcionales y los servicios de la biodiversidad a la agricultura. En cuanto a la biodiversidad, se podrían monitorear por ejemplo especies o grupos de especies de macroinvertebrados, anfibios, peces y aves que habitan las arrozceras y ambientes asociados.

¿Dónde voy a monitorear?

Para el seguimiento ordenado y metodológico deberán seleccionarse aquellos lugares en los cuales sea altamente probable observar los atributos que está interesado en monitorear. En el caso de las arrozceras podría ser en los canales y valetones de ingreso y egreso de agua, en los emisarios externos y en arroyos cercanos al establecimiento donde se vierten las aguas usadas en la producción, dentro de los lotes de arroz, en las represas, en los campos de rotación, en el suelo post cultivo o en áreas de reserva dentro y fuera de las arrozceras.

¿Cuándo monitorear?

El momento del día elegido, el día del mes, el mes del año será parte de la planificación de las actividades que se propongan en el plan de monitoreo. El cuándo puede ser muy variable. En el caso del monitoreo de calidad del agua, el mismo debe hacerse cuando ésta es drenada del lote. Para determinar cambios estacionales deben hacerse monitoreos en cada estación. Para monitoreo a largo plazo debe elegirse la época del año más favorable para apreciar aquello que se quiere medir y realizarlo repetitivamente cada año.



¿Cómo realizo el monitoreo?

Esto estará siempre ligado a los objetivos del establecimiento y a como desea buscar los indicadores que lo ayuden a saber del funcionamiento del sistema.

Herramientas básicas para el monitoreo

Antes de las herramientas tenemos que tener en cuenta que se logra un mejor monitoreo mediante:

- Planteo de objetivos a largo plazo para el establecimiento y su familia.
- Internalización a conciencia acerca del ambiente y el lugar que ocupamos en él.
- Hábitos y prácticas que incrementen la habilidad de observación.
- Documentación minuciosa y bien organizada de las mediciones y las observaciones realizadas.

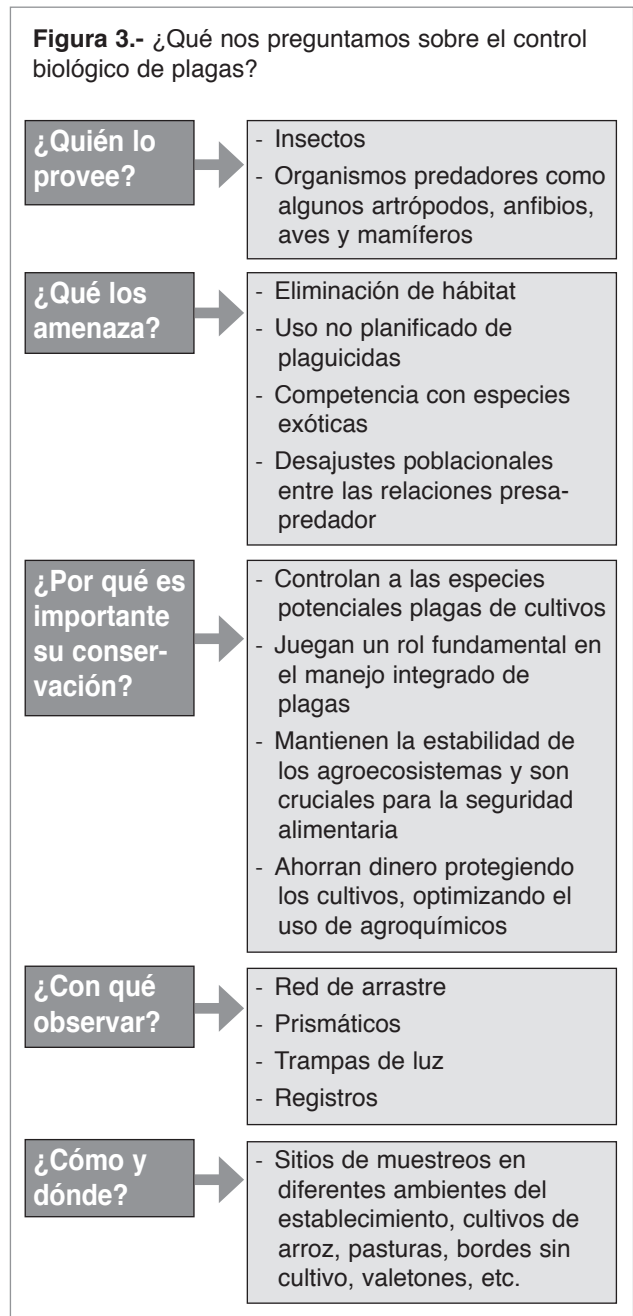
Realizar un registro de las observaciones ayuda a establecer una base de información que permitirá conocer el estado de las cosas al comienzo del monitoreo. Los eventos y observaciones futuras podrán ser cotejados con esta situación de base.

Herramientas:

- **Diario o libreta de campo;** utilícelo para registrar sus ideas y las observaciones, es importante que este a su alcance y en un lugar visible.
- **Guías y fichas de identificación** de especies indicadoras.
- **Planillas de registro;** aquellas que estén bien diseñadas servirán para guardar y almacenar mucha información.
- **Hojas de cálculo;** nos ayudan a guardar la información en soporte electrónico, pudiendo almacenarla en la PC del escritorio.
- **Gráficos;** las relaciones y la información visual de un gráfico permite enriquecer las observaciones efectuadas.
- **Mapas;** indicando las subdivisiones del establecimiento, los cultivos de los lotes, los canales de riego, los vertederos, los campos vecinos y las rotaciones. Sobre ellos también pueden indicarse las referencias observadas con respecto a la biodiversidad de los sistemas.
- **Fotografías;** permiten registrar los cambios a través del tiempo. Capturan detalles que probablemente olvide o no pueda describir en el momento y para los cuales necesite el apoyo de una tercera persona especializada.
- **Herramientas naturales de medición;** el ancho de su mano, el largo de la bota, un paso, la altura a la rodilla o cintura, estas medidas podrán ser útiles cuando necesite tomar una nota de tamaños, alturas y formas.

- **Use todos los sentidos** para apreciar colores, marcas inusuales, forma y tamaño, textura, tiempo de actividad, patrón de crecimiento, plagas, parásitos, hora del día, época del año.

Un ejemplo de servicio ambiental provisto por la biodiversidad que habita las arroceras es el **Control Biológico de Plagas** (Figura3).



Sin dudas, estos procedimientos son apenas un comienzo. Nuestra ambición es trabajar en forma integrada con los propietarios de los campos y/o los arrendatarios y sus familias, así como con los técnicos, y a futuro aportar con información de terreno a la planificación y el ordenamiento del territorio, garantizando una agricultura sustentable con conservación de biodiversidad en los campos y paisajes productivos.

Bibliografía

Bernardos, J.N, M.E. Zaccagnini, P. Mineau, J. Decarre y R. De Carli. 2007. Calculadora de Riesgo Ecotoxicológico para Aves: Sistema Soporte de Decisiones para el Control de Plagas con criterios ambientales (versión 2). Ediciones INTA (www.inta.gov.ar).

Zaccagnini, M.E., J. Decarre, A. Goijman, R. Suárez, L. Solari, R. De Carli, N. Calamari, J. Bernardos y J.L. Panigatti. 2007. Monitoreo Ambiental en establecimientos agropecuarios. 1ra Edición, Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. 200 pp.

Conclusiones

Las arroceras del noreste de Argentina, y en particular en las áreas estudiadas de Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe, albergan una interesante biodiversidad, incluyendo a numerosas especies de macroinvertebrados, anfibios, peces y aves residentes y migratorias:

- **Macroinvertebrados.**- Se registraron en total 49 familias de invertebrados, incluyendo 96 taxa y un total de 14.900 individuos. Los órdenes más diversos fueron Coleoptera (33% de los taxa registrados), seguido por Diptera (16%), Hemiptera (7%) y Odonata (6%). Los grupos más abundantes fueron los órdenes Ostracoda, Cladocera y Diptera.
- **Peces.**- Se registró un total de 82 especies de peces pertenecientes a 18 familias y cinco órdenes, contabilizando 3.332 individuos. El número de especies corresponde a un 30% de la totalidad de las especies conocidas para la Cuenca del Plata en Argentina. Además se registraron 20 especies consideradas raras y un endemismo, *Hyphessobrycon auca*, razón por la cual es necesario incorporar urgentemente a los emprendimientos arroceros como componentes clave de los programas de conservación de peces de agua dulce.
- **Aves.**- Se registraron 137 especies de aves que utilizan las arroceras, incluyendo 56 especies de aves acuáticas y 24 especies dependientes de los humedales. Entre las aves acuáticas los grupos dominantes fueron los chorlos y playeros (familias Charadriidae y Scolopacidae principalmente), los anátidos (familia Anatidae) y las garzas (familia Ardeidae), con 15, 14 y 8 especies respectivamente.
- **Otros grupos de fauna.**- También se registraron otros componentes de la fauna local (Anexo I). Los anfibios resultaron ser el grupo más abundante, tanto en número de especies (18 especies pertenecientes a cuatro familias), como en número de individuos. Se destacaron por su abundancia el Macaquito (*Pseudopaludicola falcipes*) y la Rana urnero (*Leptodactylus latinasus*). Por su parte se registró un total de ocho especies de mamíferos silvestres (pertenecientes a ocho familias) y seis especies de reptiles. Entre los mamíferos el Carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) presentó la mayor abundancia, con registros en casi todos los sitios de muestreo.

Las perturbaciones asociadas al cultivo de arroz y en particular el uso de agroquímicos (herbicidas, insecticidas, etc), pueden disminuir la calidad del hábitat para la fauna, afectando a las poblaciones de animales que viven asociados a estos ecosistemas. La aplicación de agroquímicos para el cultivo de arroz puede tener un

impacto directo sobre la fauna acuática que habita las arroceras, pero además puede contaminar los humedales circundantes, al ser éstos receptores del drenaje del agua de las arroceras. En este contexto se destaca la importancia del monitoreo ambiental del cultivo.

La necesidad de contar con información sobre bioindicadores para el monitoreo de la calidad ambiental del cultivo de arroz, fue identificada por los participantes del “Taller para la conservación de aves playeras migratorias en arroceras del Cono Sur”, organizado por Wetlands International en Buenos Aires, en octubre de 2007.

Los indicadores biológicos o bioindicadores son organismos que se asocian a condiciones ambientales particulares, de modo que su sola presencia indica la existencia de dichas condiciones. En este estudio se identificaron en forma preliminar, una serie de organismos o grupos de organismos que podrían ser de utilidad para monitorear la calidad ambiental del cultivo de arroz:

- **Macroinvertebrados.**- Se registraron organismos considerados sensibles o resistentes a la contaminación orgánica, en base a lo cual se definieron grupos de invertebrados que podrían ser utilizados como indicadores de la calidad del agua en la zona de estudio, tal es el caso de los órdenes Ephemeroptera (familias Baetidae, Caenidae, Leptophlebiidae y Polymitarcidae), Odonata (familias Gomphidae, Lestidae y Libellulidae), Trichoptera (familia Hydroptilidae), Coleoptera (familias Dytiscidae, Lampyridae, Curculionidae y Noteridae), Diptera (familia Tipulidae), Hemiptera (familias Pleidae y Corixidae) y Decapoda. Los índices de calidad de agua y de estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados (riqueza de familias, taxa de invertebrados e insectos, abundancia, diversidad y equidad), podrían ser utilizados para monitorear las condiciones de los sitios y comparar las diferentes etapas del ciclo del arroz.
- **Peces.**- Los indicadores de la biodiversidad de peces elegidos y analizados y el marco conceptual propuesto, nos permiten establecer un gradiente de calidad para los ambientes acuáticos de las arroceras. En un extremo encontramos al Arrozal propiamente dicho, donde el volumen de agua disponible para los peces es mínimo o casi inexistente. Los valetones de ingreso o egreso se ubican en una posición de calidad superior, con mayor disponibilidad y circulación de agua pero sometidos a disturbios frecuentes de caudal durante el ciclo del cultivo, así como desvinculados de alimentación adicional de agua o de los drenajes

naturales fuera de temporada. Estos ambientes, sin embargo, son los que presentaron la mayor riqueza de especies, ajustándose al modelo propuesto por la hipótesis del disturbio intermedio. Los ambientes de embalses tendrían condiciones aún mejores desde el punto de vista de la oferta y permanencia del agua, sobretodo si presentan conexión directa con los drenajes naturales (al menos temporal, en época de lluvias o aguas altas), facilitando el intercambio de adultos y juveniles. En el extremo óptimo del gradiente se encuentran los ambientes con menor integración al circuito arrocero, con permanencia y volumen de agua a lo largo del año, elevada conectividad física y funcional con el drenaje natural y bajo disturbio de sus orillas y sustratos.

- **Aves.-** Se estableció una lista de especies que podrían ser potencialmente utilizadas como indicadoras de calidad ambiental del cultivo de arroz. Las especies seleccionadas utilizan en gran medida las arrozceras, son consideradas importantes para la conservación dado su estatus global, y/o son potencialmente sensibles a cambios en el ecosistema. Se seleccionaron en total 16 especies pertenecientes a 10 familias de paseriformes y no paseriformes, incluyendo 10 especies de aves acuáticas (*Chauna torquata*, *Dendrocygna viduata*,

Ardea alba, *Egretta thula*, *Plegadis chihi*, *Platalea ajaja*, *Pluvialis dominica*, *Tringa flavipes*, *Calidris melanotos* y *Tryngites subruficollis*) y seis especies dependientes de los humedales (*Rostrhamus sociabilis*, *Tachycineta leucorrhoa*, *Sporophila ruficollis*, *Chrysomus ruficapillus*, *Sturnella supercilialis* y *Dolichonyx oryzivorus*).

El monitoreo de estos indicadores ayudaría a analizar si las prácticas productivas, como las rotaciones y descansos de los lotes con arroz, la incorporación de la ganadería en la rotación, el uso del agua y de agroquímicos, conducen o no a los objetivos planteados por el productor. En los establecimientos arroceros es común monitorear los rendimientos productivos de la cosecha o de la producción animal y la valoración económica de dichas actividades. Sin embargo, es necesario analizar el sistema productivo en su conjunto, incorporando no solo los productos obtenidos sino también el escenario ambiental y los impactos sobre el mismo.

El monitoreo de las arrozceras a través de indicadores de biodiversidad, contribuye a mantener la integridad y el funcionamiento del ecosistema, lo que es vital para sostener la producción y garantizar los resultados a largo plazo.

Canal en una arrozcera de San Javier, Santa Fe.



| Anexo I.- | | Relevamiento de anfibios, reptiles y mamíferos en las arroceras de Ea. Curupicay (ECU), Ea. San Roque (ESR), Ea. La Lucha (ELU) y en arroceras cercanas a los parajes La Querencia (PQE) y El Redomón (PRE). S/d: sin dato. Realizado por el Lic. Facundo Schivo (LETyE / UNSAM). | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|---|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Orden | Familia | Especie | Nombre común | ECU | ESR | PRE | PQE | ELU |
| Anfibios | | | | | | | | |
| Anura | Bufonidae | <i>Rhinella fernandezae</i> | Sapito cavador | | ● | | ● | ● |
| | | <i>Rhinella schneideri</i> | Cururú | ● | ● | | | ● |
| | | <i>Rhinella</i> sp. | Sapo no identificado | ● | ● | | | ● |
| | Hylidae | <i>Dendropsophus nanus</i> | Ranita trepadora enana | | ● | | | |
| | | <i>Dendropsophus</i> sp. | Ranita trepadora no identificada | | ● | | | |
| | | <i>Hypsiboas faber</i> | S/d | | ● | | | |
| | | <i>Hypsiboas pulchellus pulchellus</i> | Ranita del zarzal | ● | | | | |
| | | Hylidae no identificado | Rana no identificada | | | | | ● |
| | | <i>Podonectes minutus</i> | Ranita nadadora | | ● | | | |
| | | <i>Pseudis paradoxus</i> | Ranita nadadora gigante | | | | | |
| | Leiuperidae | <i>Physalaemus biligonigerus</i> | Rana llorona | ● | | | | ● |
| | | <i>Pseudopaludicola falcipes</i> | Macaquito | ● | ● | | ● | ● |
| | Leptodactylidae | <i>Leptodactylus chaquensis</i> | Rana chaqueña | | ● | | | ● |
| | | <i>Leptodactylus latinasus</i> | Rana urnero | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | <i>Leptodactylus mystacinus</i> | Rana de bigotes | | | | | ● |
| | | <i>Leptodactylus ocellatus</i> | Rana criolla | | | | | ● |
| <i>Leptodactylus</i> sp. | | Rana no identificada | ● | ● | | ● | ● | |
| Reptiles | | | | | | | | |
| Crocodylia | Alligatoridae | <i>Caiman</i> sp. | Yacaré | ● | | | | |
| Squamata | Aguidae | <i>Ophiodes intermedius</i> | Víbora de cristal castaña | | | | | ● |
| | Colubridae | <i>Lystrophis dorbignyi</i> | Falsa crucera de hocico respingado | ● | | | | |
| | | Colubridae no identificado | Culebra no identificada | | | | | ● |
| | Teiidae | <i>Tupinambis merinae</i> | Lagarto overo | | | | ● | |
| Testudines | Chelidae | <i>Phrynops hilarii</i> | Tortuga campanita | ● | | ● | | |
| Mamíferos | | | | | | | | |
| Carnivora | Canidae | <i>Lycalopex gymnocercus</i> | Zorro gris | ● | | | | |
| | Procyonidae | <i>Procyon cancrivorus</i> | Aguará popé | ● | | | | |
| Didelphimorphia | Didelphidae | <i>Didelphis albiventris</i> | Comadreja overa | ● | | | | |
| Rodentia | Chinchillidae | <i>Lagostomus maximus</i> | Vizcacha | ● | | | ● | |
| | Hydrochaeridae | <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> | Carpincho | ● | ● | | ● | ● |
| | Leporidae | <i>Lepus europaeus</i> | Liebre europea | | | | ● | ● |
| | Myocastoridae | <i>Myocastor coypus</i> | Coipo | ● | | | ● | |
| Xenathra | Dasyopodidae | <i>Euphractus sextcintus</i> | Tatú peludo | ● | | | | |

Nota: Las campañas se llevaron a cabo en diciembre 2009 y enero 2010. Se realizaron relevamientos diurnos de dos tipos: sistemáticos (transectas y puntos de muestreo en bordes de canales y taipas en el interior del cultivo de arroz) y no sistemáticos (observaciones ocasionales). En ambos casos los registros fueron por observación directa de individuos y por registro de rastros (fecas, huellas, cuevas y cantos).

ANEXO

Fichas plásticas de identificación

Macroinvertebrados como bioindicadores en arrozceras de Argentina



Los macroinvertebrados acuáticos son un grupo de organismos que viven en cuerpos de agua tales como quebradas, ríos, lagos, lagunas y canales, embalses y otros sitios construidos por el hombre. Estos organismos son buenos indicadores de la calidad del agua, dado que para algunos los requerimientos de hábitat son altos. Otros, al contrario, resisten, crecen y abundan en sitios donde hay contaminación.

En esta ficha se presentan los macroinvertebrados indicadores de buena y muy buena calidad de agua encontrados en arrozales de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes.

Coleoptera (Escarabajos):

Viven en diferentes tipos de cuerpos de agua, tanto tranquilos como corrientes. Se encuentran en zonas con arena, piedras o vegetación. Pueden ser nadadores o caminar en los diferentes sustratos del cuerpo de agua. Se presentan ejemplos de 4 familias sensibles: **Lampyridae**, **Curculionidae**, **Dytiscidae** y **Noteridae**.



Lampyridae



Curculionidae



Dytiscidae



Noteridae

WETLANDS INTERNATIONAL
Fundación Humedales
<http://lac.wetlands.org/>



Proyecto "Conservación de la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina"

Fotos: Florencia Trama y Federico Rizo-Patrón
Diseño: Marta Biagioli

Este proyecto cuenta con el apoyo económico del Fondo para las Américas de Argentina



Ephemeroptera (Moscas de mayo):

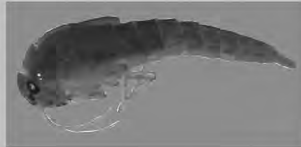
Viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas. Pocas especies resisten la contaminación. Las ninfas se encuentran generalmente en rocas, troncos y hojas. Se presentan ejemplos de 4 familias sensibles: **Polymitarcidae**, **Caenidae**, **Baetidae** y **Leptophlebiidae**.



Polymitarcidae



Caenidae

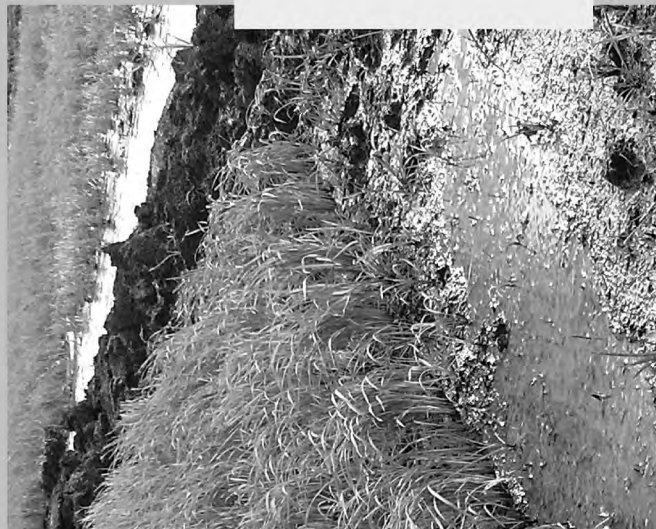


Baetidae



Leptophlebiidae





Odonata (Libélulas): Viven en pozos, pantanos, bordes de cuerpos de agua con corriente suave y poca profundidad. Se pueden encontrar en el fondo entre el sedimento o adheridos a la vegetación. Se presentan ejemplos de 3 familias sensibles: **Gomphidae, Lestidae y Libellulidae.**



Gomphidae



Lestidae



Libellulidae

Trichoptera (Moscas de las piedras): viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, adheridos a piedras, troncos y vegetación. Se caracterizan por construir casas de forma variada con piedras y restos vegetales. Se presenta una sola familia sensible observada en los arrozales: **Hydroptilidae.**



Hydroptilidae

Diptera (moscas y mosquitos): Viven en diferentes tipos de cuerpos de agua y a distintas profundidades. Algunas familias de este orden pueden vivir en aguas muy limpias y otras en aguas contaminadas. Se presenta una familia sensible observada en los arrozales: **Tipulidae.**



Tipulidae



Corixidae



Pleidae

Hemiptera (Chinches de agua): Viven en zonas tranquilas de ríos, quebradas y en cuerpos de agua con poco movimiento. Pocas especies se encuentran en aguas rápidas. Se presentan ejemplos de 2 familias sensibles: **Pleidae y Corixidae.**

Crustacea (camarones y cangrejos): Viven en diferentes cuerpos de agua, tanto de corrientes suaves como fuertes. Se encuentran en el fondo y adheridos a la vegetación. Se presenta un ejemplo de un orden sensible para este grupo: **Decapoda.**



Decapoda



Peces comunes en las arrozceras del noreste de Argentina

La presencia y abundancia de distintas especies de peces en los humedales son indicadores de buenas condiciones ambientales del medio acuático. Los principales grupos de especies que pueden colonizar o estar presentes en las arrozceras y humedales asociados se ilustran a continuación:

Acestrorhynchidae



Dientudo paraguayo
Acestrorhynchus pantaneiro

DIENTUDOS



Characidae

Dorado
Salminus brasiliensis



Juvenil



Dientudo transparente
Charax leticiae



PIRAÑAS Serrasalminae

Palometa jorobada
Serrasalmus marginatus



Piraña
Pygocentrus nattereri



Palometa amarilla
Serrasalmus maculatus

BAGRES Pimelodidae



Bagre amarillo
Pimelodus maculatus

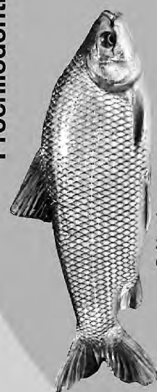


Bagre sapo
Rhamdia quelen



Surubí atrigrado
Pseudoplatystoma reticulatum

Prochilodontidae



Sábalo
Prochilodus platensis



Tararira

Erythrinidae

Hoplias malabaricus



Juvenil

Synbranchidae

Anguila criolla
Synbranchus marmoratus



Fundación Humedales
<http://lac.wetlands.org/>



UNSAM
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTIN

Proyecto "Conservación de la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina"

Fotos: P. Minotti y F. Brancolini

Diseño: Marta Biagioli



Este proyecto cuenta con el apoyo económico del Fondo para las Américas de Argentina

MOJARRAS
Characidae



Astyanax asuncionensis



Bryconamericus ineringhii



Cheirodon interruptus



Serrapinnus kriegui

MOJARRAS
Characidae

Cheirodontinae



Odontostilbe pequirá



Cyphocharax spilotos



Cyphocharax saladensis



Cyphocharax voga



Hyphessobrycon auca

MARIPOSITAS
Chrenuchidae



Characidium cf. zebra



Characidium rachowii

SABALITOS
Curimatidae



Steindachnerina brevipinna



Chanchita

Cichlasoma dimerus



Siete colores

Gymnogeophagus balzanii

CASCARUDOS
Callichthyidae



Tachuela

Corydoras paleatus

CICLIDOS
Cichlidae



Juanita

Crenicichla lepidota



Pterygoplichthys anisitsi



Hemiloricaria parva

MADRECITAS
Poeciliidae



Cnesterodon decemmaculatus

VIEJAS DE AGUA
Loricariidae



Loricariichthys platymetopon



Otocinclus vestitus

Aves como bioindicadores en arrozceras de Argentina

Aquí se presentan 16 especies de aves acuáticas que podrían ser utilizadas como bioindicadores de buena calidad ambiental en las arrozceras del noreste de la Argentina. Fueron seleccionadas porque utilizan las arrozceras durante todas las etapas del cultivo del arroz, y son abundantes y relativamente fáciles de identificar.

THRESKIONITHIDAE

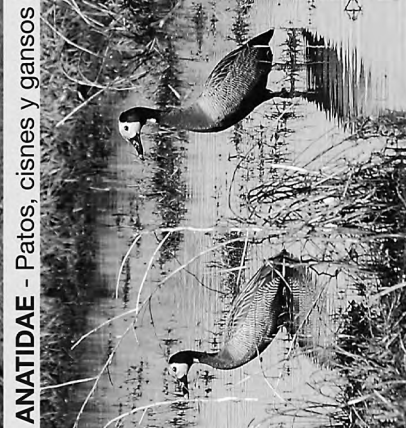
Bandurrias, cuervillos y espátulas



Espátula rosada
Platalea ajaja

A. Pajara

ANATIDAE - Patos, cisnes y gansos



A. Lesternis

ARDEIDAE - Garzas



Garcita blanca
Egretta thula

A. Lesternis

ANHIMIDAE

Chajá



Chajá
Chauna torquata

A. Parera



Proyecto "Conservación de la biodiversidad en arrozceras del noreste de Argentina"

Fundación Humedales

<http://lac.wetlands.org/>



Este proyecto cuenta con el apoyo económico del Fondo para las Américas de Argentina

Sirirí pampa - *Dendrocygna viduata*

Diseño: Marta Biagioli

EMBERIZIDAE
Corbatitas y chingolos



J. La Grottera

Capuchino garganta café
Sporophila ruficollis

HIRUNDINIDAE
Golondrinas



A. Lestermuis

Golondrina ceja blanca
Tachycineta leucorrhoa

ICTERIDAE - Tordos, boyeros y varilleros



J. Raglio

Varillero congo
Chrysomus ruficapillus



H. Batjes

Pecho colorado
Sturnella superciliosa



J. Raglio

Charlatán
Dolichonyx oryzivorus

ACCIPITRIDAE
Águilas y aguiluchos



J. La Grottera

Caracolero
Rostrhamus sociabilis

SCOLOPACIDAE - Playeros, becasinas y pitotois



A. Lestermuis

Playero canela
Tryngites subruficollis



A. Lestermuis

Playero pectoral
Calidris melanotos



R. Güller

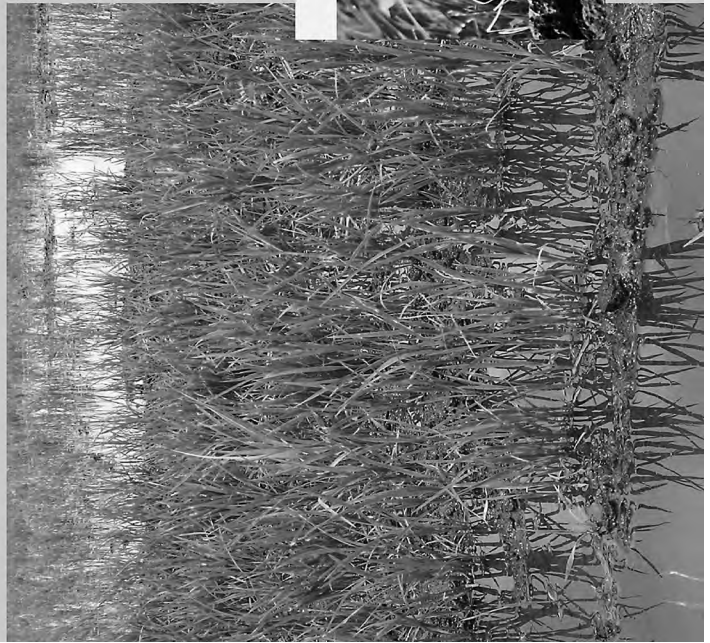
Pitotoy chico
Tringa flavipes

CHARADRIIDAE
Chorlos y chorlitos



A. Patera

Chorlo pampa
Pluvialis dominica



Misión:

Preservar y restaurar los humedales, sus recursos y biodiversidad.

Mission:

To sustain and restore wetlands, their resources and biodiversity.

El agroecosistema arrocero se comporta como un humedal artificial temporario, alternando períodos de inundación en verano y de sequía en invierno, y con una heterogeneidad espacial y temporal que facilita el establecimiento de una notable fauna acuática, incluyendo invertebrados, anfibios, peces y grandes poblaciones de aves acuáticas. Las prácticas agronómicas y en particular el uso de agroquímicos pueden disminuir la calidad del hábitat, afectando a la fauna acuática que vive asociada a estos agroecosistemas. Asimismo, la contaminación del agua podría afectar a las comunidades locales.

El objetivo de este proyecto ha sido contribuir a la conservación de los recursos acuáticos y la biodiversidad que habita las arroceras y humedales circundantes en el noreste de Argentina, a través de la identificación de bioindicadores, el monitoreo de calidad ambiental y la promoción de “buenas prácticas” para el cultivo de arroz.

Para mayor información puede visitar nuestro sitio en Internet o contactar nuestras oficinas:

<http://lac.wetlands.org/>

Wetlands International - LAC
Fundación Humedales
25 de Mayo 758 10° I
(1002) Buenos Aires
Argentina
Tel./fax: ++54 11 4312 0932
info@humedales.org.ar

ISBN: 978-987-24710-6-4


Fundación Humedales

