

## Marcadores histopatológicos de estrés ambiental en el pez *Odonthestes bonariensis* (Atheriniformes, Atherinopsidae) en dos embalses de Argentina

Oscar L. Leone<sup>1</sup>, Soledad Valdecantos<sup>1,2</sup> & Virginia H. Martínez<sup>1,2</sup>

1. Facultad de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina, leonevet@yahoo.com.ar; solevaldecantos@gmail.com; virginia@unsa.edu.ar
2. Instituto de Bio y Geociencias del Noroeste Argentino (IBIGE), CONICET-Universidad Nacional de Salta, CCT-Salta, Av. 9 de julio 14, 4405, Rosario de Lerma, Salta, Argentina.

Recibido 25-X-2017 • Corregido 18-XII-2017 • Aceptado 13-II-2018

**ABSTRACT: Histopathological markers of environmental stress in the fish *Odonthestes bonariensis* (Atheriniformes, Atherinopsidae) in two reservoirs of Argentina.** The Cabra Corral reservoir is the main recreational and sport fishing area of northwest Argentina, with a great interest in the preservation of its environmental conditions. From the Arenales river, the Cabra Corral receives organic matter from domestic and industrial effluents, as well as livestock and agricultural activities of the Lerma Valley. To this is added an important contribution of minerals from the Guachipas river. High levels of mercury and cadmium have been found in this body of water. We assess the health conditions of *Odonthestes bonariensis* of the Cabra Corral reservoir, which are subject to a very high anthropic impact in relation to the populations of the species in another reservoir of the province, such as the Campo Alegre reservoir. We analyzed histopathological markers in white organs in order to establish if there are differences between the two bodies of water. We performed bi-monthly samplings, extracting samples of liver, kidney and gills, which were processed with routine histological techniques. In addition, water samples were analyzed for quality. In the Cabra Corral reservoir, we found a large number of histopathologies, where the liver was the most affected organ, followed by the kidney and, to a lesser extent, the gills. In the Campo Alegre reservoir, we found a lower proportion of histopathologies. Liver and kidney parasites caused by coccidia associated with inflammatory processes are reported in fish population in Cabra Corral area. The identification and evaluation of histopathological markers confirmed that there are marked differences in the health status of *O. bonariensis* between the two reservoirs.

**Key words:** biomonitoring, histopathological marker, reservoir, *Odonthestes bonariensis*.

**RESUMEN:** El embalse Cabra Corral es el principal sitio de recreación y pesca deportiva del noroeste argentino, existe un gran interés en la preservación de sus condiciones ambientales. El Cabra Corral recibe desde el río Arenales materia orgánica proveniente de efluentes domiciliarios e industriales, como de actividades ganaderas y agrícolas que se desarrollan en el valle de Lerma; también recibe una importante contribución de minerales desde el río Guachipas. En este cuerpo de agua se ha encontrado altos niveles de mercurio y cadmio. Evaluamos las condiciones sanitarias de las poblaciones de *Odonthestes bonariensis* del embalse Cabra Corral, que presenta un alto impacto antrópico en relación con las poblaciones de otro embalse, el Campo Alegre con menor impacto antrópico. Analizamos marcadores histopatológicos en órganos blanco a fin de establecer si existen diferencias entre los dos cuerpos de agua. Realizamos muestreos bimensuales, se extrajeron muestras de hígado, riñón y branquias, las que se procesaron con técnicas histológicas de rutina; se analizaron muestras de agua para determinar su calidad. En el embalse Cabra Corral encontramos un gran número de histopatologías, el hígado es el órgano más afectado, seguido por el riñón y en menor medida las branquias. En el embalse Campo Alegre, las histopatologías también se hallaron pero en menor proporción. En el Cabra Corral se destacan las parasitosis hepáticas y renales causadas por coccidios asociados a procesos inflamatorios. La identificación y evaluación de los marcadores histopatológicos confirmó que existen marcadas diferencias en el estado de salud de las poblaciones de *O. bonariensis* entre los dos embalses estudiados.

**Palabras clave:** biomonitoreo, marcadores histopatológicos, embalses, *Odonthestes bonariensis*.

El dique Cabra Corral es considerado uno de los más importantes reservorios de agua del noroeste de Argentina, recibe la afluencia de dos ríos, Arenales y Guachipas. El primero desemboca en la zona norte del dique y recorre zonas de cultivo, importantes núcleos poblacionales

como la ciudad de Salta con más de 800 000 habitantes; en él se vuelcan efluentes cloacales, industriales y basurales (Martínez, 2002). El río Guachipas desemboca en la zona sur del dique aportando caudal que recolecta de los valles Calchaquies. A unos 90 Km hacia el norte

se encuentra un pequeño dique, el Campo Alegre reservorio de agua potable con escasa influencia antrópica. En ambos embalses se ha sembrado *Odontesthes bonariensis*, pez de gran importancia económica y deportiva en Argentina (Mancini & Grosman, 2008). El noroeste argentino presenta una marcada estacionalidad, con un periodo de creciente, entre los meses de enero a mayo, cuando se producen las mayores precipitaciones, y un periodo de estiaje entre los meses de junio a diciembre.

En los últimos tiempos se han registrado mortandades masivas de peces y aparición de anomalías en el dique Cabra Corral, cuya causa no ha sido dilucidada, es por ello que la aplicación de programas de biomonitorio resulta necesario para controlar y analizar las condiciones en las que se hallan las poblaciones de peces (Melacon, 1994). Los programas de biomonitorio pueden revelar los contaminantes y sus concentraciones (Cajaraville et al., 2000; Campagna et al., 2008), sin embargo estos análisis suelen reflejar el estado de salud de las poblaciones animales. La detección de histopatologías resulta una herramienta esencial para determinar los efectos de los agentes físicos, químicos y biológicos en los organismos; conociendo el aspecto normal de los órganos, sus alteraciones pueden indicar la acción de xenobióticos (Hinton & Lauren, 1990a, 1990b; Martínez, 2002). Los principales órganos que se consideran marcadores primarios de estrés son branquias, piel, hígado y riñón (Bernet et al., 1999; Camargo & Martínez, 2007). En ríos circundantes a este dique se han descrito peces con histopatologías asociadas a estrés ambiental; en *Pimelodus albicans* y *Leporinus obtusidens*, en el río Juramento, Monasterio de Gonzo et al. (1995) hallaron lesiones en branquias; en *Ixinandria steinbachi* en el río Arenales, Chalup (2001) en hígado y riñón, Quinteros (2002) halló alteraciones en sangre en la misma especie y Martínez (2002), describió numerosas histopatologías en branquias de diferentes especies de peces siluriformes del río Arenales.

Las características físico- químicas del embalse Cabra Corral han sido estudiadas por varios autores (De Viana & Quiróz, 1988, Pasculli, 1997), así como el zooplankton y fitoplancton (Salusso & Moraña, 1998; Regidor & Mosa, 1997; Mosa & Regidor, 2003). Nos propusimos comparar las poblaciones de *O. bonariensis* de ambos embalses y evaluar la presencia de histopatologías en branquias, hígado y riñón, a fin de establecer si existen marcadores histopatológicos de estrés ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante dos años, se realizaron muestreos en creciente (febrero, abril y junio) y estiaje (agosto, octubre

y diciembre), en las zonas norte y sur del dique Cabra Corral y en un sitio en el dique Campo Alegre. Se capturó un total de 319 ejemplares adultos, los que fueron sacrificados mediante dislocación cervical, extrayéndose branquias, hígado y riñón siguiendo las técnicas estándares de necropsia en peces; los órganos se fijaron en formol al 10% tamponado y en Bouin.

Las muestras se procesaron mediante técnicas histológicas de rutina, se incluyeron en paraplast, se cortaron a 5 micras de espesor y se colorearon con Hematoxilina – Eosina y tricrómica de Masson. Se analizó presencia, número y extensión de las lesiones histopatológicas en los peces de las tres zonas muestreadas. Se calcularon las tasas de prevalencia para cada lesión en particular, teniendo en cuenta zona y época de muestreo.

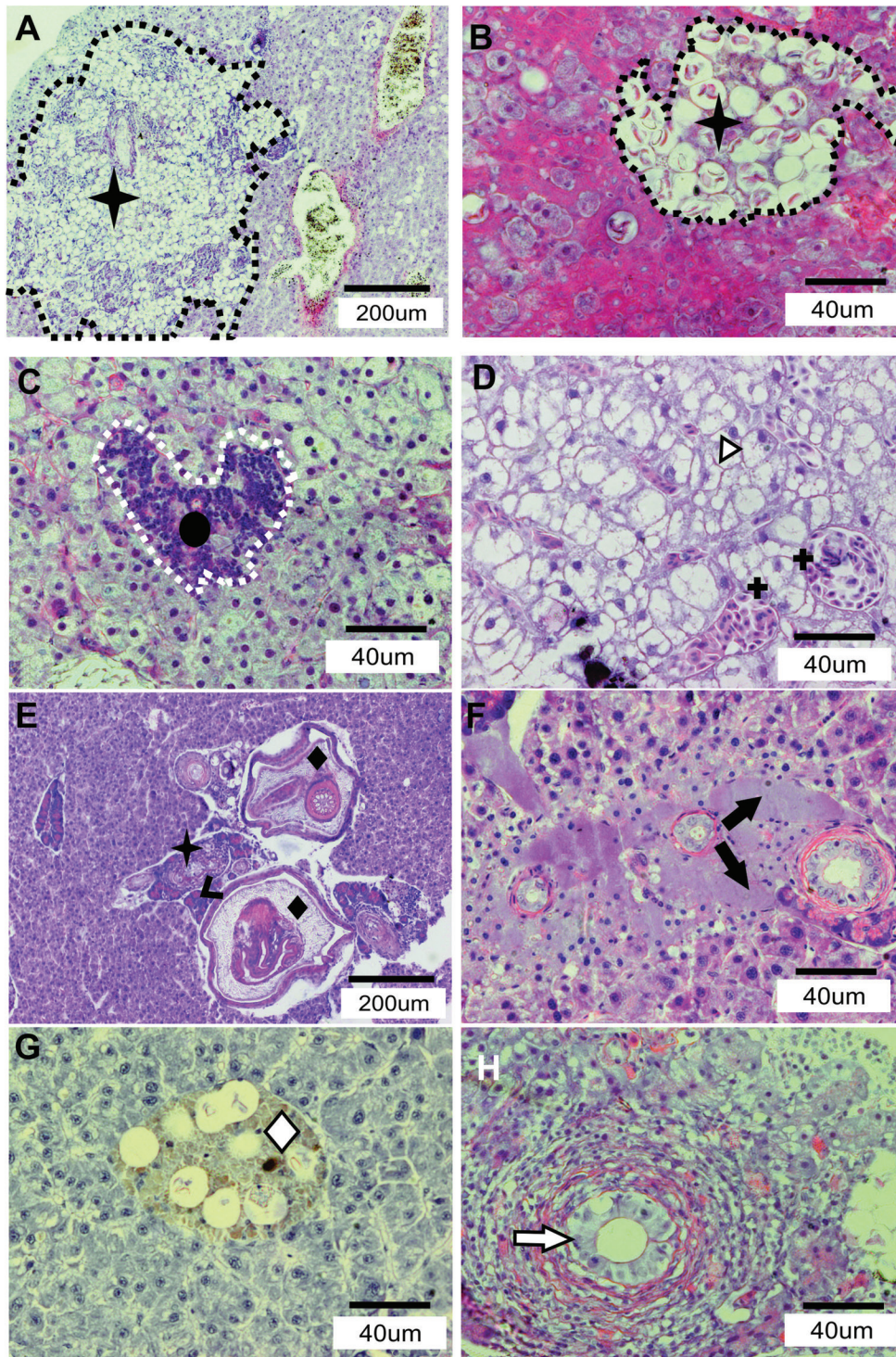
Para estandarizar y establecer la extensión y la importancia patológica de las lesiones presentes en los diferentes órganos de *O. bonariensis* se siguió el método propuesto por Bernet et al. (1999). Se aplicaron métodos estadísticos para analizar las tasas de prevalencia de las diferentes zonas de muestreo (test de comparación de proporciones); para evaluar los índices de Bernet de las zonas de muestreo (Kruskal Wallis) y para comparar las épocas de creciente y estiaje dentro de cada zona muestreada (Wilcoxon).

En cada sitio en los meses de mayo (máximo nivel de agua) y diciembre (mínimo nivel de agua), se recolectaron muestras de agua para determinar: sólidos disueltos y totales, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, DBO, DQO, dureza, iones, fosforo total y reactivo, clorofila A, nitratos, nitritos y metales pesados. A campo se midió transparencia (disco de Secchi) y pH, fijándose los límites máximos según la normativa vigente para los principales usos de los cuerpos de agua, como recreación con contacto directo y supervivencia de la vida acuática.

## RESULTADOS

Histopatologías: El hígado de *O. bonariensis* es un hepatopáncreas se hallaron histopatologías en las regiones hepática y pancreática. En la región hepática se hallaron congestión, necrosis e hipertrófia de hepatocitos, inflamaciones con infiltrados, exudados y acúmulos de melanomacrófagos, hiperplasia de conductos biliares y parasitosis. En la región pancreática se hallaron solo necrosis acinares e inflamaciones (Fig. 1).

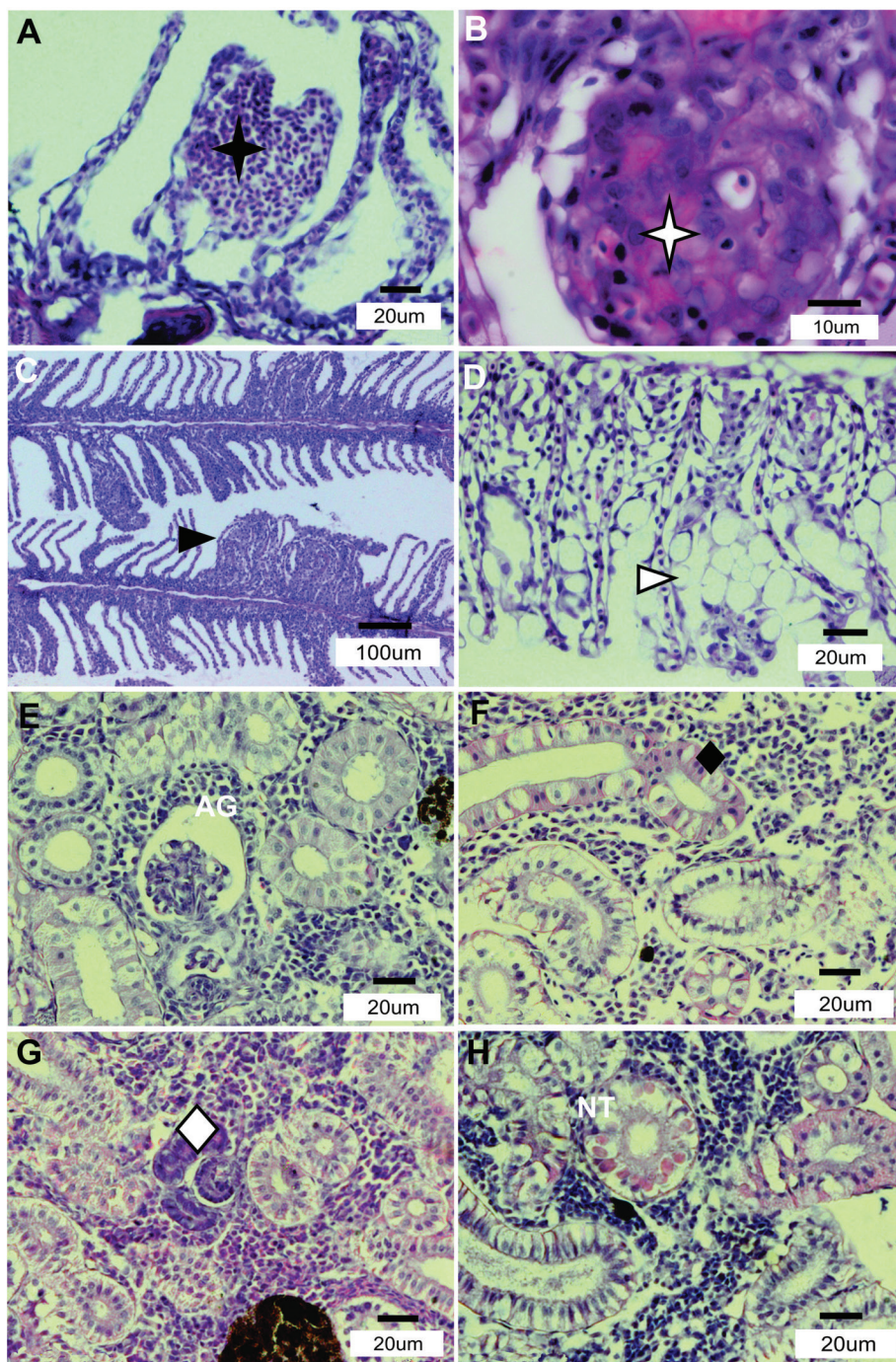
En las branquias se encontraron edemas laminillares, telangiectasias, inflamaciones, hipertrofias e hiperplasias epiteliales, fusiones de laminillas, metaplasias escamosas, hiperplasias y metaplasias mucosas y quistes



**Fig. 1.** Histopatologías en Hígado. **A.** Coocidiosis en porción hepática (★); **B.** Quistes de coccidios (◆) rodeados hepatocitos necrosados; **C.** Infiltrados inflamatorios (●); **D:** Congestión hepática (▷) e hipertrofia de hepatocitos (⊕); **E.** Necrosis de conductos (>) y parásitos como helmintos (◆) y coccidios (⊕); **F.** Inflamación con exudados (→); **G.** Inflamación con melanomacrófagos asociada a coccidios (◇); **H.** Hiperplasia conjuntiva de conducto biliar (⇨).

parasitarios ; mientras que en el riñón se determinó la presencia de hemorragias, atrofias glomerulares, vacuolizaciones y necrosis tubulares, presencia de urolitos en túbulo colectores, como formación de nuevas nefronas y coccidiosis renal (Fig. 2).

**Tasa de Prevalencia:** La prevalencia de las diferentes patologías de cada órgano blanco se presentan en el cuadro 1. En las dos zonas del embalse Cabra Corral, en ambas porciones del hígado, la coccidiosis asociada a inflamaciones con agregados de centros de melanomacrófagos



**Fig. 2.** Histopatologías en Branquias (A, B, C, D) y riñón (E, F, G, H). **A.** Telangiectasias con fusión de laminillas (★); **B.** Quistes parasitarios en laminillas branquiales (☆); **C.** Hiperplasia epitelial de los filamentos branquiales con fusión de laminillas (▶); **D.** Hiperplasia de epitelio branquial con hiperplasia y metaplasia mucosa (▷); **E.** Atrofia glomerular (AG); **F.** Vacuolización severa de túbulo proximales (◆); **G.** Neonefronas (◇); **H.** Necrosis tubular (NT).

CUADRO 1  
Tasas de prevalencia de las patologías por órgano y zona de muestreo

Órgano	Patologías	Campo Alegre	Cabra Corral	
			Arenales	Guachipas
		Totales	Totales	Totales
Hígado	Congestión	1,78	17,82	29,13
	Necrosis	0	9,3	7,08
	Necrosis Conducto Biliar	0	4,65	7,08
	Hipertrofia	51,78	28,68	29,92
	Hiperplasia Conducto Biliar	0	6,2	25,98
	Inflamación Exudado	17,85	27,13	33,85
	Inflamación Centro melanomacrófagos	28,57	62,79	69,29
	Inflamación Infiltrados	5,35	35,65	54,33
	Focos Eosinófilos	0	6,97	5,51
	Coccidiosis	0	66,66	69,29
	Helmintos	16,07	26,35	37
Páncreas	Necrosis	0	1,55	0
	Inflamación Exudado.	0	21,7	26,77
	Inflamación Centro melanomacrófagos	21,42	61,24	70,86
	Inflamación Infiltrados	1,78	27,13	42,51
	Coccidiosis	0	65,11	68,5
Bránquias	Telangiectasia	16,07	27,9	37,79
	Edema	5,35	27,9	14,96
	Hipertrofia Epitelial	1,8	11,62	1,57
	Hiperplasia Epitelial	17,85	17,82	18,89
	Infiltrado Inflamatoria	1,8	13,17	3,14
	Quiste Parasitario	30,35	20,93	22,04
Riñón	Hemorragias	14,28	18,6	8,66
	Vacuolización Tubular	91,07	98,4	100
	Depósitos en Túbulos	5,35	5,4	3,93
	Necrosis tubular	21,42	45,7	29,92
	Atrofia Glomerular	21,42	96,1	98,42
	Neonefronas	5,35	17,82	22,04
	Coccidios	0	3,87	3,93

(CMM) registró la tasa de prevalencia más alta; mientras que en Campo Alegre, la patología más prevalente en la porción hepática fue la hipertrofia de hepatocitos y en la porción pancreática las inflamaciones con acúmulos de CMM y con infiltrados. Los análisis estadísticos de las zonas de muestreo revelaron diferencias significativas en el hígado entre las zonas Arenales y Guachipas para la congestión, hiperplasia de conducto biliar e inflamación con infiltrado; entre las zonas Arenales y Campo Alegre fueron significativas la congestión, necrosis de hepatocitos, hipertrofia de hepatocitos, inflamación con centros de melanomacrófagos, con infiltrado y coccidiosis, y cuando se consideró Guachipas y Campo Alegre lo fueron en

la congestión, hipertrofia de hepatocitos, hiperplasia de conducto biliar, inflamaciones con exudado, con CMM, con infiltrado, coccidiosis y helmintiasis. Al evaluar la porción pancreática, se encontró que entre Arenales y Guachipas las inflamaciones con infiltrados presentaron diferencias significativas, mientras que entre Arenales y Campo Alegre se dieron para las inflamaciones con exudado, con CMM, con infiltrado y coccidiosis, y entre Guachipas y Campo Alegre fue para las inflamaciones con exudado, con CMM, con infiltrado y coccidiosis.

Respecto a las branquias, las prevalencias más altas en ambas zonas de Cabra Corral fueron las telangiectasias,

mientras que en Campo Alegre los quistes parasitarios. Las diferencias significativas se dieron entre Arenales y Guachipas para edema, hipertrofia epitelial e inflamación con infiltrado, mientras que entre Arenales y Campo Alegre fueron para las telangiectasias, edema, hipertrofia epitelial e inflamación con infiltrado; cuando se consideró entre Guachipas y Campo Alegre lo fueron las telangiectasias.

En el caso del riñón, la vacuolización tubular y la atrofia glomerular presentaron las tasas más altas en ambas zonas del Cabra Corral; mientras que en Campo Alegre la vacuolización tubular fue la de mayor prevalencia. Se encontraron diferencias significativas entre Arenales y Guachipas para las hemorragias y la necrosis tubular; entre Arenales y Campo Alegre para las vacuolización y necrosis tubular, atrofia glomerular y formación de nuevas nefronas; y entre Guachipas y Campo Alegre para la necrosis tubular, atrofia glomerular y formación de nuevas nefronas.

**Índices de Bernet:** Los índices hallados en cada órgano por zona y época de muestreo se detallan en el cuadro 2. Los índices de órgano (totales), revelaron que en la zona Arenales, el órgano más comprometido fue el

riñón, seguido por el hígado y las branquias; en la zona Guachipas lo fue el hígado seguido por el riñón y las branquias. En Campo Alegre, los índices fueron similares para el riñón e hígado, muy por debajo las branquias. En el hígado el patrón de reacción más elevado en ambas zonas y épocas muestreadas en Cabra Corral fueron los procesos inflamatorios y los cambios progresivos. En Campo Alegre, correspondieron a los cambios progresivos y a los procesos inflamatorios; en estiaje se repitió este patrón mientras que en creciente los progresivos fueron superiores a los inflamatorios. En el caso de las branquias, en los tres sitios muestreados los valores más altos correspondieron a los patrones de reacción progresivos y circulatorios; en ambas épocas de muestreo en la zona Arenales estos patrones se mantuvieron; mientras que en Guachipas y Campo Alegre, en estiaje los circulatorios fueron más altos que los progresivos. En el riñón, los valores más altos correspondieron al patrón de reacción regresivo en todas las zonas y épocas de muestreo.

Los análisis estadísticos entre los diferentes patrones de reacción por zonas y épocas muestreadas, revelaron diferencias significativas para los tres órganos analizados, los detalles se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2  
Índices de Bernet: Test de Kruskal Wallis de los valores de los índices totales para las zonas de muestreo, donde se señalan las diferencias significativas con letras diferentes.

Órgano blanco	Patrón de reacción	Campo Alegre			Cabra Corral					
		Creciente	Estiaje	Total	Arenales			Guachipas		
					Creciente	Estiaje	Total	Creciente	Estiaje	Total
Hígado	1	0	2	2 <sub>A</sub>	17	18	35 <sub>AB</sub>	40	29	69 <sub>B</sub>
	2	0	0	0 <sub>A</sub>	63*	21*	84 <sub>B</sub>	42	48	90 <sub>B</sub>
	3	15*	73*	88 <sub>AB</sub>	51	81	132 <sub>A</sub>	130	98	228 <sub>B</sub>
	4	37*	23*	60 <sub>A</sub>	392	408	800 <sub>B</sub>	506	515	1021 <sub>B</sub>
	5	0	0	0	24*	0*	24	8	10	18
	Índice órgano		52	98	150	547	528	1075	726	700
Branquia	1	6	14	20 <sub>A</sub>	50	35	85 <sub>B</sub>	56	40	96 <sub>B</sub>
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	19	12	31	54	51	105	70	27	97
	4	4	0	4 <sub>A</sub>	10*	42*	52 <sub>B</sub>	12	2	14 <sub>B</sub>
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Índice órgano		29	26	55	114	128	242	138	69
Riñón	1	4	5	9	37*	11*	48	13	4	17
	2	65	79	144 <sub>A</sub>	643*	504*	1147 <sub>B</sub>	567*	351*	918 <sub>B</sub>
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	2	4	6 <sub>A</sub>	40	26	66 <sub>B</sub>	46	20	66 <sub>B</sub>
	Índice órgano		71	88	159	720	541	1261	626	375

Prueba de Wilcoxon el asterisco indica diferencias significativas entre las épocas de muestreo. 1. Patrón de reacción circulatorio; 2. Patrón de reacción regresivo; 3. Patrón de reacción progresivo; 4. Patrón de reacción inflamatorio; 5. Patrón de reacción neoplásico.

Las tres zonas estudiadas resultaron eutróficas de acuerdo a los valores del índice de Carlson. El pH fue alcalino en las tres zonas estudiadas, con valores más altos en estiaje; La conductividad eléctrica fue muy superior en Cabra Corral con respecto al Campo Alegre: En las zonas Guachipas fue ligeramente más alta en creciente y en Arenales y Campo Alegre notoriamente más elevada en estiaje.

Los sólidos disueltos totales, fueron mayores en el Cabra Corral, y en los tres zonas fueron más altos en estiaje. El fósforo total también fue elevado en las tres zonas, en Guachipas y Campo Alegre fue más alto en creciente y en Arenales en estiaje. Se registraron valores elevados de boro en Guachipas, particularmente en creciente; las concentraciones de cadmio y mercurio también fueron elevadas en ambas zonas del Cabra Corral, el primero y el segundo En el caso del mercurio los valores superan tres veces lo recomendado para la protección de la vida acuática.

## DISCUSIÓN

**Histopatologías:** Los tres órganos estudiados presentaron histopatologías, el mayor número se encontró en el Cabra Corral en concordancia con lo esperado, confirmando así que el Campo Alegre es un cuerpo de agua con bajo impacto antrópico sobre las poblaciones de pejerrey. Estos resultados son coincidentes con otras investigaciones donde se estudiaron los efectos del impacto antrópico sobre las poblaciones de peces en diferentes condiciones de contaminación a campo y en bioensayos o biomonitoreos activos (Salamanca et al., 2008; Triebkorn et al., 2008; Velkova-Jordanoska et al., 2008; Saenphet et al., 2009; Olarinmoye et al., 2009; Da Silva Montes et al., 2010; Dumitrescu et al., 2010; Rocha et al., 2010; Kaoud & El-Dahshanpara, 2010; Pragna et al., 2010; Ajani et al., 2011; Wani et al., 2011; Flores-Lopes & Thomaz, 2011). El hígado, branquias y riñón, son las estructuras que responden rápidamente a los efectos agudos y crónicos; siendo los más utilizados como órganos blanco (Hinton et al., 1987; Hinton & Laurent, 1990a).

Las tasas de prevalencia permitieron valorar cada histopatología por órgano y sitio de muestreo, incluyendo las parasitosis. Si bien nos permite conocer cuáles son las patologías presentes y en qué porcentaje se las encuentra, no permiten cuantificar la implicancia de las lesiones en cada órgano, ya que las tasas de prevalencia no dan idea de la severidad, ni la extensión de la lesión, no pudiendo en consecuencia comparar entre los órganos o entre distintos órganos, ni cuantificar qué órgano es el más afectado. Por ello muchos autores para estandarizar

las diferentes histopatologías y cuantificar el daño aplicaron los índices propuestos por Bernet et al. (1999); esta metodología semicuantitativa de valoración de las patologías, fue utilizada por varios autores (Verján et al., 2001; Martínez, 2002; Roganovic-Zafirova et al., 2004; Nero et al., 2006; Burkhardt-Holm, 2008; Lenhardt et al., 2010; Raskovic et al., 2010; Ali et al., 2011; Hued et al., 2011; Roa et al. 2011).

Encontramos diferencias significativas entre los dos cuerpos de agua para casi todos los patrones de reacción, confirmando la hipótesis de la diferencia de los embalses; con respecto al patrón de reacción progresivo. La hipertrofia de hepatocitos, fue similar en ambos embalses y mayor en el Campo Alegre; ésta es discutible como patología en este ambiente en particular, porque podría considerarse como un estado fisiológico relacionado a la reproducción.

Por otro lado la incidencia de la coccidiosis en los peces del Cabra Corral no se evaluó a través de Bernet, porque las parasitosis no están contempladas por el índice. Algunos autores como Raskovic et al. (2010) y Verján et al. (2001) estudiando parásitos helmintos en cultivos semintensivos e intensivos de peces, modificaron este índice adjudicándole un valor de 1 (baja incidencia). Es difícil adjudicar un valor general a las parasitosis como lo hacen estos autores ya que no tienen el mismo efecto sobre los organismos. Este valor podría ser adecuado para las helmintiasis, pero no así para la coccidiosis; su presencia en la mayoría de las especies implica siempre un riesgo potencial, dado que la ocurrencia de esta enfermedad parasitaria es grave, con alta mortandad ante un desmejoramiento de las condiciones ambientales. De asignarle un valor a las coccidiosis en el cálculo de los índices, el hígado hubiera presentado valores muy superiores al riñón y reforzaría aun más la hipótesis de que en los peces del dique Cabra Corral este órgano fue el más afectado. Son muy pocos los trabajos sobre la presencia de coccidios en peces; Kalfa-Papaioannou y Athanassopoulou-Raptopoulou (1984) en *Trachurus trachurus*, *T. mediterraneus*, *T. picturatus* y *Clupea pilchardus*; Carreras-Aubets et al. (2011) en *Mullus barbatus*. Estos datos son coincidentes con los nuestros. Drago (2004) mediante análisis directo detectó la presencia de coccidios en hígado de esta especie en las lagunas pampásicas de Argentina; no realizó un análisis de las alteraciones histopatológicas que producen en *O. bonariensis*, donde hallamos lesiones histológicas en la porción hepática como pancreática atribuibles a la presencia de los mismos; sería conveniente evaluar la función hepática.

La presencia de coccidios en riñón en ambas zonas del dique Cabra Corral, plantea interrogantes sobre las

formas de infección y su implicancia patológica en los peces, ya que existen pocos datos de su presencia en este órgano. A diferencia del hígado, los quistes de coccidios no presentan claramente los esporozoitos, por lo que sería necesario profundizar en la identificación de los mismos y evaluar si están presentes en las otras especies de peces que viven en el embalse Cabra Corral.

Si bien las patologías descritas pueden producir mortandad individual, las mortalidades masivas de *O. bonariensis* observadas en el embalse Cabra Corral, podrían deberse al mayor número de patologías, en particular la alta incidencia de coccidiosis e inflamaciones hepáticas. Las mortandades observadas se produjeron solo en el embalse Cabra Corral con cambios bruscos de la temperatura, lo que demostraría la diferencia del estado sanitario de esta población de peces con respecto al otro embalse estudiado; asimismo dada la importancia económica de la especie se debería controlar la presencia de coccidios en otros embalses donde esté sembrada *O. bonariensis* y la posible relación con la calidad del ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a J. Chalup por su ayuda en el campo y el laboratorio. A la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta por su apoyo económico. Al Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Salta por su apoyo Económico.

## REFERENCIAS

- Ajani, F., Emikpe, B. O., & Adeyemo, O. K. (2011). Histopathological and Enzyme Changes in *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Exposed to Nitrite at Different Water Temperatures. *Nature and Science*, 9(5), 119-124.
- Ali, A. A., Elazein, E. M., & Alian, M. A. (2011). Investigation of Heavy Metals Pollution in Water, Sediment and Fish at Red Sea- Jeddah Coast- KSA at Two Different Locations. *Journal of Applied Environmental*, 1(12), 630-637.
- Bernet, D., Schmidt, H., Meier W., Burkhardt-Holmt, P., & Wahli, T. (1999). Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases*, 22, 25-34. doi: 10.1046/j.1365-2761.1999.00134.x
- Burkhardt-Holm, P. (2008). Decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Switzerland – How to assess potential causes in a multi-factorial cause-effect relationship. *Marine Environmental Research*, 66, 181-182. doi: 10.1016/j.marenvres.2008.02.055
- Cajaraville, M. P., Bebbiano, M.J., Blasco, J., Porte, C., Sarasquete, C., & Viarengo, A. (2000). The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. *The Science of the Total Environment*, 247, 295-311. doi: 10.1016/S0048-9697(99)00499-4
- Camargo, M. M. P., & Martinez, C. B. R. (2007). Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotropical Ichthyology*, 5(3), 327-336. doi: 10.1590/S1679-62252007000300013
- Campagna, A. F., Fracácio, R., Kawamura Rodrigues, B., Eler, M. N., Fenerich Verani, N., & Gaeta Espíndola, E. L. (2008). Analyses of the Sediment Toxicity of Monjolinho River, São Carlos, São Paulo State, Brazil, using Survey, Growth and Gill Morphology of Two Fish species (*Danio rerio* and *Poecilia reticulata*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(1), 193-201. doi: 10.1590/S1516-89132008000100023
- Carreras-Aubets, M., Montero, F. E., Padrós, F., Crespo, S., & Carrassón M. (2011). Parasites and histopathology of *Mullus barbatus* and *Citharus linguatula* (Pisces) from two sites in the NW Mediterranean with different degrees of pollution. *Scientia Marina*, 75(2), 369-378.
- Chalup, J. A. (2001). *Comparación de la histología normal y patológica del hígado y riñón de Ixinandria steinbachi en dos ríos de la provincia de Salta* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Da Silva Montes, C., Pantoja Ferreira, M. A., Damasceno Santos, S. S., Freifrau Von Ledebur, E. I. C., & Martins da Rocha R. (2010). Branchial histopathological study of *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855) in the Guajará Bay, Belém, Pará State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá*, 32(1), 93-99.
- De Viana, M., & Quirós, R. (1988). Limnología física del Embalse Cabra Corral, Argentina. *Comunicaciones del Museo de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta*, 5, 1- 10.
- Drago, F. B. (2004). *Dinámica estacional y ecología de las poblaciones de parásitos del pejerrey, Odontesthes bonariensis (Cuvier & Valenciennes, 1835), en lagunas de la provincia de Buenos Aires*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Dumitrescu, G., Petculescu Ciocinã, L., Voia, S., Dronca, D., & Boca, L. (2010). Histological Changes Induced in Gonads, Liver and Kidney of Zebra Fish (*Danio rerio*) Under the Effect Octylphenol (OP). *Animal Science and Biotechnologies*, 43(1), 484-489.
- Flores-Lopes, F., & Thomaz, A.T. (2011). Histopathologic alterations observed in fish gills as a tool in environmental monitoring. *Brazilian Journal of Biology*, 71(1), 179-188. doi: 10.1590/S1519-69842011000100026
- Hinton, D. E., & Lauren, D. J. (1990a.) Liver Structural Alterations Accompanying Chronic Toxicity in Fishes: Potential Biomarkers of Exposure. In J. F. McCarthy & L. R. Shugart (Eds.), *Biomarkers of Environmental Contamination* ( pp: 17-57). St. Michaels, Maryland, USA.
- Hinton, D. E., & Lauren, D. J. (1990b). Integrative histopathological approaches to detecting effects of



environmental stressors on fishes. *American Fisheries Society Symposium*, 8, 51-66.

- Hinton, D. E., Lantz, R. C., Hampton, J. A., McCuskey, P. R., & McCuskey, R. S. (1987). Normal Versus Abnormal Structure: Considerations in Morphologic Responses of Teleosts to Pollutants. *Environmental Health Perspectives*, 71, 139-146. doi: 10.1289/ehp.8771139
- Hued, A. C., Oberhofer, S., & Bistoni, M. A. (2011). Exposure to a Commercial Glyphosate Formulation (Roundup) Alters Normal Gill and Liver Histology and Affects Male Sexual Activity of *Jenynsia multidentata* (Anablepidae, Cyprinodontiformes). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62(1), 107-117. doi: 10.1007/s00244-011-9686-7
- Kalfa-Papaioannou, A. M., & Athanassopoulou-Raptopoulou, F. (1984). Incidence of coccidiosis in horse-mackerel (*Trachurus trachurus*, *T. mediterraneus*, *T. picturatus*) and sardines (*Clupea pilchardus*) from the North Aegean Sea. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B*, 31, 530-536. doi: 10.1111/j.1439-0450.1984.tb01333.x
- Kaoud, H. A., & EL-Dahshan, A. R. (2010). Bioaccumulation and histopathological alterations of the heavy metals in *Oreochromis niloticus* fish. *Nature and Science*, 8(4), 147-156.
- Lenhardt, M., Jarić, I., Poleksić, V., Djordjević, D., Cvijanović, G., Rašković, B., & Gačić, Z. (2010). Assessment of Biomarkers for Toxicity of the Danube and Tisza River Pollution: Histological, Morphological and Ecological Parameters of Sterlet (*Acipenser ruthenus* L.). *Balwois*, 1, 1-6.
- Mancini, M., & Grosman, F. (2008). *El pejerrey de las lagunas pampeanas: análisis de casos pendiente a una gestión integral de las pesquerías*. Río Cuarto. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Martínez, V. H. (2002). *Histopatologías de branquias de peces siluriformes del río Arenales-Arias de la provincia de Salta* (Tesis de Magíster). Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
- Melacon, M. J. (1994). Bioindicators used in aquatic and terrestrial monitoring. In: *Handbook of ecotoxicology*. CRC Press. pp 220-239.
- Monasterio de Gonzo, G. A. M., Martínez, V. H., & Leone O. L. (1995). Estudio histopatológico de branquias de peces del río Juramento, provincia de Salta. Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 26(2), 9-13.
- Mosa, S.G., & Regidor H.A. (2003). *Informe anual del Programa de monitoreo de calidad de aguas, de ambientes favorables para enfermedades hídricas y control de la ictiofauna de los embalses de Cabra Corral, Peñas Blancas y El Tunal*. S. Mosa & H. Regidor (Eds.). (Convenio IRNED (Universidad Nacional de Salta)-Hidroeléctrica Río Juramento S.A.)
- Nero, V., Farwella, A., Listerb, A., Van Der Kraakb, G., Leec, L.E.J., Van Meerd, T., MacKinnon M.D., & Dixon D.G. (2006). Gill and liver histopathological changes in yellow perch (*Perca flavescens*) and goldfish (*Carassius auratus*) exposed to oil sands process-affected water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 63, 365-377. doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.04.014
- Olarinmoye, O., Taiwo, V., Clarke, E., Kumolu-Johnson, C., Aderinola, O., & Adekunbi F. (2009). Hepatic pathologies in the brackish water catfish (*Chrysichthys nigrodigitatus*) from contaminated locations of the Lagos lagoon complex. *Applied Ecology and Environmental Research*, 7(3), 277-286. doi: 10.15666/aeer/0703\_277286
- Pasculli, M. N. (1997). *Contaminación con boro en el embalse Cabra Corral*. (Tesis de Licenciatura). FCN. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Pragna, H. P., Rangrez, A., Adhikari-Bagchi, R., & Desai, B. N. (2010). Effect of dimethoate on some histoarchitecture of freshwater fish *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852). *The Bioscan*, 5 (1), 55 - 58.
- Quinteros, A. S. (2002). *Características hemocitológicas de *Ixinandria steinbachi* (Pisces: Loricariidae) y su aplicación en ensayos de genotoxicidad*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Raskovic, B., Poleksic, V., Zivic, I., & Spasic, M. (2010). Histology of carp (*Cyprinus carpio*, L.) gills and pond water quality in semi-intensive production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16 (3), 253-262.
- Regidor, H. & Mosa, S. (1997). *Evaluación de la ictiofauna. Programa de monitoreo Cabra Corral - Peñas Blancas - El Tunal*. Convenio Río Juramento S.A. UNSa. Informe anual.
- Roa, I., Castro, R., & Rojas, M. (2011). Gill Deformation in Salmonids: Macroscopic, Histological, Ultrastructural and Elements Analysis. *International Journal of Morphology*, 29 (1), 45-51. doi: 10.4067/S0717-95022011000100007
- Rocha, R. M., Protázio Coelho, R., Silva Montes, C., Damasceno Santos, S., & Pantoja Ferreira, M. A. (2010). Avaliação histopatológica do fígado de *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855) da Baía do Guajará, Belém, Pará. *Ciencia Animal, Brasileira, Goiânia*, 11 (1), 101-109.
- Roganovic-Zafirova, D. & Spasova A. (2004). Gill Lesions. In Prespa Barbell (*Barbus prespensis*) Inhabiting A Polluted Area Of Lake Prespa. *Balwois*, 1-7.
- Saenphet, S., Thaworn, W., & Saenphet, K. (2009). Histopathological alterations of the gills, liver and kidneys in *Anabas testudineus* (Bloch) fish living in an unused lignite mine, li district, Lamphun province, Thailand. Southeast Asian. *Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 40(5), 1121-1126.
- Salamanca, M.J., Jiménez Tenorio, N., González de Canales, M.L., & Del Valls, T.A. (2008). Evaluation of toxicity of an oil spill conducted through bioassays using the fish *Solea senegalensis*. *Ciencias Marinas*, 34 (3), 339-348. doi: 10.7773/cm.v34i3.1403
- Salusso, M., & Moraña, L. (1998). *Composición de fitoplankton en el embalse Cabra Corral. Programa de monitoreo Cabra Corral - Peñas Blancas - El Tunal*. M. Salusso & L.

- Moraña (Eds.). (Convenio Río Juramento S.A. - UNSa. Informe anual).
- Triebkorn, R., Telcean, I., Casper, H., Farkas, A., Sandu, Cr., Stan, G., Colărescu, O., Dori, T., & Köhler H.R. (2008). Monitoring pollution in River Mureş, Romania, part II: Metal accumulation and histopathology in fish. *Environmental Monitoring and Assessment*, 141, 177–188. doi: 10.1007/s10661-007-9886-9
- Velkova-Jordanoska, L., Kostoski, G., & Jordanoska, B. (2008). Antioxidative enzymes in fish as biochemical indicators of aquatic pollution. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14 (2), 235-237.
- Verján, N., Iregui, C. A., Rey, A. L., & Donado, P. (2001). Sistematización y caracterización de las lesiones branquiales de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de cultivo clínicamente sana: algunas interacciones hospedador-patógeno-ambiente. *AQUATIC: Revista Electrónica de Acuicultura*, 15, 1-25.
- Wani, A. A. M., Sikdar-Bar, K., Borana, K., Khan, H. A., Andrabi, S. S. M., & Pervaiz, P. A. (2011). Histopathological Alterations Induced in Gill Epithelium of African Catfish, *Clarias gariepinus*, Exposed to Copper Sulphate. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 2 (2), 278-282.