

Consideraciones sobre el funcionamiento de los sistemas de transferencia para peces en las represas de los ríos de la porción inferior de la Cuenca del Plata *

Norberto OLDANI¹; Claudio R. M. BAIGÚN² y Ricardo L. DELFINO³

Abstract: *SOME CONSIDERATIONS ON THE PERFORMANCE OF FISH PASSAGE SYSTEMS AT THE DAMS LOCATED ON THE RIVERS OF LOWER RIO DE LA PLATA BASIN.* Large rivers damming originates severe impacts on local and regional fauna and flora. Large rivers of the Río de la Plata basin are inhabited by fish communities with migratory populations, exhibiting large size fish that are very important for commercial and recreational fishery. The worldwide impact of dams has stimulated the constructions of fish passage facilities to allow fish migrations. The design of such facilities in South America, however, lacks a sound background information and is still debated. Pool and weir systems -very common for salmonid passage in the northern hemisphere- appear as the most common system design built in the upper basin. In the lower basin, Yacretá dam (Paraná River) has installed two mechanic elevators whereas Salto Grande dam (Uruguay River) has two Borland type locks. Elevators efficiency is less than 1% for migratory species due to design failures and unsuitable geographical location. In Salto Grande dam efficiency is still unknown, but locks do not allow a massive upstream migration. Since migrations in the Río de la Plata basin are complex, we encourage to modify current assessment criteria and move to a bioengineering approach based on sound biological and environmental information that needs to be acquired prior to the dam construction. This study aims to summarize the fish passage facilities performance of the lower Río de la Plata basin, assess possible factors limiting their efficiency and to discuss criteria to reduce dam impacts on migratory fish populations in large South American rivers.

Key words: Del Plata basin - fish facility - migratory fish - habitat.

Palabras clave: Cuenca del Plata - sistemas de transferencia para peces - peces migradores - hábitat

Introducción

La construcción de represas en el mundo, en los últimos 60 años, experimentó un importante crecimiento, con un notable incremento a partir de 1970 (Petts, 1990). Hasta 1998, en Brasil, se contabilizaban 646 obras, de un total de 979 en Sudamérica (World Commission of Dams 2000), 50 de las más importantes cubren un superficie de 28.800 km² y se construyeron con la única finalidad de generar electricidad (Sugunan 1997). En la cuenca alta del río Paraná se construyeron 452 represas (Paiva 1982, citado por Okada *et al.*, 1996), 130 consideradas como grandes embalses, 90 superan los 100 km² cada una y 4 se localizan en el cauce principal del río Paraná.

El resultado de estas obras, son los embalses que constituyen áreas con valor recreativo, de

¹ Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC). Güemes 3450, S3000 Santa Fe.

E-mail: gbio@ceride.gov.ar

² Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH), Camino Circunvalación Laguna Km 6, CC 164, C7130 Chascomús (Bs. As). **E-mail:** cbaigun@yahoo.com

³ Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental de la Nación, San Martín 451, C1004 Buenos Aires. **E-mail:** rqedelfin@yahoo.com

* Presentado en las Terceras Jornadas sobre Conservación de la Fauna Íctica en el río Uruguay. Paysandú, República Oriental del Uruguay, 25 y 26 de abril de 2002.

control de inundaciones, generación de energía, provisión de agua, etc. Desde una perspectiva ambiental, las represas generan importantes impactos sobre la fauna y la flora que trascienden el ámbito local y se proyectan a una escala regional o de cuenca. Agostinho *et al.*, (1997) argumenta que el deterioro de los stock de peces en la cuenca del Plata se debe, principalmente, a la pérdida de áreas de desove por la formación de embalses, pero también a la interrupción de migraciones con fines reproductivos.

Los ríos de la porción inferior de la cuenca del Plata poseen comunidades de peces migradores muy abundantes, con especímenes que alcanzan gran porte, lo que le confieren un gran valor deportivo. Además son el sustento de la pesquería comercial, comparable, en términos económicos a los producidos por la navegación. Las represa de Yacyretá, en el río Paraná, (construida entre Argentina y Paraguay) y de Salto Grande, en el río Uruguay, (entre Argentina y Uruguay) produjeron un gran impacto ambiental que todavía no ha sido convenientemente evaluado y se están planificando otras obra como: Garabí, San Pedro y Roncador en el río Uruguay y Corpus y Paraná Medio en el río Paraná (OEA 1985). Cuando estas obras se construyan, los ríos Paraná y Uruguay pasaran a ser sistemas de embalses en cadena, modificando a gran escala las características ecológicas y propiciando cambios irreversibles en las comunidades de peces.

El impacto de la represas a nivel mundial, estimuló la construcción de sistemas de transferencia, con la finalidad de mitigar la interrupción de las migraciones. El diseño y la construcción de estos sistemas en Sudamérica, son motivo de debate debido a los escasos antecedentes e información fragmentada de la eficiencia.

El objetivo del trabajo es presentar un panorama sinóptico del funcionamiento y eficiencia de los sistemas de transferencia construidos en los ríos de la porción inferior de la cuenca del Plata; analizar los factores que condicionaron la eficiencia y discutir criterios y estrategias para reducir el impacto de las represas en las poblaciones de peces migradores.

CARACTERÍSTICAS DE LAS COMUNIDADES DE PECES DE LA BAJA CUENCA DEL PLATA

Las especies migradoras representan la característica sobresaliente de la ictiofauna de los grandes ríos sudamericanos (Agostinho *et al.*, 2004). Son especies potádromas, porque realizan varias y repetidas migraciones a lo largo de su vida (Oldani 1990 y Tablado *et al.*, 1988, Petrere, 1985). Además, en el río Paraná, se encuentran perfectamente adaptadas a la geomorfología del valle y a las variaciones estacionales del nivel hidrométrico (es decir migran aguas arriba o aguas abajo en cualquier período del año) y a la reproducción, principalmente para mantener la posición geográfica de las poblaciones (Oldani 1990). Los estudios de marcaciones en su conjunto, (Bayley, 1973; Bonetto, 1963; Bonetto y Pignalberi, 1964; Bonetto *et al.*, 1971; Bonetto *et al.*, 1981; Tablado y Oldani, 1984; Oldani, 1990; Delfino y Baigún, 1985; Espinach Ros *et al.*, 1998) demostraron que las especies de los géneros: *Prochilodus*, *Salminus*, *Leporinus*, *Luciopimelodus*, *Brycon*, *Pseudoplatystoma*, *Piaractus*, *Sorubim* y *Paulicea*, sábalos, dorados, bogas, patíes, salmón, surubíes, pacúes, mandubíes y manguruyúes respectivamente, son las que realizan migraciones más importantes que en algunos casos superan los 1000 km. Castello (1982) registró aproximadamente 40 especies migradoras en el alto Paraná y Quirós *et al.*, (2000) en el área de Yacyretá reconocieron solamente 18. En la alta cuenca del Paraná, en Brasil, se reconocen 221 especies de las que solamente 16 realizan migraciones de mas de 100 km (Agostinho *et al.*, 2004).

Oldani *et al.*, (1992), para este mismo tramo del río Paraná considera que los peces son selectivos en el uso del hábitat para los desplazamientos en el cauce principal. Establecieron que las mayores densidades fueron detectadas casi siempre en la zona litoral, pero cuando fueron más importantes en el borde del thalweg se presentaron con altos valores de índices gonadosomáticos y fueron más frecuentes a partir de noviembre.

Las especies Sudamericanas difieren en varios aspectos importantes de las del hemisferio norte,

en particular si se las compara con las características bionómicas que exhiben los salmónidos, para los que se diseñaron y construyeron la mayoría de los sistemas de transferencia del mundo. Entre las diferencias más notables, se destaca la capacidad de realizar varias migraciones a lo largo de su vida, seguidas del desove (especies iteróparas) y la ausencia de procesos de smoltificación en los juveniles. En la Tabla 1 se presenta una comparación entre ambos tipos de peces y para puntualizar las diferencias.

Características	Peces	
	Salmónidos	Sudamericanos
Iteroparidad (se reproducen varias veces en la vida)	Rara	Usual
Semelparidad (se reproducen una vez en la vida)	Común	Nunca
Anadromía (regresan a las aguas continentales para reproducirse)	Común	Nunca
Nicho térmico	Esteno y de aguas frías	Euri y de aguas templado-cálidas
Hábitos reproductivos	Nidificación	Desove libre en aguas abiertas
Procesos de smoltificación (etapa de desarrollo)	Sí	No
Area de refugio y cría de juveniles	Cabecera de ríos	Lagunas y madre jones del valle de inundación
Migraciones activas aguas arriba de adultos	Sí	Sí
Migraciones activas aguas abajo de adultos	Raras	Frecuentes
Migraciones activas de juveniles	Sí	No
Areas de desove	Ríos de orden bajo y moderado	Grandes ríos y sus tributarios
Homing (los reproductores regresan al lugar donde nacieron)	Muy específico	Desconocido
Tolerancia a niveles de oxígeno durante las migraciones	Baja	Alta
Respuesta a cambios de nivel hidrológico y temperatura durante las migraciones	Sí	Sí

Tabla 1: Características comparativas entre las grandes especies migradoras de ríos de Sudamérica y los salmónidos migradores. Adaptado de Oldani *et al.*, (1998).

PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS REPRESAS EN LA FAUNA DE PECES

Los embalses generan importantes modificaciones en la ictiofauna debido a las alteraciones de los hábitat producidas asociadas a las velocidades de corriente, la pérdida de las variaciones del nivel, modificación de parámetros morfométricos (profundidad, ancho y desarrollo de líneas de costa) y a la calidad del agua por cambios en el contenido de nutrientes, sólidos totales disueltos, gases disueltos, materia orgánica, etc. Específicamente, las comunidades de peces y los recursos pesqueros se ven afectados de acuerdo a los siguientes aspectos:

Aguas arriba de las represas.

- Aumento de la mortalidad de huevos y larvas asociado con la disminución de la velocidad de la corriente y al incremento de transparencia del agua.
- Cambios en la estructura de la comunidad y disminución de la diversidad en el cauce principal por alteración en la proporción de gremios tróficos, aparición de especies oportunistas, euritópicas y eurifagas.
- Mortalidad de peces en hábitat costeros asociado a fluctuaciones bruscas del nivel hidrométrico.
- Pérdida de hábitat de desove.
- Modificación del comportamiento migratorio por disminución de la velocidad de corriente.
- Disminución del reclutamiento de especies migradoras por pérdida de huevos y larvas.
- Interrupción de las migraciones descendentes.
- Modificación de hábitat en relación con alimentación, desplazamientos, refugio y desove debido a cambios en la carga de sedimentos.

- Mortalidad de peces por alteración de la calidad del agua.
- Deterioro de la pesquerías por desaparición de especies migradoras y el reemplazo por especies de menor valor económico.
- Modificación de las frecuencias génicas de las poblaciones de peces migradores debido a deriva genética.

Aguas abajo de las represas

- Mortandad de peces por sobresaturación gaseosa.
- Mortalidad de peces por el pasaje a través de turbinas y vertederos.
- Aumento de la mortalidad por pesca por incremento de presión de la pesca aguas abajo de la represa.
- Alteración de patrones migratorios y reproductivos de los peces migradores por variación diaria del caudal asociado a los picos de generación de electricidad.
- Interrupción de las migraciones ascendentes.

Usualmente, los estudios de impacto ambiental que acompañan el represamiento de un río, se focalizan en los cambios producidos aguas arriba (e.g. Quirós *et al.*, 1984; Roa *et al.*, 2001), antes que en los generados aguas abajo que no son menos importantes. El área inmediatamente aguas abajo de una represa, constituye un zona fuertemente alterada y con un gran stress ambiental debido a las variaciones de caudales provenientes de las descargas de turbinas y vertederos que son completamente anormales porque están estrechamente asociadas a las características hidrológicas y morfológicas del río y a los criterios de operación de la central (Oldani *et al.*, 2001b). Los hábitat se encuentran muy modificados y pierden la asociación entre profundidades y velocidades de corrientes que son los estímulos para la orientación y el desplazamiento de los peces. Bechara *et al.*, (2001) señalaron una disminución de reproductores aguas abajo de Yacyretá atribuible a la falta del estímulo que desencadenan las crecientes. Estos cambios según Tundisi *et al.*, (1993) son generados por los criterios del manejo del agua y además modifican el transporte de sedimentos, la concentración de gases y la temperatura del agua.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSFERENCIA PARA PECES EN LA BAJA CUENCA DEL PLATA

Mayoritariamente los sistemas construidos en Sudamérica son los denominados de estanques sucesivos o escalones-estanques (pool and weir) diseñados en el hemisferio norte para transferir salmónidos y clupeidos desde aguas abajo hacia aguas arriba (ver Clay 1995; Larinier 2001 para una recopilación de diseños existentes). Pereira de Godoy (1985) menciona que en el noroeste de Brasil existen más de 20 de estos sistemas construidos en pequeñas represas o azudes. Una de las más conocidas es la de Cachoeira das Emas de 3 m de altura en el río Mogi Guassu (Pirassununga) aún cuando la eficiencia no fue determinada (Agostinho y Gómez 1997), se observó durante años el pasaje continuo de bogas, sábalos y dorados (Pereira de Godoy 1975). Según Rodríguez Fernández *et al.*, (2004), estos sistemas no resultan atractivos para los grandes Siluriformes.

Las represas construidas y proyectadas en Argentina, Uruguay y Paraguay son de mayor altura y tienen o prevén sistemas de transferencia más complejos. Por ejemplo: Yacyretá tiene elevadores, Salto Grande esclusa tipo Borland, las del Paraná Medio (18 m) sistemas de rejas-elevadores y dos escalas auxiliares de escalones tanque con ranuras (Poddubnyi *et al.*, 1981). Para Corpus se propuso una combinación de escalones-tanques (Castello 1982), en Garabí (río Uruguay), se recomendó esclusas del tipo Borland (Boiry y Quirós 1985) y en el Aña Cua, (también en el embalse de Yacyretá) se diseño en los extremos de la central, un sistema de elevadores con entradas laterales a 50 y 100 m

aguas abajo más otra en las proximidades del vertedero que se vincula con el sistema de transferencia a través de un canal de conducción (Harza y Asoc. 2001).

Represa de Yacyretá

Está emplazada en el cauce principal del río Paraná (en el tramo alto) y tiene instalados dos sistemas dobles de elevadores mecánicos ubicados en los extremos de la central (Fig. 1A). Según Clay (1995) estos sistemas se dejaron de construir después de la segunda guerra mundial. Las ventajas que señalan los diseñadores son: el reducido costo de construcción, que además es independiente de la altura de la represa; el pequeño tamaño de las instalaciones y el escaso volumen de agua que se necesita para funcionar. La desventaja radica en el alto costo de operación y mantenimiento (Larinié 2001) y en lo inapropiado que resultaron para la fauna de peces del río Paraná. En Rusia, los construyeron para transferir peces de los géneros *Acipenser*, *Abramis*, *Clupea*, *Cyprinus*, *Coregonus*, (esturiones, carpas y sardinas), (Pavlov, 1989). El elevador de margen izquierda opera desde setiembre de 1992 y el de la derecha desde julio de 1995. Durante el funcionamiento generan una llamada continua de agua, que atrae y guía a los peces del río hacia el canal de atracción, después de atravesar una compuerta de ala, son inducidos a ingresar a un tanque elevador de 15 m³ por una reja concentradora montada sobre un carro. El ascenso dura unos 7 minutos y cuando llegan arriba, los peces son transferidos a una báscula y a un canalón de descarga que los lleva al embalse. El agua para estas operaciones proviene del mismo tanque del elevador y la de una bomba auxiliar. La operación de los sistemas es automática o manual y las transferencias se realizan generalmente con una frecuencia de 1 hora en primavera - verano y 2 horas cuando la cantidad de peces disminuye en otoño - invierno.

EFICIENCIA DE LOS ELEVADORES

La eficiencia de los sistemas de transferencia para peces representa un parámetro crítico que revela cuán adecuado resulta el diseño general y cuán acertada es la ubicación geográfica de las entradas y salidas. La eficiencia de los elevadores de Yacyretá, la establecieron Oldani y Baigún (2002), en base a la incidencia de factores ambientales en la distribución de peces aguas abajo de la represa (Oldani *et al.*, 2001a), pescas de control y la evaluación de los ascensores, considerando las siguientes categorías (Oldani *et al.*, 2002).

Especies objetivo: Son las que realizan grandes desplazamientos migratorios, poseen un gran valor económico-deportivo o ecológico y requieren que las represas no interrumpan los desplazamientos. Integran este grupo *Ageniosus brevifilis*, *Brycon orbignyanus*, *Hemisorubim platyrhynchus*, *Leporinus obtusidens*, *Paulicea lütkeni*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Salminus maxillosus*, *Sorubim lima* (mandubí cabezón, salmón de río, tres punto, boga, manguruyú, pacú, sábalo, surubí pintado, surubí atigrado, dorado, mandubí cucharón), respectivamente.

Especies de importancia económica: Están representadas por especies con hábitos migratorios más reducidos pero tienen valor comercial: *Oxydoras kneri*, *Pimelodus albicans*, *Pimelodus clarias*, *Pimelodus ornatus*, *Pterodoras granulosus*, *Pseudopimelodus zungaro* (armado chancho, moncholo, amarillo, bagre fajado, armado gallego, tape), respectivamente.

Especies secundarias Son aquellas que no tienen valor económico relevante pero numéricamente son importantes, como por ejemplo *Auchenipterus nuchalis*, *Leporinus acutidens*, *Pimelodus labrosus*, *Rhaphiodon vulpinus*, *Rhinodoras d'orbignyi* (buzo, boga picuda, bagre trompudo, machete, marieta) respectivamente.

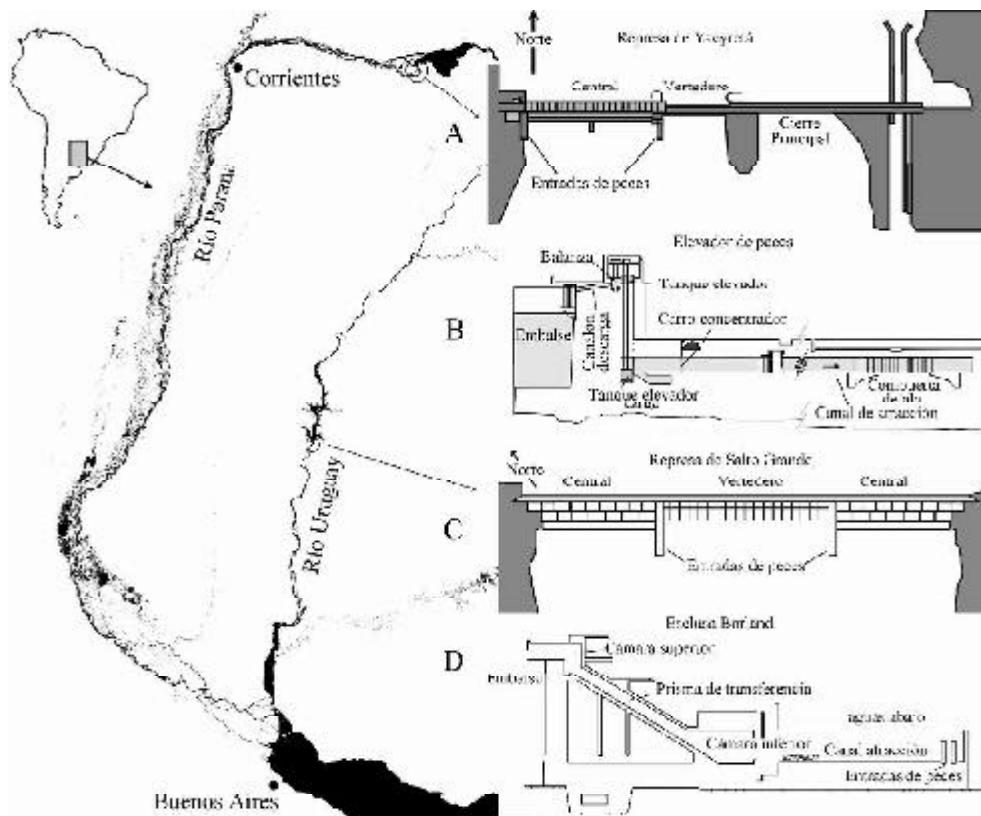


Fig. 1. Ubicación geográfica de las represas de Yacyretá y Salto Grande en el tramo Argentino de los ríos Paraná y Uruguay, respectivamente. En detalle, ubicación de distintas estructuras de: A) Represa de Yacyretá. B) Elevador de peces. C) Represa de Salto Grande. D) Esclusa Borland.

Entre 1995 y 1998, la eficiencia total de los elevadores fue bajísima, inferior al 2 % y sensiblemente menor al 7 % previsto por Colin (1997). Las especies objetivo, las más importantes de la pesquería, alcanzaron solamente el 0,6 %. El sábalo fue la más abundante con el 2,5 % de ese total, pero representó el 30 % en las pescas experimentales (Oldani *et al.*, 1998). En los elevadores se identificaron 36 especies que representan el 44 % del total registrado en la pesca experimental, lo que sugiere que los peces tienen dificultades para ingresar en los sistemas de transferencia. Las transferencias estuvieron dominadas por amarillos, con el 73 % en número y 45 % en biomasa, y armados gallegos, con el 12 y 25% respectivamente, especies consideradas de importancia económica. Las tallas estuvieron comprendidas entre 35 y 55 cm, lo que demuestra la presencia de ejemplares adultos y potencialidad reproductiva.

Otros datos estadísticos correspondientes al funcionamiento de los elevadores, áreas de concentración de los peces aguas abajo de la represa se pueden consultar en Oldani *et al.*, 2001a y Oldani *et al.*, 2001b. Estos trabajos demostraron que las especies de importancia económica estuvieron presentes durante todo el año en las transferencias, si bien existieron picos marcados de numerosidad en invierno y verano. Las especies objetivo predominaron de octubre a marzo (primavera-verano) coincidente con el período de los desplazamientos migratorios ascendentes.

Roncati *et al.*, (2001) estimaron, entre setiembre de 2000 y agosto de 2001, que los elevadores de margen derecha e izquierda, transfirieron 5.951.733 y 7.174.467 peces respectivamente. Las especie

más frecuentes fueron amarillos (52%) y armados gallegos (25%) y mientras que las especies objetivo alcanzaron al 5 %, siendo el sábalo la más abundante. Estos resultados son coincidentes en mostrar que el número de peces transferidos parece muy elevado pero la proporción de especies migradoras y de importancia muy baja y sugieren que los elevadores no son adecuados para mitigar la interrupción de las migraciones que produce la Yacyretá, limitándose a transferir especies ubicuas y sin mayor interés para las pesquerías. Según Baigún y Oldani (2001) el costo de estas transferencias por individuos, considerando la amortización de la construcción, operación y mantenimiento son exageradamente elevados.

Las razones para explicar la baja eficiencia se deben buscar en el diseño, la ubicación geográfica de entradas de los sistemas de transferencia, cambios en la temperatura del aguas, los gases disueltos aguas abajo, alteraciones del flujo de corriente y aspectos ecológicos de las poblaciones.

INADECUADO DISEÑO DE LAS ENTRADAS DE LOS CANALES COLECTORES

Las compuertas de ala que son la entrada a los canales de atracción de los sistemas de transferencia se encuentran 15 m sobre el fondo del río, lo que dificultaría el ingreso de los peces que se desplazan por debajo de esa profundidad. Esto es coincidente con caso de manguruyúes, que están prácticamente ausentes en los sistemas de transferencia, mientras son observadas en los tubos de aspiración, (Fortuny, coms. pers. 1997).

INADECUADA LOCALIZACIÓN DE LAS ENTRADAS A LOS SISTEMAS DE TRANSFERENCIA

Agostinho *et al.*, (2002) mencionan que los peces que no encuentran rápidamente las entradas a los sistemas de transferencia se mantienen en su proximidad soportando condiciones de stress. Esta situación se presentaría en Yacyretá debido a que los flujos de atracción son afectados por el vertedero (cuando está abierto) y por las salidas de turbinas, desorientando a los peces y evitando que encuentren las entradas a los sistemas de transferencia. Larinier (2001) considera que estas situaciones se deben evitar. Otro aspecto de este mismo problema fue estudiado por Oldani *et al.*, (2001a) quienes determinaron las áreas de concentración de peces aguas abajo de Yacyretá y establecieron las rutas de aproximación a los sistemas de transferencia. Lamentablemente el área que presentó siempre las mayores concentraciones de peces se ubicó en la zona más profunda (mas de 7 m) del antiguo cauce del río Paraná, aguas abajo del cierre principal, muy alejada de las entradas a los sistemas de transferencias, con velocidades de corriente mínimas (Fig.2A). Aguas abajo de la represa se encuentran otras áreas profundas. La primera, aguas abajo de la central-vertedero, donde los peces se distribuyeron próximos a la ribera izquierda y sobre el frente de obra con factores limitantes como las altas velocidades de corriente generadas por el funcionamiento de la central. La segunda, en el canal de la esclusa de navegación, donde influiría negativamente la muy baja circulación del agua.

REDUCIDAS DIMENSIONES DEL CUBO ELEVADOR.

Tiene un volumen de 15 m³ y representa el 8,4 % del volumen barrido por el carro concentrador en el canal de atracción. Esta capacidad no parece ajustarse a las dimensiones que poseen los cardúmenes de peces en este tramo del Paraná y principalmente al elevado número de especies. Bell (1991) menciona que un tanque que transporta peces debe acomodar no más de 0,45 kg/3,78 litros, lo que representaría en Yacyretá una capacidad de transferencia para cada elevador de 1.785 kg por ciclo. Otras estimaciones existentes consideran que se requiere disponer de 15 litros por cada pez, lo cual equivale a transportar 1000 peces por transferencia. Tomando como promedio un peso de 1,5 kg, representarían 666 peces por ciclo. No obstante, y como observaron Oldani y Baigún (2002), a los elevadores ingresan muchas especies no deseables, ocupando a menudo casi todo su volumen. Un problema adicional es que los peces migradores tienen ciclos diarios de actividad. Existen especies con distintos

hábitos nictemerales, por lo que al llegar un cardumen a la zona de transferencia, los elevadores podrían verse sobrepasados en su capacidad de transporte. Por ejemplo, un cardumen compuesto por 50.000 peces con peso promedio de 1,7 kg, requeriría 47 ciclos para ser transferido, asumiendo que otras especies no ingresen a los elevadores.

COMPETENCIA POR ESPACIO Y GENERACIÓN DE STRESS.

La distribución de los peces en los canales de atracción responde a sus hábitos de comportamiento. Es de esperar que los grandes Siluriformes tiendan a desplazarse y permanecer en el fondo, mientras los Characiformes en la superficie. Cuando distintas especies incluso algunos predadores, son forzadas a entrar en el cubo del elevador se generará un importante stress entre los peces. El ingreso masivo de amarillos y armados gallegos podrían establecer competencia por el espacio y con los radios espinosos de las aletas producir y sufrir heridas.

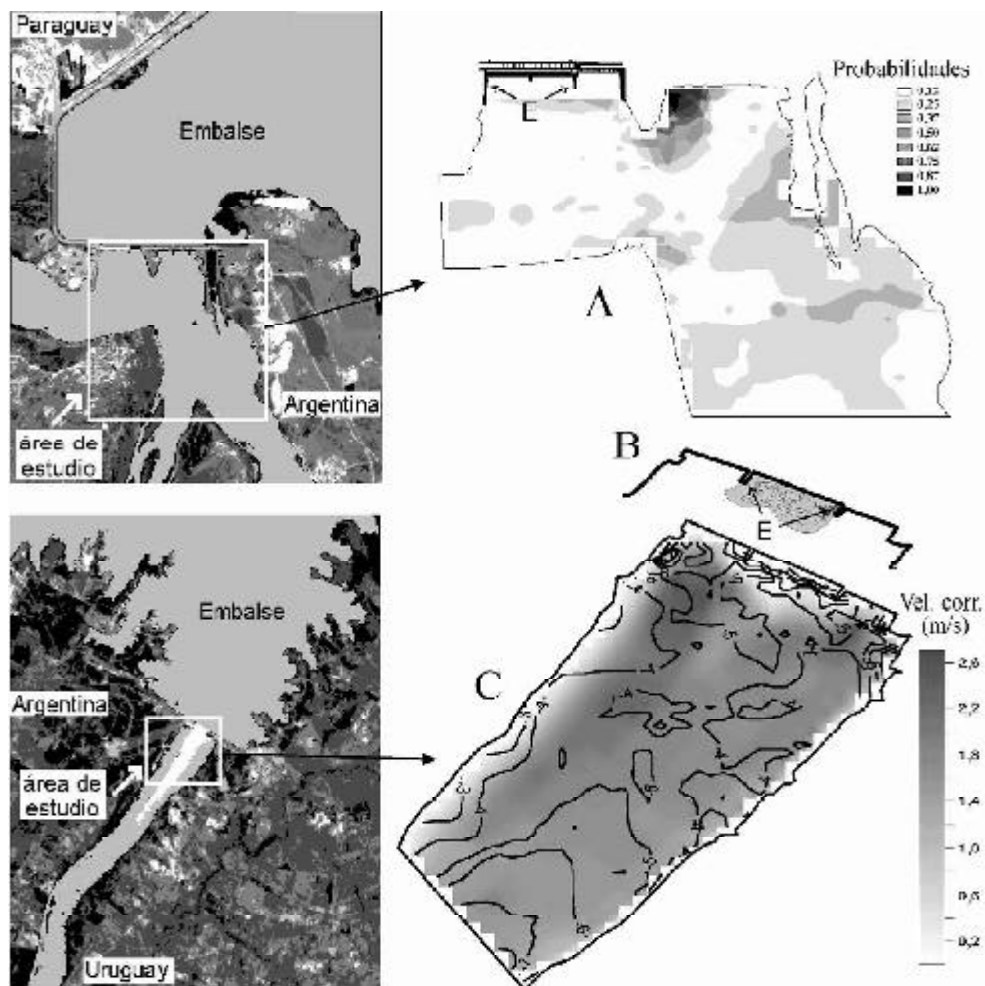


Fig. 2. Ubicación de las áreas de estudios, aguas abajo de las represas de Yacyretá y Salto Grande. A) Distribución de las áreas de altas densidades de peces (en probabilidades) aguas abajo de Yacyretá, desde julio de 1997 hasta junio de 1998 (Oldani et al., 2001). B) Superpuesto área alta densidad de peces (noviembre de 2000). C) Distribución de: profundidades con equidistancia (1 m) y de velocidades de corrientes superficial (en m/s), aguas abajo de Salto Grande (río Uruguay). E: Entradas a los sistemas de transferencia para peces. Vel.corr.: velocidades de corriente.

LIMITADO NÚMERO DE CICLOS DIARIOS.

Los elevadores pueden alcanzar un máximo de 24 ciclos o transferencias por día cada uno, pero entre 1995 y 1998 realizaron un promedio de 17,7 y 17,3 ciclos diarios y solamente funcionaron el 72 % y 60 % del tiempo, respectivamente para los sistemas de margen izquierda y derecha Oldani *et al.*, (2001b).

INADECUADA LOCALIZACIÓN DE LAS SALIDAS DE LOS ELEVADORES.

La salida de los elevadores en el embalse, es un aspecto crítico que nunca se tuvo en cuenta, no se estudió y condiciona la eficiencia porque una de las respuestas de los peces al stress es dejarse llevar por la corriente (Poddubnyi *et al.*, 1981). Las salidas deben estar ubicada en un hábitat donde los peces encuentren los estímulos necesarios para la orientación y el desplazamiento para alejarse de la obra y continuar las migraciones ascendentes. Oldani *et al.*, (1998) identificaron a la altura de la salida del elevador de margen derecha una zona con altas densidades de peces (más de 2000 peces/ha), con de más de 20 m de profundidad (30 m cuando se alcance la cota definitiva de 83 m) que se continúa aguas arriba con el terraplén lateral izquierdo del embalse con flujos de corrientes que entran directamente a las turbinas. A la salida del elevador de la izquierda, entre la central y el vertedero, se ubica otro ambiente similar pero de muy reducidas dimensiones.

Represa de Salto Grande

La obra está localizada en el río Uruguay (Fig.1C) con el vertedero ubicado entre las dos centrales. Posee dos sistemas de esclusas para peces tipo Borland (desde 1984), en los extremos del vertedero con las entradas orientadas hacia el centro del río. Según Clay (1995) estas esclusas se diseñaron para el pasaje de salmónidos anádromo de Escocia e Irlanda. La decisión en Salto Grande se fundamentó en la altura que debían salvar los peces (más de 30 m) y en el costo reducido de las esclusas. Según Larinier (2001) el mayor inconveniente es la escasa capacidad de transferencia.

Delfino *et al.*, (1986), Espinach Ros *et al.*, (1997), Quirós (1998) y Leites (1999), describieron en detalle el diseño y el funcionamiento. Sucintamente, constan de un prisma de transferencia inclinado que vincula el río (aguas abajo) con el embalse. En cada extremo del prisma se encuentra una cámara con compuertas, la superior es la de salida de peces hacia el embalse y la inferior se extiende en canal de atracción donde se acumulan los peces atraídos por una llamada, con la entrada en el extremo (Fig.1D).

Aguas abajo de Salto Grande Delfino *et al.*, (1986), estudiaron los desplazamientos superficiales y las áreas de concentración superficiales de sábalos, bogas, dorados y surubíes y establecieron zonas de aguas quietas, turbulentas e intermedias, de acuerdo a un gradiente de velocidades de corriente. Determinaron que sábalos y bogas se desplazaron desde aguas abajo en ambientes próximos a las riberas y cerca de las estructuras de la obra evitando las aguas turbulentas. Dorados y principalmente surubíes ocuparon las zonas intermedias y turbulentas.

Oldani y Leites (2001) en noviembre y diciembre de 2000 determinaron las áreas de concentración y abundancia de peces (Fig.2B) desde el frente de obra hasta el paraje denominado “La Tortuga Alegre” y reconocieron, de acuerdo con Poddubnyi *et al.*, (1981), Oldani (1990) y Oldani *et al.*, (1992), en base a la distribución de profundidades y velocidades de corriente (Fig.2C), los siguientes hábitat:

- a) Litoral: Con el 12,7% del área total y abarcó desde la línea de ribera hasta profundidades de 2 m. Fue considerada zona de descanso para los peces de tallas medianas y grandes.
- b) De talud: Representó el 22,7% y se encontró a continuación de la anterior, donde el río se profundizaba, en este caso hasta los 4 m. Se consideró muy importante para la orientación de las migraciones, pero prácticamente no se detectaron peces.
- c) Pelágico: Constituyó el 51,6% del total. Ocupó la porción central del río con profundidades

de 4 a 7 m, fue el hábitat más seleccionado por los peces y el más próximo a las entradas a los sistemas de transferencia.

d) Pelágico profundo: Le correspondió el 13 % con profundidades de 7 a 9 m, y no se detectaron peces.

e) Pozón: Sólo representó el 0,2% del total de la superficie y fue localizado dentro de la pileta del vertedero, con profundidades mayores a 9 m y estaba casi totalmente ocupado por peces.

Estos resultados indican una distribución emparchada influenciada por la heterogeneidad hidrológica y la distribución de profundidades. Poddubnyi *et al.*, (1981), demostraron utilizando marcas de ultrasonido en surubies, sábalos, dorados, patíes, bogas, que se orientan, en los grandes ríos, integrando información de profundidades y gradientes de velocidad de corriente. Además tienden a evitar velocidades de corrientes superiores a 1,5 m/s.

A pesar de que las esclusas de Salto Grande funcionan desde hace varios años, no se dispone de estimaciones de eficiencia y los escasos resultados existentes no son concluyentes. Observaciones realizadas por Espinach Ros *et al.*, (1997) sugieren que la proporción de grandes migradores es escasa comparado con la presencia aguas abajo o en áreas próximas a la represa. Además encontraron que en las esclusas predominó el bagre porteño (*Parapimelodus valenciennesi*) y el buzo (*Auchenipterus nuchalis*). Leites (1999), sin embargo, observó que las esclusas pueden transferir masivamente sábalos, bogas y dorados de pequeña talla, aún cuando se ignora cuál es la proporción en el stock del río.

Quirós (1998) señala que la cota del embalse y el nivel de restitución del río plantean limitaciones en el funcionamiento de las esclusas. Por ejemplo a una cota de embalse de 33,5 m (cota mínima de operación del sistema) existen dificultades para generar corrientes de atracción superiores a 0,5 m³/seg-1. Delfino *et al.*, (1986) notaron que con el vertedero abierto o las turbinas funcionando a pleno, los peces, principalmente los dorados tienden a acumularse más alejados de la obra, lo que reduce o impide el ingreso al cuenco de acumulación. Por otra parte, a niveles altos del embalse, mayores a 35 m, la contracorriente generada en la etapa de llenado no es significativa y la salida de los peces al embalse puede dificultarse.

Conclusiones

El escaso éxito de los sistemas de transferencia de Salto Grande y Yacyretá para las especies objetivo debe ser considerado como un importante antecedente para el desarrollo de futuras represas por sus consecuencias negativas. Actualmente es posible evaluar las consecuencias no deseadas asociadas a la eficiencia de los elevadores. El Alto Paraná, aguas arriba de Posadas exhibe una bajísima captura de especies migradoras y la actividad pesquera se encuentra virtualmente colapsada (Baigún, inédito). Similares problemas fueron reportados por Agostinho *et al.*, (1994) y Agostinho *et al.*, (2000), en Brasil.

En las condiciones de operación observadas, los sistemas para peces de Yacyretá y de Salto Grande no pueden mitigar el impacto ambiental generado por las obras y se lo puede atribuir principalmente a fallas de diseño. El hecho que estos sistemas estén ubicados en la misma obra, representarían una desventaja importante y una falta de conocimiento de los hábitos migradores de las especies nativas.

En el diseño de las esclusas Borland de Salto Grande, y por ende la capacidad de transferencia, no se tuvo en cuenta que el tamaño de los stock de los peces del río Uruguay, podía sobrepasar al de los ríos con salmónidos.

Aún cuando Yacyretá según Roncati *et al.*, (2001) transferiría más de 10 millones de peces anualmente, la riqueza específica es baja y la amplia mayoría no pertenecen a las especies objetivo y no alcanza para sostener las pesquerías tradicionales. La eficiencia de los elevadores, según Pavlov, (1989),

no llega a superar el 10 %. La baja eficiencia de los sistemas de transferencia de Yacyretá se traduce en un altísimo costo económico (no inferior a 4 dólares por cada ejemplar) resultante de considerar los servicios de la deuda y el número de ejemplares transferido de las especies objetivo (Baigún y Oldani 2001). Estos valores justificarían encarar modificaciones sustanciales para instalar nuevos sistemas complementarios.

Resulta fundamental definir para qué se construyen los sistemas de transferencia.

- Para que los peces asciendan al embalse se reproduzcan y posteriormente regresen nuevamente al río y garantizar un intercambio genético. En las condiciones actuales, implica descender a través de las turbinas de la central o del vertedero cuando circunstancialmente esté abierto.
- Se construyen para incrementar la productividad de los embalses asegurando un número importante de reproductores.

Si estos objetivos no se cumplen, deberían ser modificados o reemplazados, porque representan un potencial factor de extinción para las especies migradoras. En condiciones naturales del río (sin la represa), la reproducción normal de los peces preserva las frecuencias génicas de la población, pero si se interrumpen las migraciones (con represa) o se limita drásticamente el número de peces que alcanzan a sobrepasar el obstáculo se afectará la capacidad de reproducción y se generará una deriva genética.

La interrupción de las migraciones ascendentes de Yacyretá generó la pérdida de las pesquerías del Alto Paraná y comienzan a percibirse efectos mayores en el propio embalse. Los resultados de pesca experimental de Roa *et al.*, (2001) muestran que el sábalo fue la única especie migradora importante (en biomasa) pero con una frecuencia numérica que alcanzó solamente el 8%. Otros migradores como dorado, patí, surubí, pacú, etc en conjunto no superan el 1%. *Hemiodus orthonops* una especie de pequeño porte y prácticamente sin valor comercial es la especie dominante. Uno de los recursos pesqueros más abundante en el embalse se encuentra monopolizado por la corvina (*Pachirus bonariensis*), una especie tradicionalmente sin mayor relevancia pesquera (De Lucía *et al.*, 2004). No se dispone de información sobre la evolución sufrida por las pesquerías del Uruguay medio, curso en el cual se verificaron migraciones de peces hacia el sector superior (Delfino y Baigún 1985).

Lo anterior lleva a considerar que se deben aplicar nuevos criterios ecológicos en el diseño de las obras realizadas o planificadas. La ubicación geográfica de las entradas es uno de los aspectos más críticos que afectan la eficiencia de los sistemas de transferencia. Las entradas deben estar ubicadas en un hábitat donde los peces se concentran naturalmente. La disponibilidad de hábitat aguas abajo de una represa es muy dinámica y está en función de las profundidades y las velocidades de corrientes del agua asociadas a variaciones periódicas del nivel hidrométrico, cambios permanentes en el nivel de restitución producidos por el apuntalamiento de la central, operaciones de vertedero, calidad del agua (gases disueltos, transparencia, temperatura), etc. Además no se debería concebir a los futuros sistemas como únicos (ascensor, escala, esclusa, etc) sino como un conjunto en el cual pueden complementarse aprovechando incluso afluentes naturales que pueden ser utilizados como sistemas naturales de by pass.

Por su parte el hábitat del embalse donde se liberen los peces nunca debe localizarse próximo a las entradas de las turbinas y vertederos porque los peces pueden ser arrastrados y atrapados innecesariamente.

La problemática para preservar las especies migradoras de los grandes ríos de la baja cuenca del Plata es compleja y no puede resolverse adecuadamente sin la aplicación de un enfoque bioingenieril. Resulta fundamental impulsar el desarrollo de criterios para caracterizar las preferencias de uso de hábitat y determinar las rutas de aproximación a las obras de las especies nativas, aplicando técnicas de biotelemetría. También se deberán estudiar las características natatorias de los peces y determinar las respuestas a las distintas velocidades de corriente. Estos aspectos deberán integrarse con la

hidrología, la topografía del fondo y la calidad del agua en modelos bi o tridimensionales que permitan compatibilizar los criterios ecológicos de las especies con los requerimientos ingenieriles. Las escasas evidencias disponibles de la eficiencia de estos sistemas indica lo lejos que estamos de comprender cómo las diferentes especies reaccionan ante la oferta de estímulos existentes aguas abajo de las represas. Un problema adicional es definir cuán eficiente debe ser un sistema.

Por otra parte, se deberá analizar y resolver el problema de las migraciones descendentes, ninguna obra construida o planificada en Sudamérica, consideró la necesidad de facilitar el descenso de los peces que habían ascendido previamente.

Estos estudios deberán llevarse a cabo con antelación suficiente a las construcción de las obras para brindar las pautas para el diseño. En Salto Grande, por ejemplo, no existen antecedentes de las migraciones y de las características de la comunidad de peces previo al cierre del río, mientras que en Yacyretá, apenas se realizaron algunos estudios (Oldani *et al.*, 1992).

Es necesario comprender la escala de los análisis de las migraciones y la variabilidad interanual a diferencia de aquellas vinculadas a los aspectos meramente hidrológicos. Hay que definir la base de información mínima, los requerimientos estadísticos generales para garantizar, los márgenes adecuados de incertidumbre para que la información lograda resulte apropiada para contribuir a un diseño de paso para peces eficiente.

Por último, es necesario mencionar que la construcción de represas en Sudamérica y sobre todo en Brasil, históricamente, estuvo acompañada por la planificación de proyectos de piscicultura de repoblamiento. Se argumentó que puede restablecer el balance original entre las especies a costos inferiores a los sistemas de transferencia, que es posible seleccionar las especies que se van a introducir en el embalse, que las actividades no generan conflicto con el uso del agua y que poseen valor económico y social (Machado y Alzuguir, 1976). En los embalses de la porción inferior de la cuenca no existen estudios sobre las densidades de siembras requeridas y tallas óptimas para minimizar la mortalidad por predadores que permitan establecer la conveniencia y factibilidad de estos emprendimientos. Los costos de las pisciculturas que puedan satisfacer altas demandas de producción son importantes. Por ejemplo, Poddubnyi *et al.*, (1981) estimaron 4 grandes pisciculturas para las represas del Paraná Medio con una inversión de US\$ 10 millones cada una y un costo anual operativo de aproximadamente US\$ 400 mil. Boiry y Quirós (1985), determinaron que la piscicultura para Garabí implicaría una inversión cercana a US\$ 1,8 millones. En todo caso, parece razonable que la piscicultura de repoblamiento sea utilizada tan sólo como un complemento de los pasos para peces en determinados embalses, pero según Bonetto, (1980) es dudoso que pueda representar una solución adecuada o bien reemplazar los sistemas de transferencia.

Tampoco es sencillo predecir el número de peces que deberían ser sembrados en un embalse para obtener resultados significativos. Welcomme y Bartley (1998) y Quirós (1998), señalan que la siembra de peces esta relacionada con el rendimiento. Los resultados, en Brasil, señalan que estos emprendimientos no brindaron soluciones satisfactorias para mitigar los impactos de la represas (Pereira de Godoy, 1985) y estimularon la siembra de especies exóticas. Actualmente, la especie más abundante en Itaipu es la corvina *Plagioscion squamosissimus*, transplantada de otras cuencas, que reemplaza las capturas de especies migradoras como sábalo, dorado y surubí, (Agostinho *et al.*, 1994; Okada *et al.*, 1996) y además, se redujo el rendimiento pesquero con respecto a lo que era el río en un 50 % (Okada 2001). Agostinho (1994) presenta una síntesis de las capturas de las pesquerías comerciales en seis represas de la cuenca del Paraná (Jupia, Itaipu, Agua Vermelha, Barra Bonita, Ibitinga, Promissão y Nova Avanhandava), haciendo notar que las especies migradoras representaron un 5 % de la captura total, correspondiendo los mayores porcentajes a aquellas con tramos de ríos aguas arriba de los embalses. Según Machado (1976) y Milward de Andrade (1976), la interrupción de los procesos migratorios parece ser la principal causa que genera la declinación de los stock pesqueros.

Por el momento, parece inevitable que las represas continúen ejerciendo un impacto altamente negativo en los peces migradores de los grandes ríos de Sudamérica, sea porque la tecnología no está lista para mitigar sus efectos o bien, porque no lo estará cuando el último dorado haya migrado hacia aguas arriba.

Urge revisar los procedimientos licitatorios de las obras impulsando el desarrollo de estudios ambientales apropiados. Los ejemplos conocidos en los ríos de la porción inferior de la cuenca del Río de la Plata no son sino un ejemplo demostrativo de la falta de previsión y percepción adecuada que plantean las represas para las poblaciones de peces migradores.

Bibliografía

- Agostinho, A. A.; H. Ferreira Júlio Jr., L. C. Gomes, L. M. Bini y C. S. Agostinho. 1997. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. En: A. E. Amato de Moraes Vazzoler, A. A. A. Agostinho y N. Segatitahn (eds). *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá. *EDUEM, NUPELIA*, 460 pp.
- Agostinho, A. A. y L. C. Gomes. 1997. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatorio de Segredo. En: Agostinho, A. A. y L. C. Gomes (eds.) *Reservatorio de Segredo. Bases ecológicas para o manejo*. Maringá, PR: 319-364.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki y H. Ferreira Julio. 2004. Migratory fish of the Upper Parana River basin, Brazil. En: Carolsfield, J; Harvey, B. C. Ross and A. Baer (eds.) *Migratory fish of South America. Biology, Fisheries and Conservation Status*. *World Fisheries Trust, IDR and World Bank*: 19-98.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, D. R. Fernández y H. Suzuki 2002. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Application* 18(3):299 – 306.
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz, C. V. Minte-Vera y K. O. Winemiller. 2000. En: Gopal et al. (eds) *Biodiversity in wetlands assessment function and conservation*, V 1, Blackhuyps Publishers, Leiden, The Netherlands: 118-189.
- Agostinho, A. A. y H. F. Julio Jr. 1994. Peixes da bacia do alto rio Paraná. Simposio internacional sobre aspectos ambientais da bacia do Prata, 1993, Foz de Iguacu. Rio de Janeiro. *Instituto Acqua (Série Bacia do Prata 1)*: 165-186.
- Baigún, C. y N. Oldani. 2001. Funcionamiento de los sistemas de transferencia para peces de la baja cuenca del Plata. Resultados y perspectivas. *III Taller Internacional sobre enfoques regionales para el desarrollo y la gestión de embalses en la cuenca del Río de la Plata*. Posadas 14-17 de Marzo 2001.
- Bailey, P. 1973. Studies on the migratory characin, *Prochilodus platensis* Holmberg 1989 (Pisces Characidae) in the River Pilcomayo, South America. *Journal of Fish Biology*, 5: 25-40.
- Bechara, J. A., J. P. Roux, S. Sanchez, J. C. Terraes, P. A. Toccalino, A. Gonzalez y J. Ortiz. 2001. Evaluación de los recursos pesqueros aguas debajo de la represa. Informe Final presentado por el Instituto de Ictiología del Nordeste de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNNE a la Entidad Binacional Yacyretá. *Convenio EBY-UNNE, Acta Complementaria N° 9*, Corrientes (Argentina), 198 pp.
- Bell, M. C. 1991. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria. *U. S. Army Corps of Engineers*. North Pacific Division, Portland, Oregon, USA.
- Boiry, L. y R. Quirós. 1985. Medidas tendientes a la protección de la ictiofauna del río Uruguay de los efectos de construcción de la represa de Garabí. *HIDRENED-HIDROSERVICE*, Agua y Energía Eléctrica, *ELECTROBRASS*, Sao Paulo, Brasil, Buenos Aires, Argentina, 91 pp.
- Bonetto, A. A. 1980. Problemas relativos a la producción pesquera en los lagos de represas. *Comunicaciones Científicas del CECOAL*, 9: 21 pp.
- Bonetto, A. 1963. Investigaciones sobre migraciones de peces en los ríos de la cuenca del Plata. *Ciencia e Investigación* (Buenos Aires), 19 (1-2): 12-25.
- Bonetto, A., Canon Verón, M. y Roldán, D. 1981. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el río Paraná. *Ecosur*, 16: 29-40.
- Bonetto, A. y Pignalberi, C. 1964. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de los peces en los ríos mesopotámicos de la República Argentina. *Comunicaciones del Instituto Nacional de Limnología*, 1. Santo Tome (Santa Fe).
- Bonetto, A., Pignalberi, C., Cordiviola de Yuan, E., y Oliveros, O. 1971. Información complementaria sobre migraciones de peces en la cuenca del Plata, *Physis* 30: 505-520.

- Castello, H. P. 1982. Biología y migraciones de la fauna de peces del río Alto Paraná, Buenos Aires, Asunción, *COMP*, 110 pp.
- Clay, C.H., 1995. Design of fishway and other fish facilities. *CRC Press Publisher*, Boca Raton, Florida (USA), 2nd edition, 248 pp.
- Colin, R. 1997. Examples of World Bank projects where impact mitigation is part of project implementation in integrating freshwater biodiversity. Conservation with development: Some emerging lessons. *World Bank Environmental Department* 61: 12 pp.
- De Lucia, A., H. Roncati y B. Roa. 2004. Potencialidades biológicas de *Pachyurus bonariensis* (Pisces Perciformes) como recursos pesquero en el embalse Yacyretá (Misiones, Argentina). *Resúmenes II Reunión Binacional de Ecología, XXI Reunión Argentina de Ecología*, Mendoza 31 de octubre al 5 de noviembre de 2004.
- Delfino, R. y Baigún, C. 1985. Marcaciones de peces en el embalse de Salto Grande, Río Uruguay (Argentina-Uruguay). *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 16(1): 85-93.
- Delfino, R., C. Baigún y R. Quirós. 1986. Esclusas de peces en la represa de Salto Grande. Consideraciones acerca de su funcionamiento, Informes Técnicos del Departamento de Aguas Continentales N° 3, *INIDEP*, 55 pp.
- Espinach Ros, A., R. Delfino, F. Amestoy, S. Sverlij, R. Foti, M. Spinetti y G. Chediak, 1997. Monitoreo del sistema de transferencia de peces. En: Espinach Ros, A. y C. Ríos Parodi (eds) Conservación de la fauna íctica en el Embalse de Salto Grande. *Comisión Administradora del Río Uruguay- Comisión Técnica Mixta de Salto Grande*: 15- 26.
- Espinach Ros A., Sverlij S., Amestoy F., Spinetti M. 1998. Migration patterns of the sábalo *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) tagged in the lower Uruguay River. *Verhandlungen International Verein Limnology*, 26: 2234-2236.
- Harza y Asociados. 2001. Central del Brazo Aña Cua. Sistema de transferencia de peces. Memoria descriptiva.
- Larinier, M. 2001. Environmental issues, dams and fish migrations. En: G. Marmulla (ed.) Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. *FAO Fisheries Technical Paper* Nro 419.
- Leites, V. 1999. Esclusa para peces de la represa de Salto Grande. En: Primeras Jornadas sobre Conservación de la Fauna Ictica del Río Uruguay. *Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU)*: 21-25.
- Machado, C.E. 1976. Grandes barragens e meio ambiente: dois aspectos importantes. In: Anais do primeiro encontro nacional sobre limnología, piscicultura e pesca continental. In: Vargas, J.L., Loureto, C.G. and de Andrade, R.M. (eds.), *Fundação Joao Pinheiro*, Belo Horizonte (Brazil), pp. 341-360.
- Machado, C. E. y F. Alzuguir. 1976. Os peixes e as barragens no Brasil: 341-360 en: *Anais encontro de limnologia, piscicultura e pesca, Fundação Joao Pinheiro*, Belo Horizonte.
- Milward de Andrade, R. 1976. Situação atual de limnología, da piscicultura e da pesca continental no Estado de Minas Gerais (1975). En: Anais do primeiro encontro nacional sobre limnología, piscicultura e pesca continental. Vargas, J.L., Loureto, C.G. and de Andrade, R.M. (eds.), *Fundação Joao Pinheiro*, Belo Horizonte (Brazil). 387-401.
- Okada, E. K. 2001. Gradientes espacio-temporais na pesca artesanal do reservatorio de Itaipu, PR, Brazil. PhD thesis, *Universidade Estadual de Maringá*, PR, Brazil.: 70 pp.
- Okada, E. K., A. A. Agostinho y M. Petrere Jr. 1996. Catch and effort data and the management of the commercial fisheries of Itaipu reservoir in the upper Paraná River, Brazil. En: Cowx, I. (ed.). Stock assessment in inland water fisheries. *Fishing News Books*, London, UK: 161-164.
- Oldani, N. 1990. Variaciones de la abundancia de peces del valle del río Paraná. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 23(1): 67-76.
- Oldani, N. y C. Baigún. 2002. Performance of a fishway system in a major South American dam on the Paraná River (Argentina-Paraguay). *River Research and Applications* 18 (2): 171-183.
- Oldani, N., Baigún, C., Delfino, R., Rodríguez, R., Argüello, M. y Estepa, D. 1998. Monitoreo y evaluación de la fauna de peces de los sistemas de transferencia de Yacyretá. *Acta Complementaria N°9 del Convenio marco SECYT- CONICET-EBY*. Informe Final Parte 1:103 pp.
- Oldani, N.; Baigún, C.; Delfino, R y R. Rodríguez. 2001. Evaluación de los sistemas de transferencia para peces de la represa de Yacyretá. *Natura Neotropicalis* 32(2): 87-100.
- Oldani, N. y V. Leites 2001. Evaluación de la abundancia y distribución de peces aguas abajo de la represa de Salto Grande (río Uruguay). *Actas Seminario Internacional Gestión Ambiental e Hidroelectricidad Concordia (Arg)*, 19-21 SET2001 (en prensa).
- Oldani, N., Minotti, P., Rodríguez, R., Delfino, R. y C. Baigún 2001. Incidencia de los principales factores

- ambientales en la abundancia y distribución de los peces del río Paraná aguas abajo de Yacyretá. *Natura Neotropicalis* 32(1):41-48.
- Oldani, N.O.; J.Iwaszkiw; O. Padín y A. Otaegui, 1992. Fluctuaciones de la abundancia de peces en el alto Paraná (Corrientes, Argentina). Actas del II Seminario El río Uruguay y sus recursos. *Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU)*: 1(1):43-53.
- OEA, Organización de Estados Americanos. 1985. Infraestructura y potencial energético en la cuenca del Plata. *Secretaría de los Estados Americanos*, Washington, D.C..
- Pavlov, D. S. 1989. Structure assisting the migration of non-salmonid fish: USSR. *FAO Fish Technical Paper*, 308 pp.
- Pereira de Godoy, M.P. 1975. Peixes do Brazil sub-orden Characoidei - Bacia do rio Mogi-Guazu, Piracicaba, *Ed. Franciscana*, 4 v.
- Pererira de Godoy, M.P. 1985. Aquicultura. Atividade multidisciplinar. Escadas e outras facilidades para passagens de peixes. Estacoes de piscicultura. *Electrosul-Electrobras*, 77 p.
- Petere, M. Jr. 1985. Migraciones de peces de agua dulces en América Latina, algunos comentarios. *COPESCAL Documento ocasional* 1, 17 pp.
- Petts, G. E. 1990. Regulation of large rivers: problems and possibilities for environmentally-sound river development in South America. *Intersciencia* 15: 388-395.
- Poddubnyi, AG., Espinach Ros, A. y N. Oldani 1981. Recursos icticos del Paraná Medio en relación con la construcción de obras hidráulicas. (Memorias y recomendaciones). *Agua y Energía Gerencia Estudios y Proyectos Paraná Medio*, Santa Fe (Argentina) 710: 105 pp.
- Quiros, R. 1998. Structures assisting the migrations of non salmonids fish; Latin America, *FAO-COPESCAL Technical Paper* 5.
- Quiros, R., B. Prenski y C. Baigún. 1984. Resultados entre ensayos de captura y factores ambientales en el embalse de Salto Grande. *INIDEP, Serie Contribuciones* No. 425.
- Quiros, R., J. Bechara y M. Insaurralde. 2000. Evaluación de sistemas de transferencia para peces en la central del Brazo Aña Cua. Informe de Avance a la EBY, Grupo Consultor, Diciembre 2000 (manuscrito).
- Roa, B. H., I. M. Hirt, P. Araya, S. Flores, H. Roncati, A. Lucia y D. R. Aichino. 2001. Informe final sobre la campaña de pesca experimental en el Río Paraná entre las progresivas 1478 (Toma de agua ERIDAY) y km 1625 (Arroyo Yabebiri)-Argentina, *Convenio EBY-UNAM*, 139 pp. y Anexos.
- Rodríguez Fernández, D., A. A. Agostinho y L. M. Bibi. 2004. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of the Itaipu Binacional, Paraná river, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47: 579-586.
- Roncati, H. A., J. A. Bechara, J. P. Roux, A. González. 2001. Monitoreo y evaluación de la fauna ictica transferida por la instalaciones para peces de la central hidroeléctrica de Yacyretá-CHY. Informe Final. *Convenio EBY-UNNE-UNAM*. Posadas, Misiones: 141 pp.
- Sugunan, V. V. 1997. Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. *FAO Circular* No 933, FAO, 149 pp.
- Tablado, A. y Oldani, N. 1984. Consideraciones generales sobre migraciones de peces en el río Paraná. *Boletín de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 4(3): 31-34.
- Tablado, A.; Oldani; L. Ulibarrie y C. Pignalberi de Hassan. 1988. Cambios estacionales de la densidad de peces en una laguna del valle aluvial del río Paraná (Argentina). *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 21(4):335-348.
- Tundisi, J. G., T. Matsamura-Tundisi y M. Calijuri. 1993. Limnology and management of reservoirs in Brasil. En :Straskraba, M, J. G, Tundisi y A. Duncan (eds.) Comparative reservoir limnology and water quality management, *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht: 25-55.
- Welcomme, R. L y D. M. Bartley. 1998. An evaluation of present techniques in the enhancement of fisheries. En: Petr. T. (ed.) Inland fisheries enhancements Papers presented at the FAO-DFID expert consultation on inland fishery enhancements, Dhaka, Bangladesh. 7-11 April, 1997, *FAO Fish Technical Paper*: 1-36.
- World Commission on Dams. 2000. Dams and Development. A new framework for decision making. *Earthscan Publ. Ltd*, London and Sterling, VA, 404 pp.

Recibido 20 de febrero de 2005

Aceptado 20 de marzo de 2005

