

ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS AGUAS INTERIORES DEL URUGUAY HABITADAS POR CÍCLIDOS ♦

Daniel CARNEVIA¹, Alvaro ROSSO¹, Cristina AYÇAGUER²,
Gabriela PIGNATARO³, Ernesto VARELA³ y Eduardo MARTEGANI¹.

RESUMEN

Durante los años 1996 -1997 se realizaron 251 campañas de muestreo en ambientes naturales de aguas interiores del Uruguay, para estudio de los ecosistemas habitados por Cíclidos autóctonos. Se abarcaron por tanto solamente los pequeños y medianos cursos de agua, no realizándose muestreos en los cauces principales de los grandes ríos.

Para estudios fisicoquímicos de las aguas se tomaron los siguientes datos: oxígeno disuelto, pH, dureza, amoníaco, nitratos, nitritos, transparencia y color del agua.

Del procesamiento de los datos de oxígeno disuelto, amoníaco y nitritos no surgen diferencias significativas entre las distintas regiones del país. En cambio del procesamiento de los datos de pH, dureza, transparencia, nitratos y color se podría agrupar las cuencas de aguas dulces del Uruguay en tres zonas principales:

- una zona norte o basáltica, en donde las aguas son más alcalinas, más duras, con mayor transparencia, bajos nitritos y coloración ámbar.
- una zona este, donde las aguas son más ácidas, más blandas, menos transparentes, con bajos nitritos y con coloración gris-amarronada (arcillosa).
- una zona central, con características intermedias entre las anteriores.

PALABRAS CLAVE: calidad de agua, ecosistemas de agua dulce.

INTRODUCCIÓN

Durante los años 1996 y 1997 se realizaron una serie de campañas de muestreo en ambientes naturales de aguas interiores del Uruguay, para estudio de los ambientes habitados por cíclidos autóctonos. Estas campañas estaban enmarcadas dentro de un proyecto sobre "Estudio de la viabilidad de una acuicultura de Cíclidos Autóctonos"; y su objetivo consistió en determinar las condiciones naturales en que se desarrollan normalmente los cíclidos. La importancia de contar con datos físico-químicos de los ecosistemas naturales es muy grande, ya que se pueden luego reproducir los parámetros en condiciones de cultivo, como medio de obtener la reproducción y el crecimiento de los peces. Por tratarse de un estudio de ecosistemas relacionados con Cíclidos, solamente se muestrearon las pequeñas y medianas corrientes de agua; no incluyéndose en los presentes muestreos los cauces principales de los grandes ríos.

♦ Trabajo enmarcado dentro del proyecto "Desarrollo de Acuicultura de Cíclidos Autóctonos" financiado por CONICYT/BID.

¹ Instituto de Investigaciones Pesqueras. Área Acuicultura y Patología de Organismos Acuáticos.

² Instituto de Investigaciones Pesqueras. Área Ciencias del Mar.

³ Investigador contratado por CONICYT/BID

En el presente trabajo se tomaron en cuenta sólo los datos de agua de muestreos donde se colectaron cíclidos, excepto algunos muestreos de agua repetidos en lugares donde anteriormente se habían capturado cíclidos.

Por lo tanto el presente trabajo pretende ser un primer aporte al estudio global de las aguas interiores del Uruguay, en relación con la ictiofauna en general y con la familia Cichlidae en particular.

Si bien existen antecedentes de estudios de parámetros de aguas interiores de nuestro país, no se realizó hasta ahora una valoración que abarque la totalidad del territorio, sino que los estudios son regionales o puntuales. Además en la mayoría de los anteriores trabajos (DINAMIGE, 1986; Ziesler y Ardizzone, 1977), se estudiaron los parámetros en relación a otras finalidades (uso industrial del agua, uso como agua potable, etc.). Algunos datos relacionados con estos anteriores trabajos serán comentados en el presente.

Aunque durante las campañas realizadas se tomaron muestras de agua, plancton, peces, invertebrados y plantas; en el presente trabajo se exponen solamente los resultados de los parámetros fisico-químicos muestreados. Se seleccionaron como parámetros interesantes al presente estudio los siguientes: oxígeno disuelto (OD), temperatura, pH, dureza, amoníaco, nitratos, nitritos, transparencia y color del agua. Los datos se procesaron agrupándolos por cuencas y comentando la información en relación a los aspectos ecogeográficos de la familia Cichlidae en Uruguay. De los datos recogidos surge una diferenciación en tres zonas: norte o basáltica, centro-sur y este o atlántica.

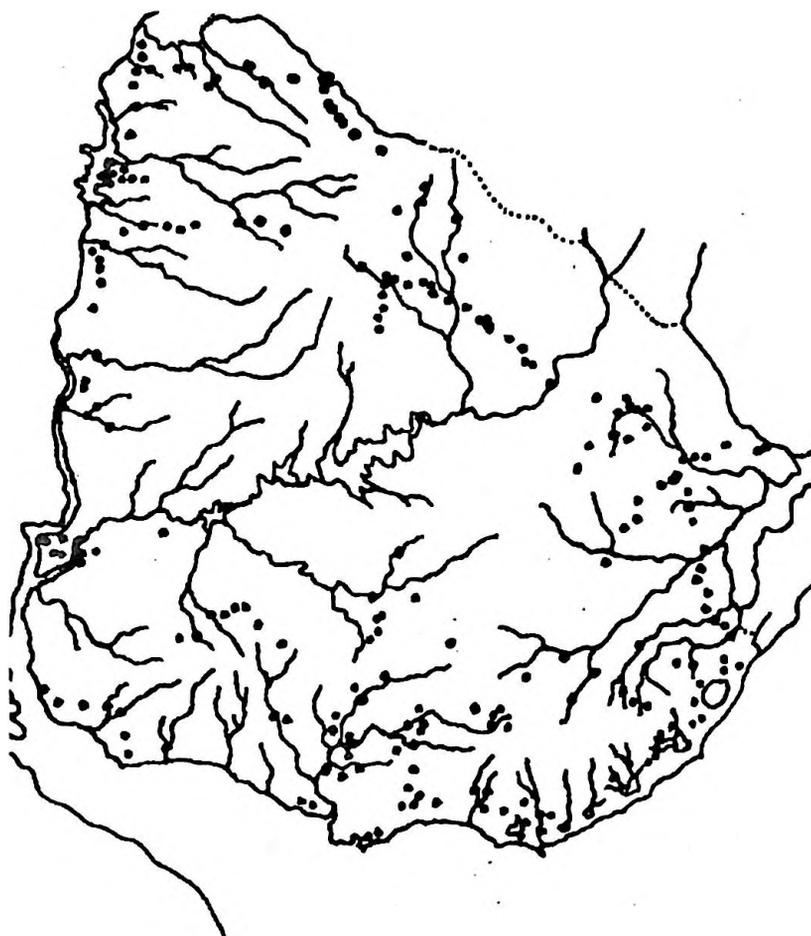
MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo abarcó 251 muestreos contenidos en 29 campañas durante los años 1996 y 1997. La distribución estacional de los muestreos fue como sigue: primavera 28, verano 158, otoño 19 e invierno 40. La distribución en los diferentes departamentos se expone en el cuadro 1 y se muestra en la figura 1.

CUADRO 1. NÚMERO DE MUESTREOS POR DEPARTAMENTO

ARTIGAS	23	MONTEVIDEO	6
CANELONES	23	PAYSANDÚ	14
CERRO LARGO	18	RÍO NEGRO	4
COLONIA	8	RIVERA	9
DURAZNO	2	ROCHA	25
FLORES	5	SALTO	29
FLORIDA	10	SAN JOSÉ	4
LAVALLEJA	17	SORIANO	3
MALDONADO	9	TACUAREMBÓ	30
		TREINTA Y TRES	11

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS MUESTREOS EFECTUADOS.



En cada muestreo se tomaron datos y recogieron muestras, procesándolas en el mismo lugar del muestreo, de acuerdo a la siguiente metodología:

- el oxígeno disuelto, la temperatura y el pH se tomaron directamente de los cuerpos de agua en la zona donde posteriormente se realizaron la toma de agua para estudio del plancton y los lances de captura de peces.
- Se tomaron 5 ml de agua para cada uno de los siguientes test: amoníaco, nitritos y nitratos.
- Se tomaron 10 ml de agua para la medida de la dureza
- La transparencia con disco de Secchi se tomó en el cuerpo de agua.

Para la medición de los datos se emplearon los siguientes equipos y materiales:

- a. medidor de oxígeno disuelto con termómetro análogo marca Cole Parmer. Rango de medida de oxígeno disuelto de 0 a 15 ppm. Rango de medida de temperatura de 0 a 50 grados Celsius.
- b. termómetros sumergible de mercurio con escala de -10 a 50 grados Celsius.
- c. medidor de pH digital marca Cole Parmer. Rango de medida -1.0 a 15.0 (rango extendido), resolución de 0,1 pH y exactitud de +/- 0,2 pH .
- d. Test químicos para medida de amoníaco, nitritos y nitratos marca Wardley. Los datos se indican en forma colorimétrica, correspondiendo a cada color un valor expresado en ppm o mg/litro. Los valores abarcan los siguientes rangos:

amoníaco	no detectable hasta	5,0
nitritos	no detectable hasta	10,0
nitratos	no detectable hasta	100,0

- e. Test de dureza marca Hidroquímica Uruguay, basado en titulación con viraje de color. Resolución de 10 ppm de carbonato de Ca.
- f. Disco de Secchi, para medición de transparencia.
- g. El color fue determinado por observación visual.

El oxígeno disuelto (OD), amoníaco (NH_3), nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3) se expresan en ppm, la dureza (DUR) en ppm de carbonato de Ca y la transparencia (Secchi) en cm.

Los resultados de las distintas medidas fueron agrupados por cuencas hidrográficas y promediados. Estos datos fueron ploteados en mapas hidrológicos y posteriormente analizados dentro de la regionalización propuesta por Carnevia *et al.* (1997) teniendo como base datos de clima (temperaturas y precipitaciones), de suelos, de ictiofauna y de ictiogeografía. En esta regionalización fueron propuestas cuatro zonas:

- Zona 1. RÍO URUGUAY NORTE: abarcaría las cuencas de los ríos Uruguay al norte de la ciudad de Paysandú y los ríos Tacuarembó y Negro aguas arriba del Embalse de Rincón del Bonete. A su vez separada por la cuchilla de Haedo en dos subzonas (1.A. al oeste y 1.B. al este).
- Zona 2. RÍO URUGUAY SUR: abarcaría las cuencas del río Uruguay desde la ciudad de Paysandú hasta la desembocadura (comprendiendo las cuencas del río Negro hasta el Embalse de Rincón del Bonete).
- Zona 3. PLATENSE: abarcaría la cuenca del Río de la Plata hasta Piriápolis (Río Rosario, A° Cufre, A° Pavón, Río Santa Lucía, A° Pando, A° Solís Chico y A° Solís Grande entre otros).
- Zona 4. OCEÁNICA: que abarcaría las cuencas del Océano Atlántico y de la Laguna Merim. Cada una de estas cuencas supondría una subzona (4.A. Laguna Merim y 4.B. Atlántica).

En la figura 2 se muestra la división en las zonas descritas.

Se aplicaron análisis de varianza entre las medidas de las diferentes zonas, con un nivel de confianza de .95 y .99 .

RESULTADOS

Los resultados de las medidas expresadas como promedio de los muestreos para cada cuenca, se muestran en el cuadro 2. Los datos promedio de las cuencas de cada región y subregión propuestas inicialmente, se muestran en el cuadro 3.

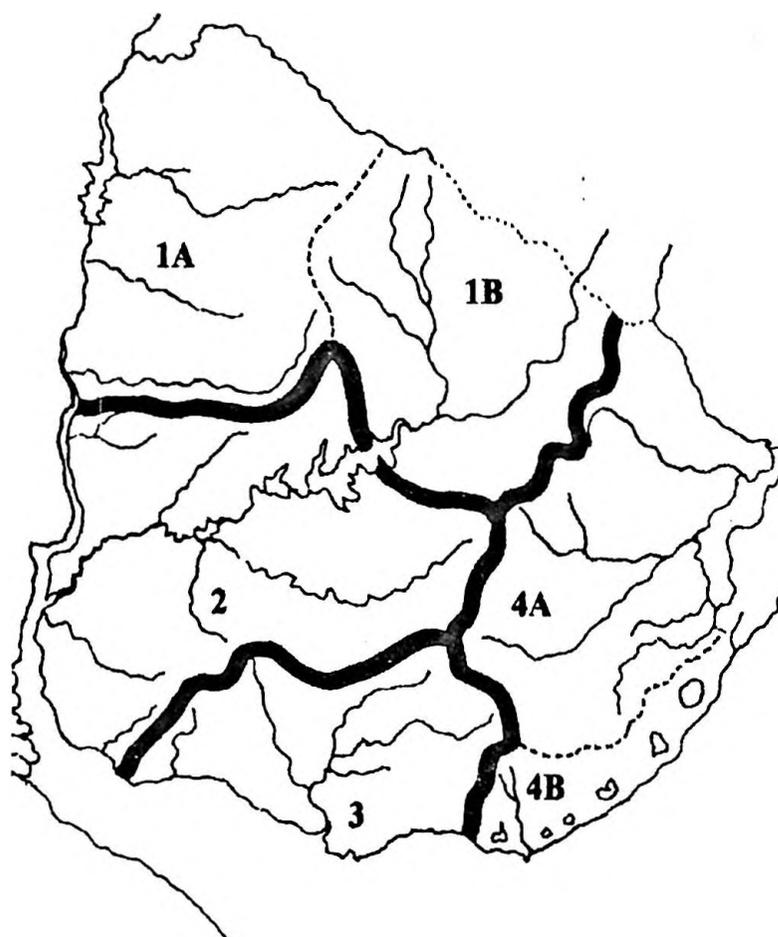
CUADRO 2. PROMEDIO DE DATOS OBTENIDOS PARA CADA CUENCA.

CUENCA	pH	dureza	transp	NH ₃	NO ₂	NO ₃	OD
1. RÍO URUGUAY NORTE							
1.A. Subzona Arapey							
- Río Cuareim (14)*	7,67	**37,7	92,3	0,90	0,03	1,11	6,76
- Río Arapey (11)	7,96	106,5	150,0	0,05	nd	nd	8,80
- Río Dayman (6)	8,15	153,3	-	0,33	0,05	nd	6,30
- Río Queguay (2)	8,10	190,0	150,0	0,25	nd	nd	8,10
- Río Uruguay alto (18)	7,90	138,6	73,2	0,09	0,01	1,05	8,20
1.B. Subzona Tacuarembó							
- Río Negro alto (4)	7,75	93,3	125,0	0,25	0,07	3,00	6,10
- Río Tacuarembó (36)	7,64	61,3	88,3	0,06	nd	1,44	7,54
2. RÍO URUGUAY SUR							
- Arroyo Negro (2)	8,60	170,0	100,0	nd	nd	10,00	9,20
- Arroyo Grande (4)	7,97	62,5	23,6	0,26	-	-	-
- Río San Juan (1)	7,80	70,0	24,0	0,50	nd	nd	8,20
- Río Yí (8)	7,80	85,7	95,2	0,42	0,08	nd	7,25
- Río Negro bajo (5)	7,70	133,3	100,0	0,18	nd	0,12	7,73
- Río Uruguay bajo (2)	8,40	60,0	18,5	0,50	0,25	nd	7,25
- Río de la Plata alto (4)	7,67	92,5	27,0	4,25	0,25	5,00	6,80
3. PLATENSE							
- Río Rosario (1)	7,60	80,0	24,0	0,50	nd	nd	6,90
- Río Santa Lucía (29)	7,67	89,6	96,0	0,45	0,03	1,07	7,21
- Arroyo Pando (7)	7,38	96,6	66,5	3,85	0,08	10,00	4,94
- Arroyo Solís Chico (1)	8,00	-	-	-	-	-	-
- Arroyo Solís Grande (5)	7,92	197,0	75,0	0,25	nd	nd	9,20
4. OCEÁNICA							
4.A. Subzona Merim							
- Río Yaguarón (1)	7,40	-	42,0	0,50	nd	0,50	7,40
- Río Tacuarí (15)	7,50	85,0	87,0	0,40	0,05	nd	7,59
- Río Cebollatí (15)	7,26	116,0	82,0	2,05	0,02	1,66	7,28
- Río San Luis (6)	6,95	73,0	53,0	0,46	0,83	0,04	13,60
- Río San Miguel (4)	6,75	18,0	38,0	nd	0,02	0,33	-
- Laguna Merim (4)	7,20	30,0	65,0	0,81	0,12	nd	6,05
4.B. Subzona Atlántica							
- Laguna del Sauce (3)	8,00	60,0	45,0	nd	-	-	8,40
- Arroyo Maldonado (2)	7,70	50,0	67,0	0,12	-	-	6,20
- Laguna Castillos (3)	6,70	50,0	60,0	0,16	nd	3,33	-
- Laguna Negra (4)	7,00	64,0	40,0	0,20	nd	nd	11,70
- Laguna de Rocha (2)	6,70	55,0	22,0	0,25	nd	0,75	-

* Los números entre paréntesis se refieren al número de muestreos en cada cuenca.

** Los datos de la cuenca del Río Cuareim fueron obtenidos en días de intensas lluvias, por lo que no fueron tomados como base para los análisis estadísticos.

FIGURA 2. REGIONALIZACIÓN PROPUESTA POR Carnevia *et al.* (1997):
 Zona 1. Río Uruguay Norte; Zona 2. Río Uruguay Sur; Zona 3. Platense; Zona 4. Oceánica.



CUADRO 3. PROMEDIO DE LAS MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS
 DEL AGUA PARA CADA ZONA PROPUESTA INICIALMENTE.

ZONA	OD	pH	dureza	NH ₃	NO ₂	NO ₃	Sec
1. RÍO URUGUAY NORTE							
1.A. Arapey	7,7	7,9	125	0,32	0,01	0,43	116
1.B. Tacuarembó	6,8	7,7	77	0,15	0,03	2,22	107
2. RÍO URUGUAY SUR	7,7	8,0	88	0,87	0,09	2,52	55
3. PLATENSE	7,1	7,7	97	1,26	0,02	2,76	65
4. OCEÁNICA							
4.A. Atlántica	8,7	7,2	56	0,15	nd	1,36	47
4.B. Merim	8,4	7,2	64	0,70	0,04	0,55	61

Los datos de la cuenca del Río Cuareim fueron obtenidos en días de intensas lluvias y con gran arrastre de aguas, por lo que no fueron tenidos en cuenta para los promedios.

Del procesamiento de los datos de oxígeno disuelto, amoníaco y nitritos no surgen diferencias significativas entre las distintas zonas.

Del procesamiento de los datos de pH, dureza, transparencia, nitratos y color surgen diferencias que permitirían agrupar las cuencas de agua dulce del Uruguay en tres nuevas zonas mostradas en la figura 3:

- una zona norte o basáltica (coincidente con la anterior zona 1.A.) en donde las aguas son más alcalinas, más duras, con mayor transparencia, bajos nitratos y coloración ámbar.
- una zona este (coincidente con la anterior zona 4) donde las aguas son más ácidas, más blandas, menos transparentes, con bajos nitratos y coloración gris-amarronada (arcillosa).
- una zona central (correspondiente a nuestras zonas 1.B, 2 y 3) con características intermedias de pH, dureza, transparencia y coloración; y con más altos nitratos.

El límite entre algunas de las nuevas zonas no coincide exactamente con la zonación anterior.

Los datos de los promedios de las medidas para las nuevas zonas se exponen en el cuadro 4.

CUADRO 4. PROMEDIO DE DATOS DE PARÁMETROS DE AGUA EN LAS NUEVAS ZONAS PROPUESTAS.

Zonas	pH	Dureza	Transp	NO ₃	Color
Norte	8,06	151	113	0,43	Ámbar
Central	7,79	84	64	1,87	"intermedio"
Este	7,19	60	54	0,82	Gris-amarronado

DISCUSIÓN

Los resultados de las cuencas correspondientes al Río Uruguay difieren de los citados por la DINAMIGE (1986), que encuentra las aguas con baja dureza, débilmente ácidas y con turbiedad variable pero "muy baja en ocasiones". En nuestros muestreos encontramos aguas de dureza intermedia, débilmente alcalinas y con buena transparencia. Estas diferencias pueden deberse a que la mayoría de los muestreos nuestros se realizaron en pequeñas corrientes de agua o en ríos tributarios del Río Uruguay, pero no en el propio Río, por lo que las características del agua están determinadas por el suelo basáltico del norte del país y por la actividad predominantemente ganadera. En cambio en los muestreos realizados en el Río Uruguay se mezclan aguas de más al norte y de los suelos de Entre Ríos que poseen otras características.

Los resultados de la cuenca del Río Negro y de las cuencas que desaguan en el Río de la Plata coinciden con los reportados por la DINAMIGE (*op cit.*).

En base a los datos encontrados, podemos hacer las siguientes consideraciones:

- a. El rango de pH encontrado osciló entre 6,7 (en la cuenca de la Laguna Castillos) y 8,6 (cuenca del Arroyo Negro). Si realizamos los promedios de las diferentes zonas propuestas, se observa que la totalidad dan pH débilmente alcalinos; aunque con sensibles diferencias. En base a esto podemos considerar que las aguas de la zona 1.A y 2 presentan pH ligeramente más alcalinos que las del resto del país; que las aguas de la zona 4.A y 4.B. presentan pH ligeramente más ácidos (incluso con algunas medidas francamente ácidas) y que las zonas 1.B. y 3 presentan un pH intermedio entre las otras.
- b. En cuanto a la dureza, también se encontraron algunas diferencias entre las distintas zonas. Es así que las aguas con mayor dureza se encontraron en la zona 1.A. (promedio de 147,2 ppm de CaCO_3); las aguas con menor dureza correspondieron a las zonas 4.A y 4.B (con promedios de 64,5 y 55,8 ppm de CaCO_3 respectivamente) y las zonas 1.B, 2 y 3 muestran una dureza intermedia entre ambas.
- c. La transparencia presentó un comportamiento también diferente por zonas: las zonas 1.A y 1.B presentaron los máximos promedios de transparencias (116 y 106 cm respectivamente); la zona 4.B presenta el mínimo promedio de transparencia (47 cm), en tanto que el resto de las zonas presentan valores intermedios (55 a 65 cm).
- d. Los datos de coloración de las aguas coinciden a grandes rasgos con los de transparencia, presentando la zona 1 coloraciones predominantemente ámbar, la zona 4 predominantemente gris-amarronado (arcilloso) y las demás valores intermedios.
- e. El oxígeno disuelto no presentó diferencias significativas entre las zonas estando los promedios de los valores obtenidos entre 6,82 a 8,53 ppm.
- f. En cuanto al amoníaco existe una zona con valores promedio superiores a 1 ppm (la zona 3) fundamentalmente basados en los registros del Arroyo Pando que dieron muy elevados. El resto de las zonas presentan valores promedio entre 0,15 a 0,87 (si bien los valores medidos oscilaron entre no detectable hasta 5 ppm).
- g. El nitrito presentó valores marcadamente bajos en todas las zonas muestreadas, siendo su promedio siempre inferior a 0,1 ppm (si bien los valores medidos oscilaron entre no detectable hasta 0,25 ppm)
- h. Los nitratos presentaron diferencias entre las distintas zonas. Las zonas con promedios mayores fueron las 1.B, 2 y 3 (promedios de 2,22 a 2,76 ppm); en tanto que las zonas 1.A y 4.A presentaron promedios menores a 1 ppm (0,55 y 0,43 respectivamente). La zona 4.B presentó un valor intermedio de 1,36 ppm.

Si bien la nueva zonación propuesta en base al presente trabajo difiere significativamente de la propuesta anteriormente, algunos de los criterios empleados antes pueden explicar en parte los actuales resultados. Desde el punto de vista de la influencia de los suelos se mantiene una zona claramente diferente en lo que respecta a la calidad del agua correspondiente al noroeste del país coincidente con suelos basálticos que le dan un aporte más alcalino y de mayor dureza; así como una zona correspondiente a la cuenca Atlántica y de las Lagunas Costeras coincidentes con suelos turbosos que condicionan aguas más ácidas y blandas. Con respecto al uso de la tierra, en la zona noroeste las aguas son más transparentes probablemente debido a un uso más ganadero con mayor mantenimiento del tapiz vegetal y en cambio en la zona Atlántica existe un mayor uso agrícola (fundamentalmente relacionado con el cultivo de arroz) que condiciona un mayor aporte de arcillas en suspensión en el agua.

Los datos de la zona central, por abarcar regiones más variadas en cuanto a suelos y a uso de la tierra, presentan en su conjunto comportamiento intermedio entre los anteriores.

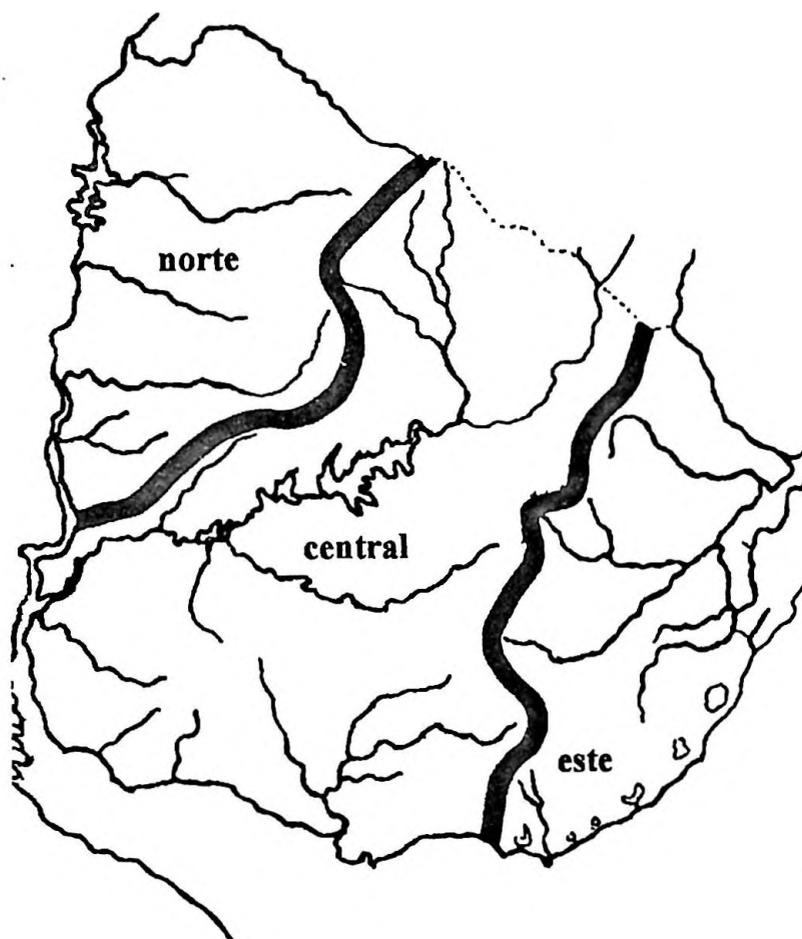
CONCLUSIONES

En base al relevamiento de características fisicoquímicas del agua de ecosistemas de agua dulce de pequeño y mediano tamaño del Uruguay se pueden señalar las siguientes conclusiones.

Los datos de pH, dureza, transparencia, nitratos y coloración permitirían agrupar las cuencas de agua dulce de nuestro país en tres zonas principales mostradas en la figura 3:

- una zona norte o basáltica (coincidente con nuestra zona 1.A) en donde las aguas son más alcalinas, más duras, con mayor transparencia, bajos nitratos y coloración ámbar.
- una zona este (coincidente con nuestra zona 4) donde las aguas son más ácidas, más blandas, menos transparentes, con bajos nitratos y coloración gris-amarronada (arcillosa).
- una zona central (correspondiente a nuestras zonas 1.B, 2 y 3) con características intermedias de pH, dureza, transparencia y coloración, y con elevados nitratos.

FIGURA 3. ZONACIÓN PROPUESTA EN EL PRESENTE TRABAJO.



Los datos de amoníaco muestran valores muy altos en algunos cuerpos de agua de la zona sur (por encima de 1 ppm) lo que podría originar problemas tóxicos para los peces a largo plazo (Carnevia, 1993); estando por debajo de los valores tóxicos en la casi totalidad de los muestreos del resto del país.

Los datos de nitritos y nitratos son muy bajos en la totalidad de las cuencas muestreadas, no ofreciendo problemas a los peces.

BIBLIOGRAFÍA

CARNEVIA, D. (1993) Enfermedades de los Peces Ornamentales. Buenos Aires, Agrovet. 320 p.

CARNEVIA, D., A. ROSSO, C. AYÇAGUER, E. VARELA, G. PIGNATARO y E. MARTEGANI (1997) Informe de avance del proyecto "Estudio de viabilidad de acuicultura de Ciclidos Autóctonos". Presentado al CONICYT/BID. (no publicado).

DINAMIGE . (1986) Elementos del ciclo hidrológico. Montevideo, Potro Ltda. 70 p.

ZIESLER, R. y G. ARDIZZONE. (1977) Lista preliminar de las Aguas Continentales de América Latina. Roma, FAO. 144 p.