

PATRONES DE DESPLAZAMIENTOS REPRODUCTIVOS EN EL PEJERREY *Odontesthes bonariensis*

JUAN JOSÉ ROSSO y ROLANDO QUIRÓS[†]

RESUMEN

Algunas especies de peces presentes en lagos realizan desplazamientos locales con fines reproductivos. En las lagunas pampeanas el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) muestra una variación estacional en la abundancia y proporción de sexos en los ambientes litorales. Sin embargo, no hay información de qué ocurre simultáneamente en otros ambientes ni de cómo las condiciones ambientales pueden asociarse a tal comportamiento. Este trabajo explora la variación espacial y temporal en la abundancia y proporción de sexos del pejerrey en una laguna pampeana. Se analizan las relaciones entre los patrones observados, la presencia de vegetación litoral y las principales variables ambientales. Ello pretende aportar evidencia que permita inferir no sólo la existencia de desplazamientos reproductivos sino también su dirección y los ambientes involucrados. Fueron monitoreadas simultáneamente dos estaciones litorales

con estructura vegetal contrastante y la zona pelágica inmediata durante dos estaciones reproductivas consecutivas. Se observó una íntima sincronización temporal entre el aumento de la relación hembra:macho en zonas pelágicas, la maduración de hembras y el pico de abundancia de machos maduros en ambientes litorales. Estos resultados sugieren un desplazamiento de machos maduros a favor de ambientes más someros de la laguna. Los machos se agregaron preferencialmente en la costa con vegetación. La estacionalidad de los desplazamientos en sincronía con la maduración de los peces hace suponer que tales migraciones son de carácter reproductivo, pudiendo estar favorecidas por la presencia de gradientes ambientales. La migración local reproductiva hacia zonas someras en *O. bonariensis* estuvo asociada a gradientes de salinidad, O_2 disuelto y temperatura.

[†] En memoria a Rolando Quirós, quien trabajó con el primer autor en las primeras versiones de este manuscrito.

Los peces presentan una variabilidad extremadamente amplia en cuanto al sitio elegido para su reproducción y la manera como se reproducen (Balon, 1975, 1981). Íntimamente asociados a la actividad reproductiva, muchas especies de peces presentes en lagos realizan movimientos locales desde y hacia diferentes ambientes (Moyle y Cech, 2004). Estos movimientos pueden considerarse migratorios cuando

los peces se mueven alternadamente entre dos o más hábitats diferentes con una periodicidad regular y una gran parte de la población está involucrada (Northcote, 1978). Una alternancia periódica de hábitats con fines reproductivos supone una importante variación estacional en la abundancia de reproductores y juveniles, así como en la proporción de sexos en los hábitats involucrados. Relacionar las estrategias reproductivas con características am-

bientales y de sustrato particulares presenta un gran desafío (Wootton, 1998). No obstante, las aguas someras con abundante vegetación suelen ser importantes áreas de desove y cría para muchas especies de peces (Mills y Mann, 1985). Probablemente nada sea más importante para la zonación de las especies y los individuos en un lago que la existencia de diferentes tipos de sustrato o vegetación en las aguas someras (Matthews, 1998). En las lagu-

PALABRAS CLAVE / Desplazamientos Reproductivos / Gradientes Ambientales / Lagunas Pampeanas / *Odontesthes bonariensis* / Vegetación Litoral /

Recibido: 10/06/2009. Modificado: 22/04/2010. Aceptado: 24/04/2010.

Juan José Rosso. Médico Veterinario, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Especialista en Pesquerías Marinas, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Doctor en Ciencias Agropecuarias, Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina. Becario Posdoctoral CONICET, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), Argentina. Dirección: Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA. Av. Chorroarín 280, CP1427. Argentina. e-mail: pluroosso@yahoo.com.ar.

Rolando Quirós. Profesor del Área de Sistemas de Producción Acuática, Facultad de Agronomía, UBA, Argentina. El Dr. Quirós falleció el 11/10/2008.

nas de la región pampeana, el pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Cuvier y Valenciennes, 1835) presenta un periodo de actividad reproductiva mayormente bimodal (Calvo y Morriconi, 1972) con un pico máximo en primavera y otro de menor magnitud en otoño. Esta especie también muestra una marcada variación estacional en la abundancia de los distintos estadios (Rosso, 2008) y sexos (Calvo *et al.*, 1977) que frecuentan los ambientes litorales de estas lagunas. Calvo *et al.* (1977) también identificaron la preferencia de las hembras maduras y machos del pejerrey por las costas de tosca durante la reproducción.

Todos estos resultados hacen suponer que los reproductores de *O. bonariensis* utilizan distintos ambientes en distintos momentos del año. Sin embargo, después del trabajo de Calvo *et al.*, (1977) no surgieron otros estudios concretos tendientes a explorar esta dinámica en la región pampeana. Por otra parte, aún no ha sido estudiado de qué manera las principales variables abióticas podrían estar relacionadas con tales desplazamientos reproductivos. El principal objetivo de este trabajo es explorar la variación espacial y temporal en la abundancia y proporción de sexos de reproductores del pejerrey *O. bonariensis* en una laguna de la región pampeana. Se analizarán las relaciones entre los patrones observados, la presencia de vegetación litoral y las principales variables físico-químicas del cuerpo de agua. Con ello se pretende aportar evidencia que permita inferir no sólo la existencia de desplazamientos reproductivos en esta especie sino también la dirección de tales movimientos y los ambientes involucrados.

Materiales y Métodos

Área de estudio y estaciones de muestreo

Para estudiar la dinámica temporal en la abundancia de reproductores de *Odontesthes bonariensis* (Cuvier y Valenciennes, 1835) en el plano horizontal de una laguna pampeana, se realizaron muestreos mensuales en la laguna de Gómez, ubicada en la cuenca superior del río Salado (Figura 1). Los muestreos se llevaron a cabo durante 18 meses (octubre 1999 - marzo 2001), incluyendo dos periodos reproductivos de primavera-otoño continuos. En esta laguna se seleccionaron dos estaciones litorales con estructura vegetal contrastante que pueden ser consideradas como las unidades ecoló-

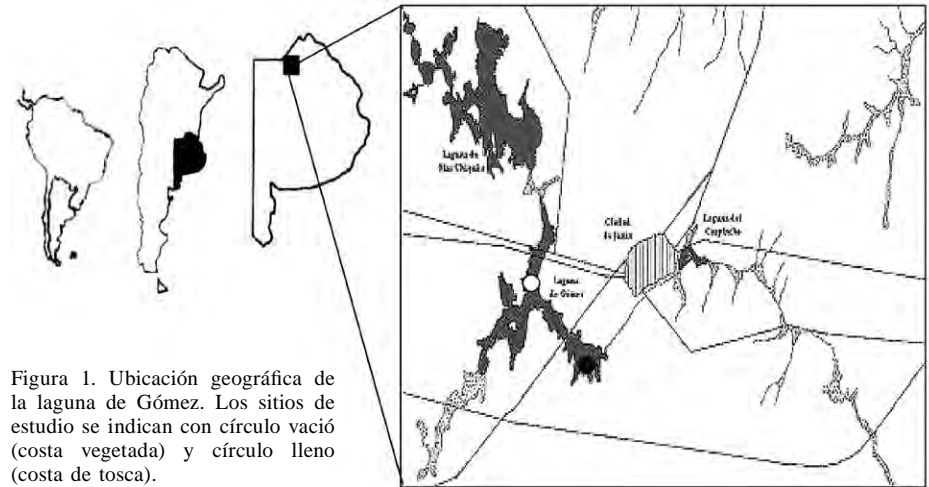


Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna de Gómez. Los sitios de estudio se indican con círculo vacío (costa vegetada) y círculo lleno (costa de tosca).

gicas fundamentales en las que se dividen las costas de las lagunas pampeanas (Calvo *et al.*, 1977). Un sitio estuvo dominado por una alta densidad de macrófitas arraigadas sumergidas del género *Potamogeton* con fondo barroso (costa vegetada) y el otro se caracterizó por la ausencia de macrófitas y fondo de tosca (costa de tosca). Simultáneamente fue monitoreada la zona pelágica inmediata a estos dos ambientes.

Muestreo de peces

Para estimar la abundancia y conocer la distribución instantánea de los reproductores, se realizaron muestreos simultáneos en las zonas pelágicas y litorales de esta laguna. Este tipo de relevamiento sincrónico de diferentes ambientes en un cuerpo de agua ha sido utilizado con éxito para el estudio de la distribución espacial de los peces (Arcifa y Meschiatti, 1993). La captura de peces en las zonas pelágicas de la laguna se realizó con redes de enmalle. Se utilizaron dos baterías de redes de 1,4m de altura, con un coeficiente de armado de 0,5 y 100m de largo. Las redes fueron confeccionadas con 10m de cada uno de los siguientes paños: 15, 21, 25, 30, 35, 40, 52, 60, 75 y 85mm entre nudos. Esta conformación de redes en trenes de distintos tamaños de malla, que permite reducir la selectividad en las capturas (Bagnal, 1978), ha mostrado ser efectiva para los ambientes someros de la región pampeana (Quirós *et al.*, 1988). Las redes se calaron durante las primeras horas del atardecer con una metodología clásica en pesquerías de aguas continentales (Freyre *et al.*, 1983; Hubert, 1996). La abundancia de reproductores de pejerrey en las zonas pelágicas se expresó como el promedio del número de individuos capturados entre

ambas redes agalleras en una hora de pesca. El arte de pesca utilizado en los ambientes litorales fue una red de arrastre del tipo "pejerrey" o "cornalito" de 20m de largo con malla de 10mm entre nudos y una bolsa central de 2m de longitud con malla de 5mm entre nudos. Para operarla, esta red fue tirada desde la costa con sogas de 50m de largo, alcanzando una superficie de barrido de ~1000m². La abundancia de reproductores en los ambientes litorales se cuantificó como el promedio del número de individuos presentes en dos lances de pesca.

Los pejerreyes capturados fueron inspeccionados visualmente para la determinación del sexo y estadio gonadal. Posteriormente se los agrupó en dos grandes categorías (maduros e inmaduros) utilizando para ello la clave macroscópica sugerida por Calvo y Dadone (1972). Así, todos los ejemplares adultos en fases tempranas del desarrollo gonadal (II, III y IV) fueron clasificados como inmaduros. Como maduros fueron incluidos solamente aquellos ejemplares (machos y hembras) que se encontraban en fase V, próximos a desovar, liberando sus gametos a la menor presión (Calvo *et al.*, 1977). Esto es importante porque permite cuantificar entre todos los adultos capturados, aquellos reproductores que están realizando o muy próximos a realizar un desove en el sitio donde han sido capturados. Los ejemplares en estadio de post-freza (VI) en adelante, incluyendo las hembras remadurantes (Calvo y Dadone, 1972), no fueron considerados en este estudio.

El equivalente no paramétrico del test de Student (Mann-Whitney) fue utilizado para evaluar las diferencias en la abundancia total de reproductores, de machos (maduros e inmaduros) y de hembras (maduras e inmaduras), entre el sitio con costa vegetada y el sitio

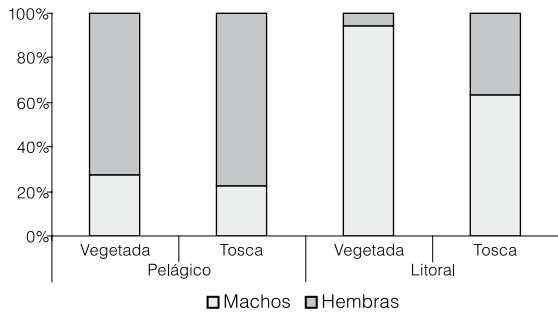


Figura 2. Abundancia relativa de machos y hembras en la zona litoral y la zona pelágica de ambos sitios de muestreo

con costa de tosca. Los datos de abundancia en zonas pelágicas y litorales fueron analizados por separado.

Variables ambientales

Para evaluar las condiciones abióticas en las zonas pelágicas y los ambientes litorales se midió la conductividad eléctrica del agua, la temperatura y el O₂ disuelto. En las lagunas de la alta cuenca del río Salado, la con-

ductividad eléctrica del agua puede ser interpretada como un indicador fiable de la salinidad del medio (Rosso y Quirós, 2007). Para realizar las mediciones del medio abiótico se utilizó una sonda multiparámetro modelo YSI 85.

Resultados

Durante los 18 meses de relevamiento en las cuatro estaciones de muestreo (litorales y pelágicas) de la laguna de Gómez se capturó un total de 4935 reproductores, 3314 hembras y 1621 machos. Las zonas pelágicas inmediatas a ambos tipos de costa estuvieron dominadas por hembras y no se observaron diferencias importantes en la proporción de sexos entre ambos sitios de estudio. Contrariamente, los machos dominaron en los ambientes litorales y, a diferencia de las zonas pelágicas, la proporción de sexos en estos ambientes varió entre el sitio con costa vegetada y el de tosca (Figura 2).

mayor coincidieron con un incremento en la abundancia de individuos maduros, tanto machos como hembras (Figura 3). No obstante, la proporción de sexos en las zonas pelágicas de esta laguna estuvo lejos de ser constante. Fueron notorios algunos picos en la relación hembra:macho antes y después de los periodos de freza.

No hubo diferencias significativas en la abundancia de reproductores entre la zona pelágica de la costa vegetada y la propia de la costa de tosca (Tabla I), tanto para las hembras como para los machos. Tampoco se hizo evidente una predilección de los reproductores por uno u otro sitio, en relación a su estado de desarrollo gonadal (maduros e inmaduros). Independiente de esto, el ensamble de reproductores en los ambientes pelágicos estuvo mayormente dominado por individuos inmaduros. La abundancia de machos (vegetada: $Z = -3,9391$; $p < 0,000041$; tosca: $Z = -4,8578$; $p < 0,000001$) y hembras (vegetada: $Z = -3,9976$; $p < 0,000032$; tosca: $Z = -4,5426$; $p < 0,000003$) en fase V de maduración fue significativamente menor y su presencia fue altamente estacional (Figura 3).

Ambientes pelágicos

La abundancia de reproductores en las zonas pelágicas de esta laguna fue variable, con un predominio casi constante de hembras sobre machos (Figura 3). En ambos sitios se pueden identificar tres picos en la abundancia de reproductores a lo largo del tiempo. El primero y más importante en la primavera de 1999, uno menor en el otoño siguiente y un tercero hacia la primavera de 2000. Estos periodos en donde la abundancia de reproductores fue

Ambientes litorales

A diferencia de lo observado en la zona pelágica, el relevamiento de los ambientes litorales de la laguna mostró que la presencia de pejerreyes adultos fue fuertemente estacional, con picos en primavera y otoño (Figura 4). Es de interés que la gran mayoría de los individuos capturados en ambos ambientes litorales fueron casi exclusivamente machos maduros (Figura 4). La abundancia de reproductores en la costa vegetada fue significativamente superior a la registrada en la costa de tosca desprovista

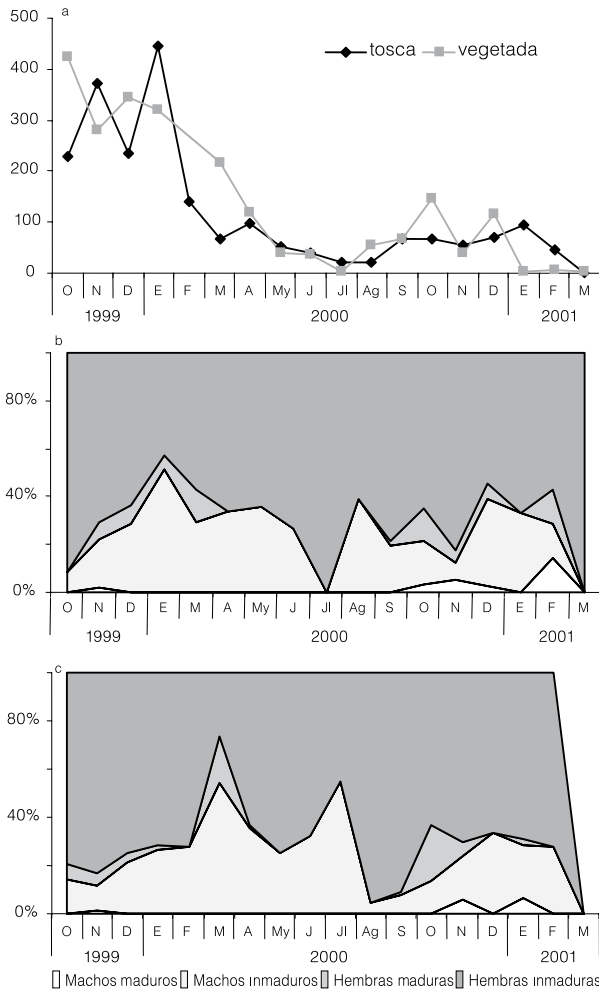


Figura 3. Dinámica temporal en la abundancia de reproductores (a) y en la proporción de sexos y estados de madurez en las zonas pelágicas de las costas vegetadas (b) y de tosca (c).

TABLA I
RESULTADOS DEL TEST DE MANN-WHITNEY APLICADO A LAS ABUNDANCIAS DE LOS DISTINTOS GRUPOS DE REPRODUCTORES EVALUADOS EN AMBOS SITIOS DE ESTUDIO (VEGETADA-TOSCA) Y DISCRIMINADOS PARA AMBOS AMBIENTES

		Pelágico		Litoral	
		Estadístico Z	Nivel p	Estadístico Z	Nivel p
Machos	maduros	0,7017	0,482882	2,3273	0,019951*
	inmaduros	0,2644	0,791466	1,1967	0,231412
	totales	0,2149	0,829844	2,621	0,008766*
Hembras	maduras	0,4123	0,680138	0,4067	0,684259
	inmaduras	0,1155	0,908017	0,001	0,999377
	totales	0,1155	0,908029	0,7917	0,428552
Total		0,2146	0,830088	2,63	0,008539*

de vegetación (Tabla I). Estas diferencias son sostenidas fundamentalmente por la gran abundancia de machos maduros en la costa vegetada. Las hembras fueron más abundantes en la costa de tosca desprovista de vegetación en respuesta a la mayor presencia de hembras inmaduras en ese ambiente litoral. El análisis conjunto de los resultados de los ambientes pelágicos y litorales muestra algunos patrones interesantes. En la zona pelágica, los momentos de mayor abundancia de reproductores coincidieron en gran medida con la mayor proporción de individuos maduros (Figura 3). Inmediatamente antes y después de estos picos de abundancia y maduración de reproductores en las zonas pelágicas se registró una caída en la proporción de machos en esos ambientes. En ese momento se registraron los picos de abundancia de machos maduros en las costas (Figura 4). Hasta cierto punto, la dinámica en la abundancia de machos en la zona pelágica y litoral tendió a ser complementaria en los dos sitios explorados (Figura 5). La presencia de hembras en los ambientes litorales, maduras o no, fue extremadamente pobre, indistintamente de la presencia de vegetación.

Gradientes ambientales

El relevamiento simultáneo del medio abiótico en el ambiente pelágico y litoral de ambos sitios de estudio reveló la existencia de gradientes transversales de temperatura, salinidad y O₂ disuelto. La dirección de estos gradientes no fue constante y sus magnitudes fueron variables. No obstante, de manera casi permanente, las variables ambientales mostraron un incremento hacia las costas. La situación inversa, con mayores valores en las zonas pelágicas, se dio sólo esporádicamente. Así, de manera casi constante, las costas de esta laguna (tanto la vegetada como la de fondo de tosca) representaron ambientes más cálidos, mejor oxigenados y con una mayor salinidad que las zonas pelágicas inmediatas (Figura 6). La presentación de estos gradientes espaciales no parece estar relacionada directamente con la estacionalidad.

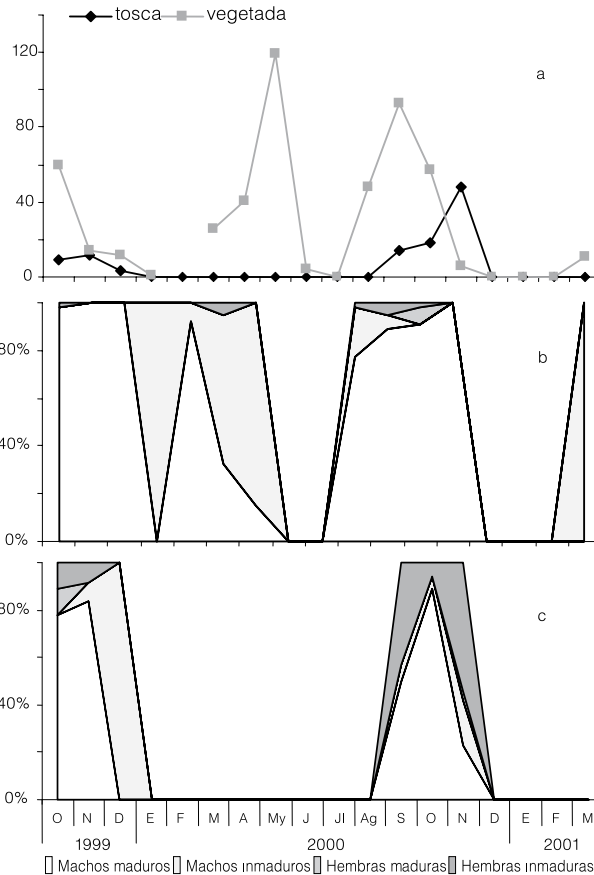


Figura 4. Dinámica temporal en la abundancia de reproductores (a) y en la proporción de sexos y estados de madurez en las zonas litorales de las costas vegetadas (b) y de tosca (c).

dad. Sin embargo, una ligera estacionalidad se observó en el gradiente de temperatura, que se hizo relativamente más notorio en los meses más cálidos. Todos los gradientes de forma esporádica presentaron episodios de gran magnitud con diferencias absolutas en-

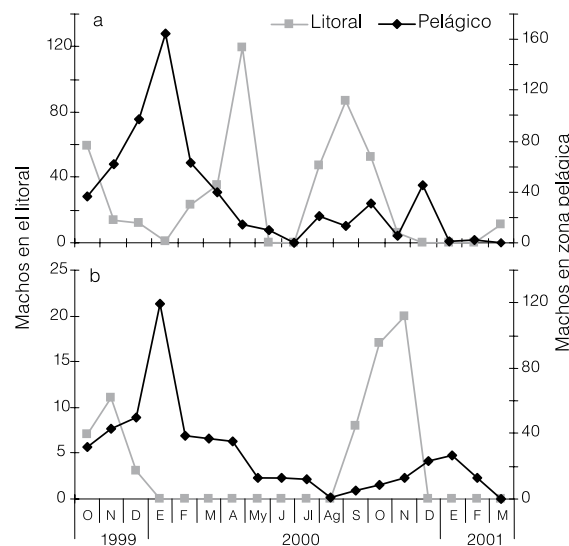


Figura 5. Dinámica temporal en la abundancia de machos en la zona litoral y en zona pelágica de la laguna de Gómez. a: costa vegetada, b: costa de tosca.

tre el ambiente pelágico y el litoral que alcanzaron valores 4-5 veces superiores a las diferencias medias.

Discusión

Variación espacial y temporal en la proporción y abundancia de sexos

Las variaciones en las proporciones de sexos en poblaciones naturales de peces suelen ser explicadas por diferentes causas, entre ellas, por desplazamientos reproductivos (Vazzoler 1996, Wu *et al.*, 2001). En este estudio se observó una íntima sincronización temporal entre el aumento de la relación hembra:macho en las zonas pelágicas, la maduración de las hembras y el pico de abundancia de machos maduros en los ambientes litorales. Estos resultados sugieren un desplazamiento de machos maduros a favor de los ambientes más someros de la laguna. La estacionalidad de estos fenómenos de desplazamientos observados en *Odontesthes bonariensis* en sincronía con la maduración observada tanto en hembras como en machos, aportan suficiente evidencia para suponer que tales migraciones locales son de carácter reproductivo. Registros

acústicos en algunas lagunas pampeanas han comprobado que *O. bonariensis* presenta patrones de agregación y dispersión espacial muy marcados a lo largo del ciclo anual (Gustavo Álvarez Colombo, comunicación personal). Este comportamiento migratorio local asociado a eventos reproductivos no ha sido documentado para ninguna de las otras especies que frecuentan la zona pelágica de las lagunas pampeanas (Rosso, 2006). Sólo el sabalito *Cyphocharax voga* parece mostrar cierta tendencia a la agregación de adultos en las costas de las lagunas, pero la participación diferencial de sexos y estadios del desarrollo gonadal en tal proceso no ha sido identificada. Por otro lado, sí existe cierta evidencia de patrones de desplazamientos reproductivos en otras especies de pejerreyes del nuevo y viejo mundo (Middaugh *et al.*, 1981; Moresco 2006.).

La gran concentración de machos maduros en las costas de esta laguna pampeana podría ser resultado de una estrategia reproductiva tendiente a optimizar la fertilización de hembras, las cuales

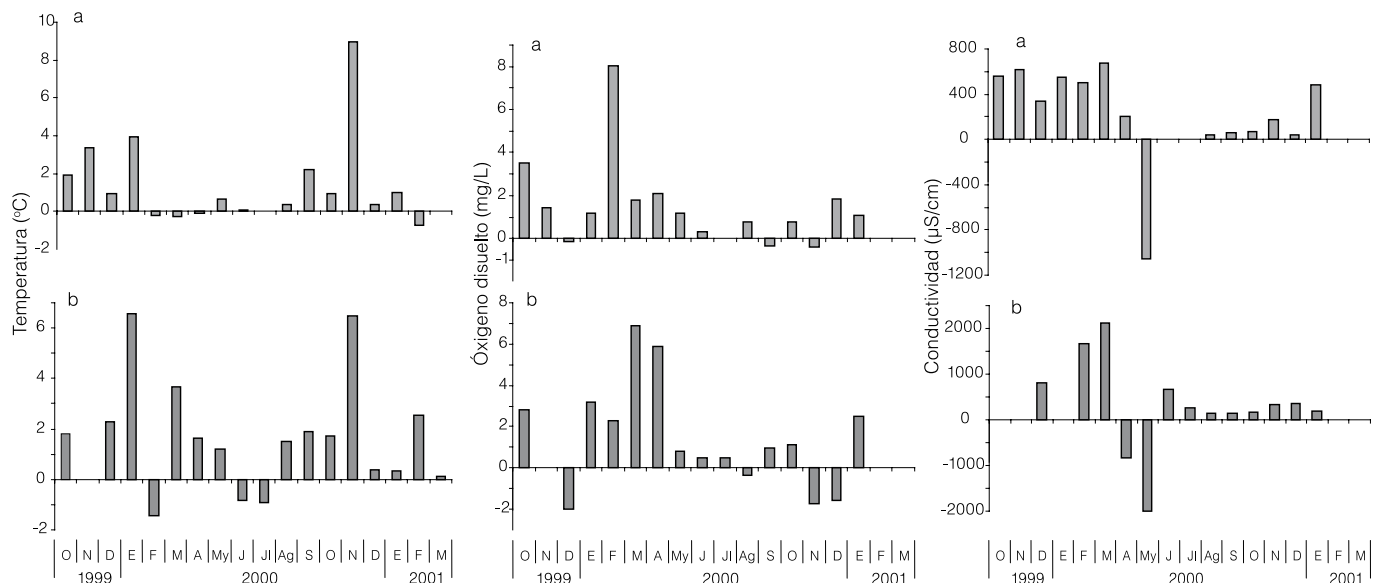


Figura 6. Dinámica temporal de la diferencia en la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), el oxígeno disuelto (mg/L) y la conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) del agua entre el ambiente litoral y el pelágico en ambos sitios de estudio. a: costa vegetada, b: costa de tosca.

se acercaría hacia la zona litoral para desovar. Esto sería particularmente importante dado que el volumen de espermatozoos del pejerrey, tanto en condiciones naturales como en cautiverio, es escaso (Strüssmann, 1989; Miranda *et al.*, 2001). Esta limitación también fue descrita para los machos de *Menidia menidia*, una especie de pejerrey del nuevo mundo (Conover y Kynard, 1984). Al igual que en *O. bonariensis*, los reproductores de *M. menidia* se mueven hacia las zonas más someras para depositar sus ovas en el sustrato y luego vuelven hacia aguas abiertas (Middaugh *et al.*, 1981). En esta última especie, los machos se acercan primero a la costa y rodean los tallos de las plantas, formando una roseta por entre la cual pasan luego las hembras a medida que liberaban sus ovas. Una estrategia similar podría esperarse en los machos de *O. bonariensis* que se desplazan diferencialmente hacia las costas de las lagunas pampeanas durante la estación reproductiva. Sin embargo, los presentes resultados muestran que la presencia de hembras en los primeros 50m de las costas fue extremadamente pobre a lo largo de los 18 meses de estudio. Por otra parte, las pocas hembras capturadas parecen concentrarse en la costa de tosca, donde paradójicamente los machos maduros son menos abundantes. Por lo tanto, sería prudente pensar que el desove en esta especie se realizaría en una zona intermedia entre los primeros metros de las costas de las lagunas (donde abundan los machos maduros) y las zonas pelágicas (donde abundan las hembras maduras).

La preferencia de los machos maduros por las costas vegetadas podría estar indicando que la mayor parte de las hembras maduras elegirá en algún momento un ambiente cercano a ese tipo de costa para realizar su desove. Precisamente, la mayor cantidad de hembras maduras se concentró en la zona pelágica de la costa vegetada. Sin embargo, otros autores han reportado que las hembras maduras y los machos de esta especie se concentran preferencialmente en las costas de tosca durante el periodo reproductivo (Calvo *et al.*, 1977). Indistintamente del tipo de costa, existe un elemento común entre los resultados del presente trabajo y las observaciones previas en cuanto a que los ambientes litorales son preferencialmente frecuentados por reproductores de *O. bonariensis* durante la época de reproducción. Los resultados de este trabajo aportan evidencia adicional de que los cambios en la abundancia y proporción de sexos en los distintos ambientes de las lagunas responden fundamentalmente a desplazamientos de machos maduros desde zonas pelágicas hacia las costas, con fines reproductivos.

Gradientes ambientales y desplazamientos reproductivos

La alta cuenca del río Salado presenta un fuerte gradiente longitudinal en la salinidad del agua (Gabbellone, 2005) y en la abundancia de efluentes antrópicos y de población humana (Rosso y Quirós, 2007). Estos gradientes espaciales interactúan con la

variación hidrológica para regular la abundancia y distribución de los peces en las lagunas de este sistema (Rosso y Quirós, 2009). Sin embargo, no hay información concreta sobre la existencia de gradientes horizontales transversales en estas lagunas, ni de su relación con la dinámica de los peces. Con este estudio hemos identificado que los ambientes litorales proporcionan un hábitat más cálido, más oxigenado y más salino (Figura 6) que las zonas pelágicas de este cuerpo de agua.

El desplazamiento reproductivo observado en *O. bonariensis* a favor de estos gradientes, podría representar una estrategia para favorecer las fases tempranas del desarrollo de esta especie, las cuales se concentran en las costas de las lagunas pampeanas (Rosso, 2008). Un ambiente más cálido supone un desarrollo más rápido de las ovas y alevinos, alcanzando antes el tamaño crítico que permite una mayor capacidad de natación para la evasión de los depredadores. Sin embargo, esta condición representaría una ventaja si los ambientes litorales fueran también más ricos en alimentos y en O_2 disuelto, ya que el incremento en la temperatura provoca un incremento en el metabolismo de los peces (Brett y Groves, 1979). Los resultados muestran que en las costas donde la temperatura fue más alta, las condiciones medias de oxigenación fueron mayores. Por otra parte, estudios sobre la mesofauna de las lagunas pampeanas han demostrado que la abundancia de macroinvertebrados crece hacia la zona litoral (Schnack, 1972). Por lo tanto, el incremento del metabolismo

para los estadios tempranos del pejerrey que supone el ambiente más cálido de las costas, va acompañado de una mayor oferta de alimento y mejor oxigenación. Este ambiente más rico en O₂ disuelto es particularmente importante para los estadios tempranos del desarrollo, pues éstos tienen mayor demanda de este elemento (Moyle y Cech, 2004). Es por ello que muchas especies de peces han adaptado como estrategia reproductiva depositar sus ovas cerca de plantas fotosintéticamente activas (Wootton, 1998).

Además de presentar mayor temperatura y O₂ disuelto, las costas de esta laguna pampeana también fueron ligeramente más salinas. Los peces en el agua dulce destinan energía para mantener la osmolaridad de su medio interno, reteniendo sales y produciendo abundante orina diluida (Moyle y Cech, 2004). Consecuentemente, un ligero incremento en la salinidad del medio reduciría la magnitud de estos procesos y permitiría a los peces destinar más energía al crecimiento (Wootton, 1998). Sin embargo, un incremento en la salinidad del agua más allá de cierto límite puede resultar perjudicial para los estadios tempranos del pejerrey. Para una gran mayoría de organismos, el rango de tolerancia a la variables ambientales es mucho más restringido en los estadios ontogenéticos más tempranos (Odum y Barrett, 2005). En ambientes naturales con una salinidad del agua cercana a 50g·l⁻¹, la reproducción de *O. bonariensis* queda confinada a zonas con aguas menos salobres (Bucher y Etchegoin, 2006). La tasa de fertilización en esta especie puede verse afectada a salinidades elevadas (Miranda *et al.*, 2006). Por lo tanto, la producción y/o supervivencia de huevos y juveniles de *O. bonariensis* pueden verse afectadas a salinidades extremas. Independientemente de ello, es de esperar que en aquellos ambientes de agua dulce donde los gradientes salinos suelen ser de poca magnitud, un ligero incremento en la salinidad resulte beneficioso para los pejerreyes.

Los resultados de este estudio sugieren que las costas de las lagunas pampeanas podrían ser considerados ambientes comparativamente más favorables para el desarrollo de los estadios tempranos de *O. bonariensis*. La presencia de gradientes horizontales termo-salinos y de O₂, podría ayudar a explicar en parte porqué el pejerrey muestra esta dinámica de desplazamiento reproductivo hacia las costas. Este no sería un mecanismo fortuito y aislado. Esta estrategia de desplazamiento asociada a un gradiente ambiental está pre-

sente también en la dinámica de otros pejerreyes de agua dulce del nuevo mundo (Middaugh *et al.*, 1981). Entre los pejerreyes de agua dulce del viejo mundo, las poblaciones de *Craterocephalus cuneiceps* de las cuencas áridas del noroeste de Australia también muestran evidencia de desplazamientos reproductivos en ambientes con variaciones espaciales drásticas de salinidad (Allen *et al.*, 2005).

Conclusiones

Los resultados sugieren la existencia de desplazamientos reproductivos en el pejerrey de la región pampeana y muestran que tales desplazamientos podrían ser favorecidos por la presencia de gradientes ambientales. El importante componente de migración local reproductiva hacia zonas someras en *Odontesthes bonariensis* estuvo asociado a gradientes de salinidad, O₂ disuelto y temperatura. Indistintamente de ello, el uso estacional de los ambientes someros por los adultos de esta especie como lugar de desove, destaca la importancia de la disponibilidad de este tipo de hábitats. Sin embargo, la participación de la cobertura vegetal como un elemento importante en el proceso reproductivo no parece ser común a todas las lagunas pampeanas.

AGRADECIMIENTOS

Juan José Rosso agradece al personal de la Biblioteca del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), a Alejandro Sosnovsky por la revisión de este manuscrito, y el apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina.

REFERENCIAS

- Arcifa MS, Meschiatti AJ (1993) Distribution and feeding ecology of fishes in a Brazilian reservoir: Lake Monte Alegre. *Inter-ciencia* 18: 83-87.
- Allen MG, Morgan DL, Gill HS (2005) Distribution, zoogeography and biology of the Murchison River hardyhead (*Craterocephalus cuneiceps* Whitley, 1944), an atherinid endemic to the Indian Ocean (Pilbara) Drainage Division of Western Australia. *Ecol. Freshwat. Fish* 14: 209-224.
- Bagenal TB (1978) Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Blackwell, Oxford, RU. 365 pp.
- Balon EK (1975) Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32: 821-864.
- Balon EK (1981) Additions and amendments to the classification of reproductive styles in fishes. *Env. Biol. Fishes* 6: 377-389.
- Brett JR, Groves TDD (1979) Physiological energetics. En Hoar WS, Randall DJ, Brett JR (Eds.) *Fish Physiology*. Vol. 8. Academic Press. Nueva York, EEUU. pp. 280-352.
- Bucher EH, Etchegoin M (2006) El pejerrey como recurso. En Bucher EH (Ed.) *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita, Córdoba, Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, Argentina. pp. 201-217.
- Calvo J, Dadone L (1972) Fenómenos reproductivos en el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) I. Escala y tabla de madurez. *Rev. Mus. La Plata, n. s. Zool.* 11: 153-163.
- Calvo J, Morriconi ER (1972) Fenómenos reproductivos en el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) III. Estudio de la fecundidad, época y número de desoves. *An. Soc. Cient. Arg.* 193: 75-84.
- Calvo J, Morriconi E, Zavala Suárez JE (1977) Fenómenos reproductivos en el pejerrey (*Basilichthys bonariensis*). II. Proporción de sexos y desplazamientos reproductivos. *Physis B* 36: 135-139.
- Conover DO, Kynard BE (1984) Field and laboratory observations of spawning periodicity and behavior of a northern population of the Atlantic silverside, *Menidia menidia* (Pisces: Atherinidae). *Env. Biol. Fish.* 11: 161-171.
- Freyre LR, Protogino LC, Iwaszkiw JM (1983) Demografía del pejerrey *Basilichthys bonariensis bonariensis* (Pisces, Atherinidae) en el embalse Río Tercero, Córdoba. Descripción de las artes de pesca. *Biol. Acuát.* 4: 2-39.
- Gabellone NA, Claps MC, Solari LC, Neschuk NC (2005) Nutrients, conductivity and plankton in a landscape approach to a Pampean saline lowland river (Salado River, Argentina). *Biogeochemistry* 75: 455-477.
- Hubert WA (1996) Passive capture techniques. En Nielsen LA, Jonson DL (Eds.) *Fisheries Techniques*. 2ª ed. American Fisheries Society. Bethesda, MD, EEUU. pp. 157-192.
- Matthews WJ (1998) *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Chapman & Hall. London, RU. 756 pp.
- Middaugh DP, Scott GI, Dean JM (1981) Reproductive behavior of the Atlantic silverside, *Menidia menidia* (Pisces, Atherinidae). *Env. Biol. Fish.* 6: 269-276.
- Mills CA, Mann RHK (1985) Environmentally-induced fluctuations in year class strength and their implications for management. *J. Fish Biol.* 27: 209-226.
- Miranda LA, Escaray RU, Bustingorry JF, Somoza GM (2001) Efecto del fotoperíodo y de la administración de gonadotropina coriónica humana (hCG) sobre la espermiación en el pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 21: 95-105.
- Miranda LA, Berasain GE, Velasco CAM, Shirojo Y, Somoza GM (2006) Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. *Biocell* 30: 157-162.
- Moresco A (2006) Biología reproductiva do peixe-rei *Odontesthes argentinensis* (Atherinopsidae) da região marinha costeira e região estuarina da Lagoa dos Patos. Tesis. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 82 pp.

- Moyle PB, Cech JJ (2004) *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. 5ª ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, EEUU. 726 pp.
- Northcote TG (1978) Migratory strategies and production in freshwater fishes. En Gerking SD (Ed.) *Ecology of Freshwater Fish Production*. Blackwell. Oxford, RU. pp. 326-359.
- Odum EP, Barrett GW (2005) *Fundamentos de Ecología*. Thomson. México. 598 pp.
- Quirós R, Baigún CRM, Cuch S, Delfino R, de Nichilo A, Guerrero C, Marinone MC, Menu Marque S, Scapini MC (1988) *Evaluación del Rendimiento Pesquero Potencial de la República Argentina I: Datos I*. Informe Técnico N° 7. Departamento de Aguas Continentales. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Mar del Plata, Argentina. 55 pp.
- Rosso JJ (2006) *Peces Pampeanos: Guía y Ecología*. L.O.L.A. Buenos Aires, Argentina. 221 pp.
- Rosso JJ (2008) *Relación entre la Abundancia y Estructura de la Comunidad de Peces y el Régimen Hidrológico en Lagunas de la Alta Cuenca del Río Salado*. Tesis. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 97 pp.
- Rosso JJ, Quirós R (2007) Exploring relationships among hydrology, human disturbance and fish abundance in a series of very shallow lowland river lakes. En Feyen J, Aguirre LF and Moraes M (Eds.) *Proc. Int. Cong. Development, Environment and Natural Resources: Multi-level and Multi-scale Sustainability*. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. pp. 1264-1272.
- Rosso JJ, Quirós R (2009) Interactive effects of abiotic, hydrological and anthropogenic factors on fish abundance and distribution in natural run-of-the-river shallow lakes. *River Res. Applic.* 25: 713-733.
- Schnack JA (1972) El complejo pleuston de las lagunas bonaerenses. Ensayo de una problemática general de la mesofauna arthropoda. *Rev. Mus. La Plata n.s. Zool. XI*, 106: 233-263.
- Strüssmann CA (1989) Basic studies on seed production of pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Tesis. Tokyo University of Fisheries. Tokio, Japón. 351 pp.
- Vazzoler AEAM (1996) *Biología da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática*. EDUEM/NUPÉLIA. Maringá, Brasil. 169 pp.
- Wootton RJ (1998) *Ecology of Teleost Fishes*. 2ª ed. Kluwer. Dordrecht, Holanda. 386 pp.
- Wu CC, Su WC, Kawasaki T (2001) Reproductive biology of the dolphin fish *Corphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. *Fish. Sci.* 67: 784-793.

PATTERNS OF REPRODUCTIVE MOVEMENTS IN THE SILVERSIDE *Odontesthes bonariensis*

Juan José Rosso and Rolando Quirós†

SUMMARY

During the breeding season some lacustrine fish species migrate between different habitats. In lakes of the Pampa Plain, the abundance of sexually mature individuals and sex ratio in populations of the silverside *Odontesthes bonariensis* vary seasonally in littoral habitats. Nevertheless, little is known about simultaneous events in lake other areas or how abiotic factors are related with this behavior. This paper explores temporal and spatial patterns in the abundance of sexually mature individuals and sex ratio of this species in a shallow lake of the Pampa Plain. Relationships between observed patterns, presence of littoral vegetation and environmental variables are discussed. This approach aims to find evidence of reproductive movements as well as the direction and habitats involved in such displacements. Two littoral sites with contrasting vegetation structure and their immedi-

ate pelagic zones were surveyed during two consecutive reproductive seasons. There was a notable synchronization between the increase in the female:male ratio in pelagic zones, the gonad development of females, and the presence of ripe males in littoral habitats. This result suggests local movement of ripe males toward the littoral environments. Ripe males seemed to prefer littoral areas where vegetation was present. The seasonality of these movements together with gonad development in both females and males suggest that local displacements may be part of a reproductive trait. It was also found that these movements may be favored by environmental gradients. Local displacements toward littoral areas were associated with water salinity, dissolved O₂ and temperature gradients.

PADRÕES DE DESLOCAMENTOS REPRODUTIVOS NO PEIXE-REI *Odontesthes bonariensis*

Juan José Rosso e Rolando Quirós†

RESUMO

Algumas espécies de peixes presentes em lagos realizam deslocamentos próximos com fins reprodutivos. Nas lagoas pampeanas, o peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) mostra uma variação estacional na abundância e proporção de sexos nos ambientes litorâneos. No entanto, não há informação de que ocorra simultaneamente em outros ambientes nem de como as condições ambientais podem ser associadas a tal comportamento. Este trabalho explora a variação espacial e temporal na abundância e proporção de sexos do peixe-rei em uma lagoa pampeana. Analisam-se as relações entre os padrões observados, a presença de vegetação litorânea e as principais variáveis ambientais. Isto pretende acrescentar evidência que permita inferir não só a existência de deslocamentos reprodutivos mas também sua direção e os ambientes envolvidos. Foram monitoradas simultaneamente

duas estações litorâneas com estrutura vegetal contrastante e a zona pelágica imediata durante duas estações reprodutivas consecutivas. Observou-se uma íntima sincronização temporal entre o aumento da relação fêmea:macho em zonas pelágicas, a amadurecimento de fêmeas e o pico de abundância de machos maduros em ambientes litorâneos. Estes resultados sugerem um deslocamento de machos maduros a favor de ambientes mais rasos da lagoa. Os machos se agregaram preferencialmente na costa com vegetação. A estacionalidade dos deslocamentos em sincronia com a maturidade fazem supor que tais migrações são de caráter reprodutivo, podendo ser favorecidos pela presença de gradientes ambientais. A migração local reprodutiva para zonas someras em *O. bonariensis* esteve associada a gradientes de salinidade, O₂ dissolvido e temperatura.