

Efectos de la calidad del agua sobre las comunidades ícticas de la región central de Argentina

Water quality effects on fish communities of the central part of Argentina

MARIA DE LOS ANGELES BISTONI, ANDREA HUED, MERCEDES VIDELA
y LUIS SAGRETTI

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba,
Avda. Vélez Sársfield 299, 5000 Córdoba, Argentina
E-mail: mbistoni@com.uncor.edu

RESUMEN

En un sistema acuático poluído se producen transformaciones del medio que lo tornan inapropiado para el desarrollo normal de sus poblaciones y alteran la composición de la fauna y flora del medio. El objetivo de este trabajo fue determinar atributos de la comunidad íctica que cambian en forma consistente con la degradación de la calidad del agua y analizar los factores físico-químicos que influyen sobre las especies. La investigación se desarrolló en el Río Suquía, uno de los cursos endorreicos que derraman en la depresión de Mar Chiquita. Considerando a la ciudad de Córdoba como un centro muy importante de emisión de contaminantes, se fijaron tres zonas de muestreo: 1- antes de la ciudad (en la localidad de Saldán), 2- en la zona céntrica de la ciudad y 3- al finalizar la misma (en la localidad de Chacra de la Merced). Se realizaron doce relevamientos mensuales de la fauna íctica en cada área de muestreo, durante los años de 1995 y 1996, utilizando un equipo de pesca eléctrico. Los peces fueron identificados y contados y se registraron ocho parámetros físico-químicos del agua en cada sitio seleccionado. Se calculó la riqueza de especies, diversidad y dominancia y se realizaron regresiones de estos atributos y la abundancia de cada especie con las variables físico-químicas. Las comunidades ícticas cambiaron con la degradación de la corriente, simplificando su estructura y siendo pocas las especies que encontraron condiciones que permitieran su establecimiento en las zonas degradadas. En Chacra de la Merced, área de muestreo más poluída, el descenso de los valores de riqueza y diversidad fue muy marcado y en varios muestreos no se capturó ningún individuo. Los atributos mencionados anteriormente para las áreas de muestreo se relacionaron significativamente con los parámetros físico-químicos a excepción de la temperatura y el pH. Se observó que las distintas especies variaron su abundancia en respuesta a los cambios de los factores físico-químicos registrados. El presente trabajo amplía el conocimiento de las variables que influyen sobre la distribución de los peces y los atributos de sus comunidades y proporcionan elementos para proteger y manejar los recursos hídricos.

Palabras clave: polución, peces, especies tolerantes, atributos de la comunidad.

ABSTRACT

Environmental transformations occur in a polluted aquatic system which hinder the normal development of its population and alter the flora and fauna composition. The aim of this work was to determine which community attributes change consistently with a degradation in water quality and to analyze the influence of physico-chemical variables on fish species. The research was carried out in the Suquia river, an endorreic river that flows into the Mar Chiquita depression. Given that Córdoba city is an important site of pollutant emission, three sampling sites along the river were selected: 1. Saldán: an upstream locality, 2. Córdoba city center, 3. Chacra de la Merced: a downstream locality. Twelve monthly surveys were carried out, during 1995 and 1996, at each sample site. Fish, collected using electrofishing equipment, were identified, counted, and returned to the river. Eight physico-chemical parameters were registered for each sample site. The community specific composition, species richness, diversity, and dominance were estimated. Regressions were performed in order to investigate the relation of the abundance of each species and the above mentioned community attributes to physico-chemical variables. Fish community structure changed with increasing water degradation, showing a simpler structure in the most polluted water. Few species found favorable conditions for their establishment in degraded zones. At high pollution levels, a decrease in richness and diversity, and an increase of dominance values, were detected. This was most noticeable in Chacra de la Merced, the most polluted area surveyed, where no fish were collected in several surveys. Species richness and diversity showed significant relationships with the physico-chemical variables, except for temperature and pH. Species showed changes in their abundance with variations in the physico-chemical factors. The present research contributes to the understanding of how physico-chemical variables influence fish distribution and community attributes, providing information useful for the management and protection of water resources.

Key words: pollution, fish, tolerant species, community attributes.

INTRODUCCION

La integridad biótica de un sistema es la capacidad para soportar y mantener una comunidad de organismos balanceada, con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable a la que se encuentra en un hábitat no contaminado (Karr & Dudley 1981). En un sistema acuático poluído se producen transformaciones del medio que lo tornan inapropiado para el desarrollo normal de las poblaciones acuáticas alterando la composición faunística y florística del medio (Branco 1972).

La polución se caracteriza por ser un proceso altamente selectivo. El efecto específico consiste en eliminar las especies sensibles al agente contaminante y permitir la supervivencia de las más resistentes. El resultado final es una simplificación de

las comunidades, generando menor riqueza y un aumento del número de individuos en las poblaciones que han tenido más capacidad de "adaptarse o sobrevivir" a las nuevas condiciones. Se consideran "especies sensibles" a aquellas que disminuyen su abundancia en los ambientes alterados (Branco 1984).

La proporción de individuos con enfermedades (tumores, aletas dañadas, parasitosis, enrojecimiento, etc.) aumenta en aguas degradadas mientras que en áreas prístinas se espera una pequeña incidencia de anomalías (Karr et al. 1986).

Las investigaciones que relacionan el comportamiento de los peces con las diferentes variables físico-químicas han sido realizadas principalmente en laboratorio (Gómez 1993, Vanella 1996). Estudios de este tipo son difíciles de llevar a cabo a

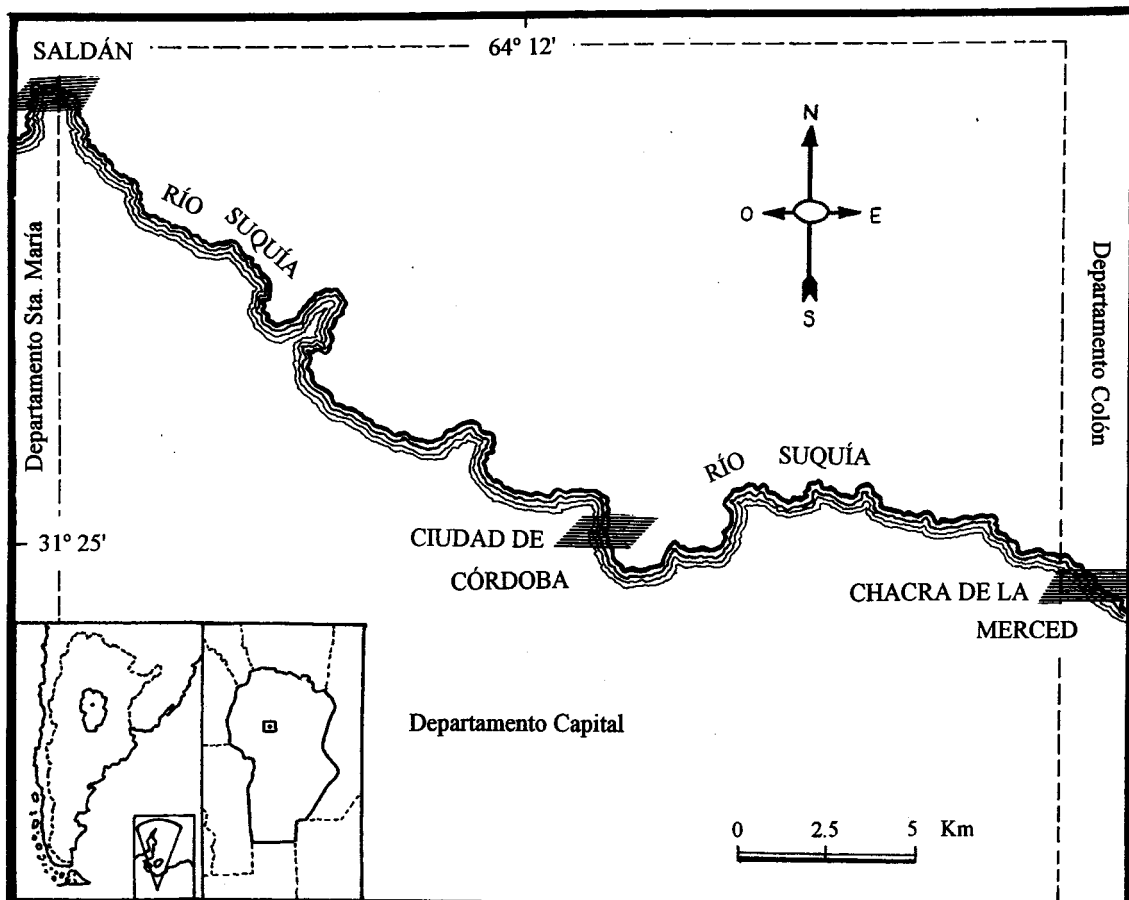


Fig. 1: Ubicación geográfica del área de estudio. Sitios de muestreo: Saldán, Ciudad de Córdoba y Chacra de la Merced.

Geographical location of the study area. Sampled sites: Saldán, Ciudad de Córdoba and Chacra de la Merced.

campo por la compleja interacción entre los factores. Sin embargo, Menni et al. (1996) proponen la existencia de una correlación entre las características químicas del agua, los tipos de hábitats y la distribución de las comunidades ícticas.

En la provincia de Córdoba se han estudiado con detalle la presencia, abundancia y distribución de los peces en diversos ríos (Bistoni et al. 1996, Haro & Bistoni 1996, Haro et al. 1996). A pesar que los registros de sustancias contaminantes en el Departamento Capital son alarmantes (Valeira et al. 1991), las investigaciones acerca de los efectos de factores físico-químicos alterados sobre las comunidades bióticas sólo se refieren a cambios sucesionales en la entomofauna acuática (Mangeaud 1991, Mangeaud & Brewer 1994).

El objetivo de este trabajo fue determinar atributos de la comunidad íctica y la distribución de los peces que cambian en forma consistente con la degradación de la calidad del agua analizando los factores que influyen sobre las especies.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Río Suquía (Fig. 1), ubicado entre los cursos que derraman en la depresión de Mar Chiquita. Anteriormente, se originaba por la confluencia de los ríos Cosquín y San Antonio, a los que se les unía el de los Chorrillos y el arroyo de Las Mojaras. En la actualidad estos cursos de agua se juntan en el Lago San Roque, dando nacimiento al río Primero o Suquía que atraviesa la Sierra Chica y corre hacia La Calera a lo largo de un tramo tortuoso y escarpado. Aguas abajo del Dique Mal Paso, de donde parten los dos canales maestros de distribución del agua de riego, recogen por la margen izquierda al arroyo Saldán. Posteriormente entra en la llanura atravesando la Ciudad de Córdoba en donde incorpora por el sur y en pleno centro de la ciudad al Arroyo La Cañada. Desde la localidad de Capilla de los Remedios comienza a estrecharse progresivamente hasta su desembocadura en la laguna Mar Chiquita (Vázquez et al. 1979).

La ciudad de Córdoba se caracteriza por un gran déficit anual de agua. Las precipitaciones varían entre 600 y 800 mm anuales. Según las isotermas trazadas para la provincia, las temperaturas medias anuales de la región oscilan entre los 16° y 17° C (Capitanelli 1979).

Considerando a la ciudad de Córdoba como un centro muy importante de emisión de contaminantes, se fijaron tres zonas de muestreo: 1- antes de la ciudad (en la localidad de Saldán, 31° 18' latitud sur y 64° 19' longitud oeste), 2- en la zona céntrica de la ciudad de Córdoba (31° 25' latitud sur y 64° 12' longitud oeste) y 3- al finalizar la misma (Chacra de la Merced, 31° 27' latitud sur y 63° 59' longitud oeste) (Fig. 1).

Se realizaron 12 muestreos durante los años 1995 y 1996, con frecuencia mensual, a excepción de los meses con elevado caudal, en los cuales no se realizaron capturas.

En cada sitio seleccionado se registraron los parámetros físico-químicos señalados como básicos por la Organización Mundial de la Salud (1993): temperatura del agua, (precisión 0,1°C; rango: 0-100°C), pH (precisión 0,01; rango: 1-13 pH), oxígeno disuelto (precisión: 0,1 mg/l; rango: 0-10 mg/l), dureza (precisión: 3 mg/l; rango: 0-300 mg/l), alcalinidad (precisión: 3 mg/l; rango: 0-100 y 0-300 mg/l CaCO₃, conductividad (precisión: 0,01 mS/cm; rango: 0,0-19,90 mS/cm), cloruros (precisión: 0,4 mg/l; rango: 0-100 mg/l y 0-1000 mg/l). Los análisis se realizaron con test de titulación marca "Hanna Instruments" a excepción de la conductividad que fue medida con conductímetro y el pH con peachímetro "Piccolo Plus". Los valores de amonio citados fueron aportados por el personal de la Cátedra de Bioquímica Clínica, Facultad de Ciencias Químicas, quienes midieron esta variable con el Método de Nessler en los mismos sitios y fechas en los que se realizó el presente trabajo (Pesce, comunicación personal).

La captura de los peces se realizó con un equipo de pesca eléctrico Coffelt Mark 10, constituido por un generador Honda 350 EX y un transformador de 50 a 700 voltios. Los muestreos se realizaron en una transecta de 150 m corriente arriba (Vincent 1971),

manteniéndose constante el tiempo de actividad del equipo de pesca en cada muestreo.

Los peces capturados fueron identificados hasta el nivel de especie de acuerdo a la nomenclatura propuesta por López et al. (1987), contados en campaña y luego regresados vivos a su ambiente. Se analizó el estado sanitario de los ejemplares observando la frecuencia de anomalías en las aletas, hinchazón del cuerpo, anomalías esqueléticas y parásitos externos.

Se calculó la riqueza de especies, el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de dominancia de Berger-Parker (Washington 1984, Magurran 1988). Las diferencias entre los valores de diversidad obtenidos fueron analizadas mediante el test t. Para comparar los valores de dominancia y el porcentaje de peces enfermos registrados en cada lugar de muestreo se utilizó un test de proporciones (Sokal & Rohlf 1979).

La comparación entre la composición química de cada sitio de muestreo fue realizada con ANOVA multifactorial. Se utilizó el test de Tuckey como test a posteriori. En aquellos factores cuyas varianzas no fueron homogéneas se utilizó el test de Friedman, aplicando un test de Comparación entre dos muestras para detectar cuáles sitios aportaban la diferencia (Hollander & Wolfe 1973). Se consideró un nivel de significación del 5%.

Para probar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La relación de los atributos de la comunidad y la abundancia de cada especie con las variables físico-químicas se realizó a través de un análisis de regresión de Pearson, excepto con el amonio con el que se utilizó el test no paramétrico de Spearman (Hollander & Wolfe 1973, Sokal & Rohlf 1979).

TABLA 1

Abundancia de cada especie, valores de riqueza, diversidad, dominancia y proporción de peces enfermos en los diferentes lugares de muestreo

Species abundance, richness, diversity, dominance values and proportion of individuals with disease, tumors, fin damage and skeletal anomalies for each sampled site

Especies		Abundancia total de cada especie		
		Saldán	Ciudad de Córdoba	Chacra de la Merced
<i>Cichlasoma facetum</i>	(Jenyns, 1842)	1	—	—
<i>Oligosarcus jenynsi</i>	(Günther, 1864)	6	—	—
<i>Astyanax cordovae</i>	(Günther, 1880)	4	—	—
<i>Hoplias malabaricus</i>	(Bloch, 1794)	—	1	—
<i>Pimelodella laticeps</i>	(Eigenmann, 1917)	18	—	—
<i>Cheirodon interruptus</i>	(Jenyns, 1842)	10	2	—
<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	(Cope, 1894)	1	18	—
<i>Bryconamericus iheringi</i>	(Boulenger, 1887)	232	35	—
<i>Parodon</i> sp.	(Eigenmann y Norris, 1900)	63	20	—
<i>Rhamdia sapo</i>	(Valenciennes, 1840)	8	2	—
<i>Trichomycterus corduvense</i>	(Weyenbergh, 1879)	140	9	—
<i>Rhineloricaria catamarcensis</i>	(Berg, 1895)	54	62	—
<i>Cnesterdon decemmaculatus</i>	(Jenyns, 1842)	—	72	30
<i>Synbranchus marmoratus</i>	(Bloch, 1795)	—	1	2
<i>Corydoras paleatus</i>	(Jenyns, 1842)	141	246	8
<i>Hypostomus cordovae</i>	(Valenciennes, 1840)	287	222	8
<i>Jenynsia lineata</i>	(Jenyns, 1842)	318	482	52
<i>Gambusia affinis</i>	(Baird y Girard, 1854)	26	17	101
Abundancia total		1309	1189	201
Riqueza		15	13	6
Diversidad		1,99	1,69	1,28
Dominancia		0,24	0,40	0,50
% de peces enfermos		2	2,2	3

Se construyó una Matriz Básica de Datos para realizar el Análisis de Componentes Principales (ACP) considerando como OTU (Unidad Taxonómica Operacional) a cada muestreo. En el ACP1 los caracteres están representados por las variables físico-químicas y en el ACP2 por las especies ícticas (Crisci & López Armengol 1983).

RESULTADOS

Se recolectaron en el área de estudio 18 especies de peces, lo que representa el 75% de lo registrado en todo el curso del río Primero (Haro et al. 1986). La composición íctica cambió desde Saldán a Chacra de la Merced, disminuyendo, río abajo, el número de especies registradas, variando la abundancia de las mismas entre los tres sitios de muestreo (Tabla 1).

La diversidad de especies decreció río abajo, con diferencias altamente significativas entre los sitios de muestreo ($P < 0,05$; $n=36$) mientras que la dominancia presentó un comportamiento inverso. Por el contra-

rio el porcentaje de peces enfermos no fue significativo entre las áreas de muestreo.

Con el fin de caracterizar los lugares de muestreo se exponen en la Tabla 2 los valores mínimos, máximos y medios de las variables físico-químicas registradas. A excepción de la alcalinidad que no mostró diferencias significativas entre los tres sitios, se observa claramente que Chacra de la Merced es diferente a las restantes áreas, presentando características químicas particulares. De acuerdo a los valores de dureza registrados y considerando la clasificación propuesta por Prieto et al. (1991), en Saldán las aguas son "moderadamente duras", en Ciudad "duras" y en Chacra de la Merced "muy duras".

La relación entre la riqueza, diversidad y dominancia con cada parámetro físico-químico considerado se expone en la Tabla 3. Los dos primeros atributos se relacionaron significativamente con la mayoría de los parámetros químicos a excepción de la temperatura y pH, mientras que la dominancia se relacionó sólo con las concentraciones de oxígeno.

TABLA 2

Valores mínimos, máximos y medios de las variables físico-químicas en cada lugar de muestreo. Valores de probabilidad del ANOVA (P_1) y del Test de Friedman (P_2). Diferentes letras representan diferencias significativas

Minimum, maximum and mean values of each physico-chemical variable in each sampled site. Values of probability of ANOVA (P_1) and Friedman Test (P_2). Different letters represent significant differences

Factores físico-químicos	Saldán			Ciudad de Córdoba			Chacra de la Merced			P
	Min.	Max.	Media	Min.	Max.	Media	Min.	Max.	Media	
Dureza (mg/l)	66	168 A	125	90	354 B	250	117	420 C	303	$P_1 = 0,000$
Alcalinidad (mg/l)	93	162 A	158	105	225 A	178	99	240 A	199	$P_1 = 0,15$
Conductividad (mS/cm)	0,22	0,5 A	0,4	0,91	1,8 B	1,36	1,2	1,8 C	1,5	$P_1 = 0,000$
Cloruros (mg/l)	30	100 A	45	10	170 B	93	30	180 C	118	$P_2 = 0,061$
Oxígeno (mg/l)	7,4	11 A	9	5,9	15 B	10	2,5	12 C	6,4	$P_2 = 0,022$
Temperatura (°C)	10	27 A	16	11	25 A	17	13	30 B	20	$P_1 = 0,0001$
pH	7	8,7 A	7,8	6,5	9,5 A	7,9	6	8 B	7,2	$P_1 = 0,0148$
Amonio (mg/l)	0,06	1,55 A	0,45	0,1	0,80 A	0,44	0,26	13,76 B	3,92	$P_2 = 0,00196$

TABLA 3

Relación entre la riqueza, diversidad de especies y dominancia y los factores físico-químicos considerados (n= 36; *P< 0,05)

Relation between fish community attributes and physico-chemical variables (n=36; *P< 0.05)

Factores físico-químicos	Riqueza r (Pearson)	Diversidad r (Pearson)	Dominancia r (Pearson)
Dureza	-0,62*	-0,59*	0,22
Alcalinidad	-0,39*	-0,42*	0,29
Conductividad	-0,56*	-0,59*	0,25
Oxígeno	0,37*	0,37*	-0,36*
Cloruros	-0,54*	-0,45*	0,69
pH	0,21	0,15	-0,18
Temperatura	-0,27	-0,24	-0,06
	r (Spearman)	r (Spearman)	r (Spearman)
Amonio	-0,60*	-0,40*	0,13

En la Tabla 4 se muestra la relación existente entre la abundancia de cada especie y las variables físico-químicas. El amonio se relacionó en forma inversa con la mayoría de las especies, sólo dos de ellas, *C. decenmaculatus* y *G. affinis*, no evidenciaron correlación significativa con este factor.

Es difícil determinar cuáles son las especies resistentes y cuáles sensibles porque esto varía de acuerdo al poluyente considerado. Como una aproximación se reunieron

las especies de acuerdo al número de factores que se relacionaron inversamente con su abundancia considerando como especies menos resistentes aquellas que disminuyeron su abundancia con la variación de la mayor cantidad de factores físico-químicos (Tabla 5).

Los factores físico-químicos que conforman los tres primeros componentes arrojados por el ACP1 se indican en orden decreciente de importancia: CP1- dureza, conductividad, cloruros y amonio; CP2- pH, oxígeno, temperatura y dureza; CP3- alcalinidad, cloruros, amonio y conductividad. Los tres primeros componentes que surgen del ACP2, en orden decreciente de importancia son: CP1- *Parodon* sp., *T. corduvense* y *H. cordovae*; CP2- *R. catamarcensis*, *Ch. interruptus*, *C. paleatus* y *H. cordovae*; CP3- *J. lineata*, *P. laticeps*, *C. decenmaculatus* y *B. iheringi*.

La importancia de cada componente y el peso con que cada variable contribuye a los mismos en el ACP1 se exponen en la Tabla 6 y 7 y en el ACP2 en la Tabla 8 y 9 respectivamente. Los diferentes muestreos en ambos análisis fueron segregados por el componente 1 (Fig. 2 y 3).

DISCUSION

Las comunidades ícticas cambiaron con la degradación de la calidad del agua, simpli

TABLA 4

Correlación entre la abundancia de cada especie y las variables físico-químicas consideradas (n=36; *P<0,05)

Relationships between the abundance of each species and physico-chemical variables (n= 36; *P<0.05)

Especies	Dureza	Alcalinidad	Conductividad	Cloruros	Oxígeno	Temperatura	pH	Amonio
<i>B. iheringi</i>	-0,53*	-0,37*	-0,79*	-0,38*	0,24	-0,37*	0,31	-0,37*
<i>Parodon</i> sp.	-0,47*	-0,28	-0,49*	-0,37*	0,22	-0,08	0,12	-0,53*
<i>P. laticeps</i>	-0,37*	-0,35*	-0,52*	-0,31	0,05	-0,27	-0,31	-0,31
<i>R. sapo</i>	-0,40*	0,26	-0,41*	-0,31	0,12	-0,04	-0,06	-0,35*
<i>T. corduvense</i>	-0,55*	-0,17	-0,64*	-0,41*	-0,01	0,13	0,07	-0,34*
<i>C. paleatus</i>	-0,10	-0,17	-0,12	-0,15	0,45*	-0,28	0,50*	-0,35*
<i>R. catamarcensis</i>	-0,20	-0,26	-0,15	-0,002	0,36*	-0,26	0,07	-0,42*
<i>H. cordovae</i>	-0,28	-0,009	-0,23	-0,12	0,24	-0,05	0,16	-0,43*
<i>J. lineata</i>	-0,03	-0,06	0,16	-0,20	-0,19	0,02	-0,10	-0,44*
<i>G. affinis</i>	0,17	0,06	0,22	-0,14	-0,42*	-0,12	-0,25	-0,12
<i>C. decenmaculatus</i>	0,05	0,16	0,34	-0,18	-0,11	0,16	-0,23	-0,03

TABLA 5

Especies agrupadas y ordenadas en forma decreciente de acuerdo al número de factores físico-químicos que se relacionaron inversamente con su abundancia

Species grouped and ordered according the number of physicochemical variables which affected negatively the species abundance

+ resistentes	• <i>C. decenmaculatus</i>
	• <i>J. lineata</i> , <i>G. affinis</i> , <i>H. cordovae</i> , <i>R. catamarcensis</i> y <i>C. paleatus</i> .
	• <i>R. sapo</i> .
	• <i>Parodon</i> sp., <i>T. corduvense</i> y <i>P. laticeps</i> .
- resistentes	• <i>B. iheringi</i>

TABLA 6

Eigenvalor, porcentajes de variación total y porcentajes acumulados de los tres primeros componentes del ACP1 que considera como OTU a cada muestreo y a las variables físico-químicas como caracteres

Eigenvalue, percent of trace, and accumulated percentage of the three first components of ACP1 which considers each sampled site as OTU and the physico-chemical variables as characters

Componente	Eigenvalor	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
1	3,208	40,098	40,098
2	1,670	20,876	60,974
3	1,028	12,846	73,820

ficando su estructura y siendo pocas las especies que encontraron condiciones que permitieron su establecimiento en las zonas alteradas.

El ACP1 segregó los diferentes muestreos, los mismos se ordenan reflejando un gradiente direccional de las variaciones físico-químicas del curso. Este gradiente es explicado principalmente por las diferencias en las concentraciones de dureza, conductividad, cloruros y amonio, las cuales se incrementaron río abajo. La polución físico-química alcanza valores máximos después de recorrer la zona céntrica de la

ciudad y especialmente el barrio San Vicente donde se encuentran numerosas industrias y sectores de ingresos bajos. Valeira et al. (1991), realizaron un estudio de las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) señalando su funcionamiento deficiente debido, entre otras causas, a una tecnología inapropiada, altos costos de mantenimiento y desconocimiento de los problemas ambientales.

En el área más contaminada el descenso de la riqueza y diversidad es muy marcado y es importante destacar que en varios muestreos no se capturó ningún individuo.

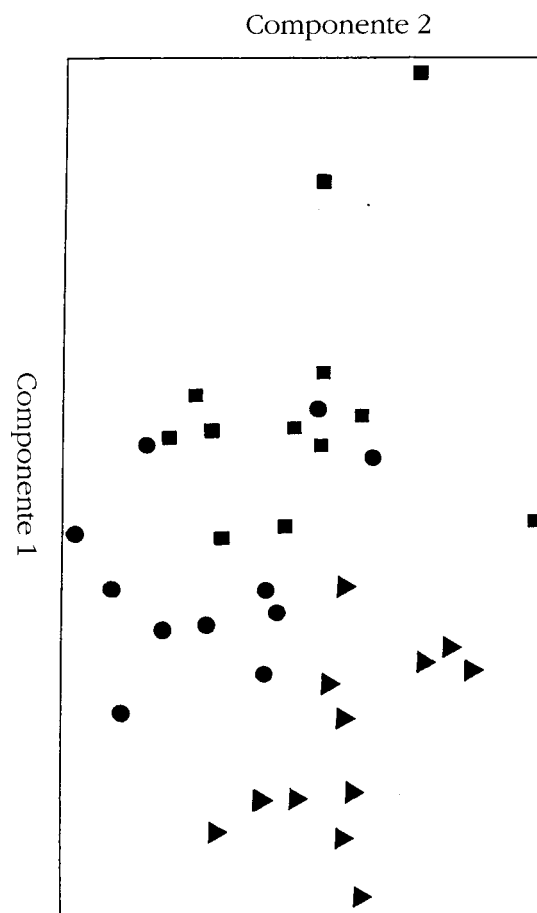


Fig 2: Análisis de Componentes Principales. Gráfico bidimensional (CP1 vs CP2) donde se observa la posición relativa de los muestreos según las concentraciones de las variables físico-químicas registradas (▲: Saldán; ●: Cuidad de Córdoba; ■: Chacra de la Merced).

Principal Component Analyses. Bidimensional graph (PC1 vs PC2) displaying the relative position of each sample according to the registered physico-chemical variable concentrations (▲: Saldán; ●: Cuidad de Córdoba; ■: Chacra de la Merced).

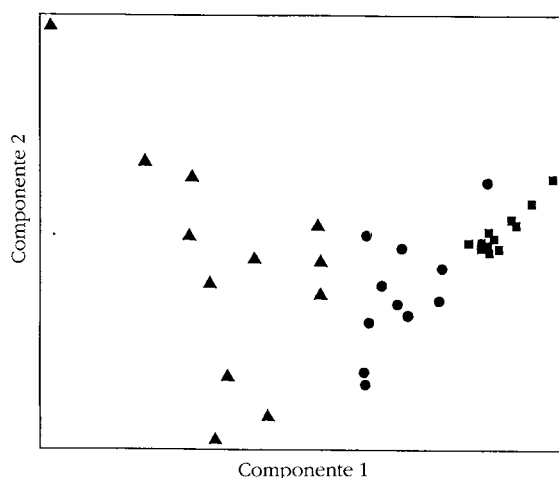


Fig. 3: Análisis de Componentes Principales. Gráfico bidimensional (PC1 vs PC2) donde se observa la posición relativa de los muestreos según las especies ícticas registradas en cada uno de ellos (▲: Saldán; ●: Ciudad de Córdoba; ■: Chacra de la Merced).

Principal Component Analyses. Bidimensional graph (PC1 vs PC2) displaying the relative position of each sample according to the registered fish species found (▲: Saldán; ●: Ciudad de Córdoba; ■: Chacra de la Merced).

Asimismo, las seis especies recolectadas en esta zona, que representan el 33% del total de especies registradas, se encuentran en una abundancia muy baja, a excepción de *G. affinis* que evidencia una dominancia notoria.

Parodon sp., *T. corduense* y *B. iheringi* son las especies que aportaron mayor peso para separar los tres sitios de muestreo en el ACP2, siendo más abundantes en el área menos poluída reduciendo su numerosidad río abajo y estando ausente en el área más contaminada. A su vez estas tres especies son consideradas en este estudio, de acuerdo a la relación manifestada con los factores físico-químicos, como especies menos resistentes.

La disminución en los valores de riqueza y diversidad íctica observadas con el aumento en los valores de conductividad, cloruros, dureza y alcalinidad coincide con lo propuesto por Roldán Pérez (1992) quien señala que altas diversidades corresponden a menudo a bajos valores de estos factores y viceversa. Este mismo autor indica que aguas de dureza intermedia son menos pro-

TABLA 7

Contribución de los caracteres físico-químicos a los tres primeros componentes del ACP1

Contribution of the physicochemical variables to the three first components of ACP1

Factores	Componentes		
	1	2	3
Temperatura	-0,2380	0,4346	-0,0448
pH	0,2902	-0,4829	-0,2450
Conductividad	-0,4484	-0,2277	0,0055
Oxígeno	0,2973	-0,4765	-0,1581
Alcalinidad	-0,2562	-0,2665	0,7159
Dureza	-0,4516	-0,3762	0,1065
Cloruros	-0,3904	-0,2566	-0,4609
Amonio	-0,3842	0,1435	-0,4204

ductivas en términos de biomasa pero sustentan una fauna y flora más variada. No existe una relación biológica directa entre los peces y la dureza del agua pero este factor influye notoriamente en la distribución de los mismos (Reichenbach-Klinke 1980). Determinadas especies prefieren aguas blandas mientras que otras se desarrollan mejor en aguas duras.

La tolerancia a bajos valores de las concentraciones de oxígeno varía de acuerdo a las especies. Gómez (1993) señala como concentración mínima letal 4 mg/l. En Chacra de la Merced, donde algunas mediciones estuvieron debajo del mínimo tolerable, las especies registradas se caracterizan por ser de respiración aérea (Tagliani et al. 1992) y de ambientes preferentemente lénticos. Las especies que habitan la zona lenta de ambientes lóticos tienen mayor afinidad por el oxígeno y pueden por consiguiente, vivir en aguas con concentraciones menores del mismo que las especies de zona rápida de los ríos y torrentes (Gómez 1993).

Si bien en estudios de laboratorio *C. paleatus* no mostró diferencias significativas entre los promedios de nivel letal de oxígeno con respecto a otras especies, su condición de respirador aéreo lo hace resistente a las bajas concentraciones de este gas (Gómez 1993). La vieja del agua *H. cordovae* y la anguila *S. marmoratus* presentan también una respiración bimodal,

TABLA 8

Eigenvalor, porcentajes de la variación total y porcentajes acumulados de los tres primeros componentes del ACP2 que considera como OTU a cada muestreo y a las especies ícticas como caracteres

Eigenvalue, percent of trace, and accumulated percentage of the three first components of ACP2 which considers each sampled site as OTU and the species abundance as characters

Componente	Eigenvalor	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
1	3,528	27,141	27,141
2	1,968	15,136	42,278
3	1,708	13,136	55,413

con intercambio gaseoso a nivel intestinal y bucofaríngeo respectivamente (Bachmann 1958, Roldán Pérez 1992). Por último, están presentes en Chacra de la Merced los Cyprinodontiformes, que son capaces de respirar el oxígeno de las capas superiores del agua donde la concentración del mismo es mayor (Roberts 1972, Tagliani et al. 1992).

La temperatura desempeña en todos los procesos toxicológicos un papel esencial ya que al aumentar acelera los procesos químicos (Prieto et al. 1991). Las temperaturas letales para cada especie deben establecerse experimentalmente porque dependen en forma directa de la temperatura de aclimatación y la velocidad con que ésta aumenta. Gómez (1996) señala que a partir de los 33°C los peces comienzan a manifestar un comportamiento anómalo y que valores menores a 5°C corresponden a temperaturas de volteo.

En los tres puntos de muestreo se registraron valores elevados de temperatura, pero en ningún caso superaron el nivel máximo de tolerancia citado por la bibliografía y no se registraron bajas temperaturas que pudieran afectar el comportamiento de los peces.

El pH en aguas naturales varía entre 6 y 9. La mayoría de las especies ícticas viven principalmente en aguas con pH entre 6 y 8 (Branco 1984). Serafy & Harrel (1993) se

TABLA 9

Contribución de las especies ícticas a los tres primeros componentes del ACP2

Contribution of the physicochemical variables to the three first components of ACP2

Factores	Componentes		
	1	2	3
<i>B. iheringi</i>	-0,3239	-0,1141	-0,3435
<i>C. interruptus</i>	-0,2567	0,4163	0,3463
<i>O. jenynsi</i>	-0,2128	0,0515	-0,1773
<i>Parodon</i> sp.	-0,4235	0,2680	-0,0442
<i>P. laticpes</i>	-0,1762	0,1039	-0,3728
<i>R. sapo</i>	-0,2788	-0,0339	-0,2906
<i>T. corduvense</i>	-0,4087	0,3322	-0,0356
<i>C. paleatus</i>	-0,2464	-0,4070	0,2882
<i>H. cordovae</i>	-0,2841	-0,3453	0,0762
<i>R. catamarcensis</i>	-0,2668	-0,4563	0,1669
<i>G. affinis</i>	0,1755	0,2450	-0,2043
<i>C. decenmaculatus</i>	0,1397	0,1701	0,3658
<i>J. lineata</i>	-0,2566	0,1867	0,4602

ñalan que a valores mayores de 9 se daña la superficie de los tejidos y se produce una excesiva secreción de mucus. Sin embargo, la resistencia a la variación es diferente según las especies. Algunas son extremadamente sensibles y otras soportan notables diferencias (Reichenbach-Klinke 1980). Los valores de pH registrados estuvieron en el rango señalado como tolerable por las especies sin observarse efectos adversos de este factor sobre la comunidad de peces.

Aunque concentraciones de amonio mayores a 0,25 mg/l afectan el crecimiento de los peces y valores aún más altos pueden ser letales (Reichenbach-Klinke 1980, Roldán Pérez 1992), en el río Suquía, en varios muestreos, las concentraciones de este factor superaron al valor citado, aún en el área menos contaminada. La mayoría de las especies disminuyeron su abundancia con el aumento de las concentraciones de amonio, estando ausentes en Chacra de la Merced, área que presentó los máximos valores. Si se tiene en cuenta que especies como *Ch. interruptus*, *A. eigenmanniorum*, *B. iheringi*, *R. sapo* y *R. catamarcensis*, reaparecen río abajo a la altura de Capilla de los Remedios, se puede inferir que estas especies están ausentes en Chacra de la Merced debido al efecto adverso del amonio

sobre la distribución de las especies ícticas. Si se eliminan del análisis de regresión a los muestreos correspondientes a esta área, se observa que no existe relación entre la abundancia de las especies, riqueza ni diversidad con la variación en las concentraciones de amonio. Por lo tanto, Chacra de la Merced es la zona que presenta características particulares y muy alteradas que la diferencian de las restantes y la cual establece la relación observada entre los atributos de la comunidad íctica y el amonio.

La abundancia de *T. corduvense* y *B. iheringi* disminuyó con el aumento de la conductividad y de las concentraciones de cloruros. Ambas especies habitan ríos de montaña donde los valores de conductividad son menores. Menni et al. (1996) señalan que esta mojarra es común en ríos con bajas concentraciones de sólidos disueltos. Además, esta especie fue la única que disminuyó su abundancia con el aumento de la temperatura. Si bien Gómez (1996) no la incluye en su análisis de susceptibilidad a las variaciones de este factor, señala que los peces de aguas abiertas resisten menos las altas temperaturas que los peces pequeños típicos de ambientes lénticos. Haro et al. (1996) indican que si bien *B. iheringi* fue capturada en distintos ambientes, es propia de las aguas lólicas del canal central de los ríos donde es común o abundante. Por consiguiente se infiere que este pez se desarrolla mejor en aguas con temperaturas no tan elevadas. Los ambientes serranos presentan generalmente bajos valores de diversos factores físico-químicos que aumentan con la escorrentía del río. Por esto en un ambiente alterado como el analizado tanto *T. corduvense* como *B. iheringi* disminuyeron su abundancia río abajo con el incremento de la mayoría de las variables consideradas.

La abundancia de *G. affinis* aumentó con la disminución de las concentraciones de oxígeno, factor que no sería limitante para su establecimiento en Chacra de la Merced a pesar de las bajas concentraciones que fueron registradas en esta área. Por otra parte la disminución de especies competidoras le permitiría al "orillero" explotar este nicho, lo que se refleja en el notorio aumento de su abundancia con respecto a las otras zonas.

El "orillero" *J. lineata* se caracteriza por ser el pez más ubicuo de nuestra fauna, el cual ha colonizado incluso ambientes salinos donde no proliferan otros peces autóctonos (Ringuelet 1967, Gómez 1996, Haro & Bistoni 1996). Ya en 1938, Mc Donagh señala la extraordinaria capacidad de esta especie para habitar tanto ambientes salinos como "ojos de agua de las sierras de Córdoba". A su vez, este pez, que estuvo presente en ambientes con altos niveles de alteración en la calidad del agua, es considerado en este trabajo como especie «resistente» ya que su abundancia no se relacionó con la variación de la mayoría de los factores físico-químicos registrados. La única variable que afectó su abundancia fue el amonio, el cual restringiría el desarrollo de una población numerosa en la zona más contaminada. Por lo que esta especie solamente subsiste en este ambiente tan alterado.

El presente trabajo amplía el conocimiento de los factores físico-químicos que influyen sobre la distribución de los peces y los atributos de sus comunidades y proporciona elementos para proteger y manejar los recursos hídrico-faunísticos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Roberto Menni por la revisión crítica y las valiosas sugerencias. Al Dr. Eduardo Puchetta y A. Mangeaud por su asesoramiento en los análisis estadísticos. Al personal del Departamento de Bioquímica Clínica por su aporte en los datos químicos. A los biólogos de la Cátedra de Diversidad Animal II que colaboraron en los trabajos a campo. Este trabajo fue subsidiado por el Consejo de Investigación Científica y Técnica de la Provincia de Córdoba (CONICOR).

LITERATURA CITADA

- BACHMANN A (1958) Vieja de Agua, *Plecostomus commersoni*. Ichthys 1:217-221.
 BISTONI MA, JG HARO & M GUTIERREZ (1996) Ictiofauna del Río Quinto (Popopis) en la provincia de Córdoba (Argentina). Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 27: 43-48.

- BRANCO SM (1972) Polucao Alteracoes na Composicao Fisica, Quimica e Biologica Do Meio Aquatico. En: Polucao e Piscicultura. Comissão Interestadual Da Bacia Paraná-Uruguaí: 37-52.
- BRANCO SM (1984) Limnología Sanitaria. Estudio de la polución de aguas continentales, OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington. D.C. 120 pp.
- CAPITANELLI RG (1979) Clima. En: Vázquez JB, RA Miatello & ME Roque (eds) Geografía Física de la Provincia de Córdoba: 45-138. Editorial Boldt, Buenos Aires.
- CRISCI JV & MF LOPEZ ARMENGOL (1983) Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington. 32 pp.
- GOMEZ S (1993) Concentración letal de oxígeno disuelto para *Corydoras paleatus* y *Pimelodella laticeps* (Pisces, Siluriformes). Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia VII: 31-45.
- GOMEZ S (1996) Resistenza alla temperatura e alla salinità in pesci della provincia di Convegno Nazionale. Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci, Trento, Italy: 171-193.
- HARO JG & MA BISTONI (1996). Ictiofauna de la Provincia de Córdoba. En: Di Tada IE & EH Bucher. Biodiversidad de la Provincia de Córdoba. Fauna I: 169-190
- HARO JG, MA BISTONI & M GUTIERREZ (1996) Ictiofauna del Río Tercero (Calamuchita) (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina 59: 249-258.
- HARO JG, M GUTIERREZ, MA BISTONI, WR BERTOLIO & AE LOPEZ (1986) Ictiofauna del río Primero (Suquía) (Córdoba, Argentina). Historia. Natural 6: 53-63.
- HOLLANDER M & DA WOLFE (1973) Nonparametric statistical Methods. John Wiley & Sons. New York. 503 pp.
- KARR J & D DUDLEY (1981) Ecological perspective on water quality goals. Environmental Management 5:55-68.
- KARR JR, KD FAUSCH, PL ANGERMEIR, PR YANT & IJ SCHLOSSER (1986) Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Illinois Natural History Survey Special Publication 5: 1-28.
- LOPEZ HL, RC MENNI & AM MIQUELARENA (1987) Lista de los peces de agua dulce de la Argentina. Biología Acuática 12: 1-50.
- MAC DONAGHE J (1938) Contribución a la sistemática y etología de los peces fluviales argentinos. Revista del Museo de La Plata (n.s.) 1: 119-213.
- MAGURRAN A (1988) Ecological Diversity and its Measurement. Chapman and Hall, Londres. 179 pp.
- MANGEAUD A (1991) Estudio preliminar de una sucesión de Corixidae (Insecta) en el Río Dulce (Córdoba, Argentina). Biología Acuática 5: 1-63.
- MANGEAUD A & M BREWER (1994) Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el río Suquía (Córdoba, Argentina). Tankay 1: 199-201
- MENNI RC, SE GOMEZ & FLOPEZ ARMENGOL (1996). Subtle relationships: freshwater fishes and water chemistry in southern South America. Hydrobiologia 328: 173-197.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (1993) Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. I.
- PRIETO A, E FAJER & M VINJOY (1991) Manual para la prevención y el tratamiento de enfermedades en peces de cultivo en agua dulce. Red de Cooperación técnica en acuicultura y pesca. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago de Chile. 65 pp.
- REICHENBACH-KLINKE HH (1980) Enfermedades de los Peces. Ed. Acribia. 507 pp.
- RINGUELET RA, RH ARAMBURU & AA de ARAMBURU (1967) Los peces argentinos de agua dulce. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata. 602 pp.
- ROBERTS TR (1972) Ecology of fishes in the Amazon and Congo basins. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard University 143: 117-147.
- ROLDAN PEREZ G (1992) Fundamentos de limnología Neotropical. Ed. Universidad de Antioquía. 529 pp.
- SERAFY JE & RM HARRELL (1993) Behavioural response of fishes to increasing pH and dissolved oxygen: field and laboratory observations. Freshwater Biology 30: 53-61.
- SOKAL RR & FJ ROHLF (1979) Biometría: Principios y métodos estadísticos en investigación biológica. Traducido por M. Lahoz León. Madrid: H. Blume. 832 pp.
- TAGLIANI PRA, E BARBIERI & AC NETO (1992) About a sporadic phenomenon of fish mortality by environmental hypoxia in the Senandes streamlet, State of Rio Grande do Sul, Brazil. Ciencia e Cultura 44: 404-406.
- VALEIRA N, C ESTRABOU & M JULIA (1991) Impacto ambiental de la pequeña y mediana empresa. Primera etapa. Fundación Friedrich Ebert. Argentina. 67 pp.
- VANELLA F (1996) Susceptibilidad a temperaturas extremas (frío y calor) en la mojarra *Astyanax eigenmanniorum* sometida a distintas temperaturas de aclimatación. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 58 pp.
- VAZQUEZ JB, A LOPEZ ROBLES, DF SOSA & MP SAEZ (1979) Aguas En: Vázquez JB, RA Miatello & ME Roque (eds). Geografía Física de la Provincia de Córdoba: 139-211. Editorial Boldt. Buenos Aires.
- VINCENT R (1971) River electrofishing and fish population estimates. The Progressive Fish-Culturist 33: 163-169.
- WASHINGTON HG (1984) Diversity, biotic and similarity indices. Water Resources 18: 653-694.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (1993) Guidelines for drinking - water quality. Vol I. Recommendations. Second Edition. 188 pp.