

Serie: Documentos de Trabajo - N° 13

**CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA DE ROCHA:
ROL DE SUS PRINCIPALES AFLUENTES**

**Universidad de la República
Facultad de Ciencias**



**GLOBAL
ENVIRONMENT
FACILITY**

pnud


AECI
AGENCIA ESPAÑOLA DE
COOPERACION INTERNACIONAL

R. Arocena, D. Conde, D. Fabián, J. Gorga, J. Clemente
Sección Limnología / Facultad de Ciencias

CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA DE ROCHA: ROL DE SUS PRINCIPALES AFLUENTES

Octubre 1996

CATALOGACIÓN EN PUBLICACIÓN (CIP)

Arocena, R.

Calidad de agua en la Laguna de Rocha: rol de sus principales afluentes / R. Arocena, D. Conde, D. Fabián, J. Gorga, J. Clemente.- Rocha, UY : PROBIDES, 1996.

28 p.: tpls., graf. (*Documentos de Trabajo; 13*)

Incluye bibliografía y anexos.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	4
Introducción.....	5
Material y métodos.....	7
Área de estudio.....	9
Resultados.....	11
Discusión y conclusiones.....	21
Bibliografía.....	26
Anexo. Figuras.	

RESUMEN

De las lagunas costeras uruguayas, la de Rocha presentaría el mayor riesgo de impacto, debido a la urbanización de su cuenca, fácil acceso y menor extensión de sus bañados. El 65% de su cuenca es drenado por los arroyos de Rocha -que recibe aguas municipales-, Las Conchas -que drena también zonas suburbanas- y La Paloma -que recibe los efluentes de una procesadora de pescado.

El impacto de estos afluentes depende de los aportes de las cuencas, las características del agua y del sedimento, y la capacidad de autodepuración de los cursos. La fauna del fondo (macrozoobentos) puede emplearse como indicadora de calidad de agua, mientras la actividad microbiana permite detectar la contaminación orgánica. El objetivo de este trabajo es comparar estos aspectos a un nivel de base, otro de contaminación y otro de impacto en la laguna, en los tres arroyos, durante un año.

Los organismos encontrados pertenecen a los tres principales *phylla* del macrozoobentos. Los anélidos incluyen ejemplares de las clases oligoquetos y poliquetos, los moluscos sólo de bivalvos, y los artrópodos de crustáceos e insectos. De éstos, los más frecuentes y abundantes fueron los dípteros quironómidos.

Los principales grupos biológicos difieren entre estaciones de sustrato similar, debido a las variaciones en la calidad del agua, principalmente su contenido iónico y nivel de oxígeno. Estos organismos, encargados del reciclaje de la materia orgánica, pueden emplearse como bioindicadores de contaminación.

Los resultados obtenidos indican que un aumento en la contaminación detectada, actualmente sin un impacto significativo en la calidad del agua de la laguna, podría afectar a mayor escala la estructura biótica del sistema y disminuir sus beneficios estéticos y su biodiversidad. La actividad turística y los asentamientos humanos, de no planificarse, pueden afectar los demás usos de la laguna e inducir un incremento de los vertidos industriales, cuyos efectos primarios pueden ejemplificarse con algunos de los resultados de este trabajo.

INTRODUCCIÓN

El litoral atlántico uruguayo presenta una serie de lagunas costeras, de las cuales las de Rocha, de Castillos y Negra integran la zona de Humedales del Este, declarada por MAB-UNESCO como Reserva de la Biosfera. Por su parte, el gobierno nacional ha declarado a alguno de estos sistemas como Reserva Turística Nacional, Parque Nacional Lacustre y Áreas de Uso Múltiple, debido a su reconocida importancia ecológica y económica (Laserre 1977; UNESCO 1981). Esto significa que su uso debe inscribirse en el marco de un plan de gestión que asegure su protección.

Las lagunas costeras realizan un amplio y variable intercambio de materiales y energía con sus sistemas vecinos: afluentes que aportan agua dulce, bañados y praderas inundables y el océano con el que se comunican. En consecuencia, sus características presentan gradientes horizontales que fluctúan significativamente en el tiempo. Muchos organismos adaptados a estas condiciones cambiantes viven en el límite de sus rangos de tolerancia, y serían eliminados por cualquier impacto adicional. Las redes tróficas son particularmente susceptibles a la pérdida de especies debido a que sus niveles superiores dependen de pocos consumidores primarios (Odum 1970). Los mismos mecanismos que les permiten retener nutrientes y ser muy productivas (Barnes 1980) las convierten en trampas de contaminantes. Asimismo, suelen presentar una avanzada eutrofización natural y son especialmente vulnerables a cualquier proceso que la incremente (Day y Yáñez 1982).

Sus usos son múltiples y generalmente contradictorios: como fuente de recursos naturales, hábitat de la biota, asentamientos humanos y turismo, así como para el vertido de desechos, ya que como todo cuerpo de agua, recibe los subproductos de las actividades de su cuenca. Uno de los principales problemas en las lagunas costeras es la contaminación por residuos orgánicos. Este tipo de contaminación es el más frecuente debido a su origen doméstico, agrícola y e industrial. Sus efectos son inmediatos y consisten en el consumo del oxígeno disuelto del agua y el aporte de nutrientes por descomposición de la materia orgánica, la aparición de malos olores, y un explosivo crecimiento vegetal, todo lo cual afecta la biota y el uso recreativo del sistema.

De las principales lagunas costeras uruguayas, la de Rocha es tal vez la más amenazada debido al mayor grado de urbanización de su cuenca, su fácil acceso y la menor extensión de los bañados que la rodean. Pintos *et al.* (1991) han señalado indicios de contaminación orgánica en su zona Norte y en el Arroyo de Rocha, donde registraron valores altos de nitrato y amonio, probablemente debido a que este curso recibe aguas municipales y otros residuos de la ciudad de Rocha. El oxígeno al Norte de la laguna (7,7-9,5 mg/l) es mayor que en el arroyo (3,1-8,5). La baja concentración de fosfato, tal vez fijado en sedimentos bien oxigenados, podría ser el factor limitante de la producción primaria del sistema. Por su parte, el Arroyo Las Conchas drena también zonas urbanas y suburbanas, mientras que el Arroyo La Paloma recibe las aguas residuales de una planta procesadora de pescado. La influencia humana habría aumentado en los últimos años, principalmente debido al saneamiento doméstico e industrial y a la tala del monte ripario del Arroyo de Rocha (Pintos *et al.* 1991).

La laguna drena una cuenca de 1.312 km² (ILEC-UNEP 1991), de los cuales un 65% corresponde a los tres arroyos mencionados, los que desembocan en su zona NE (Fig. 1). Allí la salinidad varía entre 0,0 y 0,3%, aumentando al comunicarse con el océano, cuando se abre la barra en forma natural o por intervención humana.

Los estudios realizados en la Laguna de Rocha se refieren al sedimento (Ayup 1983 a, b; Sommaruga y Conde 1990), química del agua y bentos (Cardezo 1989; Jorc',in 1989; Sommaruga 1989; Pintos *et al.* 1988 y 1991 e ILEC-UNEP 1991), foraminíferos (Corbellini 1983) y aves acuáticas (Vaz Ferreira y Rilla 1991).

Toda gestión territorial que involucre la laguna, requiere de una información cabal sobre su estructura y funcionamiento, a fin de evaluar adecuadamente los impactos posibles. Particularmente, para preservar la calidad de sus aguas, es necesario estimar el impacto de sus principales afluentes. Esto depende del tipo y cantidad de materia y energía proveniente de las cuencas de drenaje, de las características físicas, químicas y biológicas del agua y del sedimento, así como de la capacidad de autodepuración de los arroyos. Las comunidades bentónicas pueden emplearse como bioindicadoras de calidad de agua por la diferente sensibilidad de sus especies a la contaminación orgánica y por su papel en los procesos de autodepuración (Hawkes 1980). La descomposición de sustratos artificiales (FDA), como índice de la actividad heterotrófica total, puede ser utilizado para determinar la actividad microbiana en el agua. Este parámetro, al detectar zonas de mayor actividad enzimática microbiana como consecuencia de una mayor disponibilidad de sustratos orgánicos, permite detectar episodios de contaminación orgánica.

El objetivo de este trabajo es estimar y comparar los parámetros físicos y químicos relevantes del agua y sedimento, la actividad microbiana en el agua y la composición y abundancia del macrozoobentos, a un nivel de base o control, otro de contaminación y otro de impacto en la laguna, en sus tres afluentes principales a lo largo de un ciclo anual.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las tres cuencas se delimitaron según las líneas de altitud sobre el mapa 1:50.000 del Servicio Geográfico Militar. Se determinó área, altitud, largo máximo e índice de elongación de cada cuenca, y la longitud total y por rangos de altitud de los cursos principales para confeccionar las curvas hipsográficas. Se establecieron los órdenes de los cursos según Strahler (1964), el número de éstos para cada orden, y la tasa de bifurcación (análisis de Horton).

Se reunió información sobre las características geológicas (MAP 1975) y de los suelos (MAP 1976) de la cuenca, la precipitación y evapotranspiración diarias correspondientes a la Estación Meteorológica de Rocha (Dirección Nacional de Meteorología), y los caudales históricos del Arroyo de Rocha (Dirección Nacional de Hidrografía, MTOP). Se obtuvieron datos de población, industrias (Dirección Nacional de Medio Ambiente, MVOTMA), actividad rural (CLAEH) y saneamiento (Intendencia Municipal de Rocha) de las tres cuencas.

Según los antecedentes reunidos y de acuerdo con el objetivo planteado, se establecieron tres estaciones en cada arroyo (Fig. 2): una de control aguas arriba de todo vertido conocido, otra de impacto aguas abajo de vertidos puntuales o difusos, y una próxima a la desembocadura en la laguna.

Arroyo de Rocha

R1 (Paso de la Cruz): aproximadamente 150 m aguas arriba de la toma de agua de OSE y 100 del primer puente de la ciudad de Rocha sobre este arroyo. Está rodeada de un estrecho monte y no se detectaron viviendas ni actividades contaminantes en las inmediaciones.

R2 (Ruta 9): aguas abajo del Matadero Municipal y del emisor del saneamiento urbano, ubicado más arriba. Está rodeada de un denso y extenso monte ripario.

R3: poco antes de la desembocadura en la laguna. Está rodeada de pradera llana inundable, con macrófitas dominadas por *Scirpus californicus* en sus orillas.

Arroyo Las Conchas

C1 (Ruta 9): fuera de la influencia de Rocha u otro centro poblado. No hay asentamientos humanos en las proximidades. La vegetación marginal es pradera con pocos arbustos.

C2 (Ruta 15): recibiría la influencia indirecta de los suburbios del SE de la ciudad no conectados a la red de saneamiento, y las aguas de la cañada del Ejido, proveniente de esa área. Es una zona de tierras bajas con vegetación de bañado.

C3: próxima a la laguna de Rocha. Los márgenes son similares a los de R3.

Arroyo La Paloma

P1 (Ruta 15): zona supuestamente sin influencia antropogénica importante. Su margen izquierdo es bajo e inundable, con cierto desarrollo de vegetación hidrófila.

P2: aguas abajo del vertedero de la Planta procesadora de pescado, ubicado en la margen derecha, más alta. La margen izquierda es una pradera inundable con juncos en la orilla.

P3: próxima a la desembocadura en la laguna, similar a C3 y P3, pero sin juncos.

Se realizaron muestreos estacionales en febrero, mayo, agosto y noviembre de 1995. En el presente texto nos referiremos a estos muestreos indistintamente por el mes, o por verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. En las nueve estaciones de muestreo se determinó el caudal en transectos, midiendo las profundidades con sondalesa (resolución 0,1 m) y la velocidad de corriente al 60% de cada profundidad con correntómetro mecánico (3 cm/s). Se estima que la velocidad a esa profundidad iguala la velocidad media de la columna de agua. Se midió la transparencia con Disco de Secchi (0.05 m) de 20 cm de diámetro. En superficie y fondo, se midió temperatura (0,5°C) y oxígeno disuelto (0,1 mg/l) con oxímetro YSI, y se tomaron muestras de agua para los análisis químicos. Además, en superficie y fondo en R2, C2 y P2 y sólo en fondo de las demás estaciones, se tomaron muestras para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y actividad heterotrófica (FDA).

Se colectaron 10 muestras de sedimentos para estudio del bentos, una para materia orgánica, nitrógeno y fósforo total, y en mayo y agosto otra muestra para granulometría. Todas las muestras fueron obtenidas con Kajak-corer de 6 cm de diámetro. Inmediatamente se determinó en todas las muestras de agua el pH y la conductividad con sensores de campo, y la alcalinidad por titulación con H₂SO₄ hasta pH 4.5. La DQO se determinó por oxidación con dicromato de potasio, y los sólidos suspendidos totales y la materia orgánica en suspensión por gravimetría e ignición a 500°C, respectivamente (APHA 1985). Amonio y fósforo se determinaron según Strickland y Parsons (1972) y fósforo total según Valderrama (1981). En agosto se determinó clorofila *a* (Nush 1980), nitrito según APHA (1985), DQO, amonio y fósforo en el efluente líquido de la planta procesadora de pescado Greomar. La actividad heterotrófica total se estimó mediante la descomposición hidrolítica del diacetato de fluoresceína, para lo cual 5 ml de muestra y 40 µl de FDA se incubaron durante cuatro a ocho horas a temperatura ambiente (Obst 1985), midiéndose la respuesta en términos de absorbancia.

El contenido de agua de las muestras de sedimentos se determinó por gravimetría tras secarlas a 80°C. El contenido de materia orgánica fue determinado por gravimetría tras ignición a 450°C durante dos horas (Häkanson y Jansson 1983). El nitrógeno y el fósforo total en sedimentos se analizó según Valderrama (1981). La granulometría se determinó por tamizado, calculándose los parámetros granulométricos según Häkanson y Jansson (1983). Las muestras para bentos se lavaron sobre tamiz de 500 µm y se conservaron con alcohol 95%. Los especímenes separados mediante resuspensión en solución salina, se conservaron en alcohol 70% hasta su determinación taxonómica bajo microscopio.

ÁREA DE ESTUDIO

Las cuencas de los arroyos de Rocha y Las Conchas se asientan sobre rocas metamórficas, excepto sus desembocaduras que son depósitos recientes de arenas (MAP 1975), al igual que la mayor parte de la cuenca del Arroyo La Paloma (Veroslavsky, com. pers.). Los suelos de las dos primeras cuencas (Fig. 1) se suceden aguas abajo por las unidades Sierra de Polanco, José Pedro Varela, Alférez y Laguna Merín, mientras que en La Paloma se suceden José Pedro Varela, Lascano y Laguna Merín (MAP 1976).

Las tres primeras unidades (Tabla 1) son suelos arcillosos pesados, de laderas planas a convexas con pendientes que van disminuyendo aguas abajo de 8 a 2%. El primer horizonte, de 14 a 25 cm de profundidad, contiene entre 3,0 y 6,5% de materia orgánica. Por otro lado, las unidades Laguna Merín, en las desembocaduras de los tres arroyos, y Lascano, en el resto de la cuenca de La Paloma, son suelos hidromórficos de drenaje imperfecto (Marchesi y Durán 1969), de llanura de 0 a 1% de pendiente y bajo contenido de materia orgánica.

Tabla 1. Características de las unidades de suelo presentes en las cuencas estudiadas. Se indica la profundidad (cm) del primer horizonte y sus características.
Basado en la Carta de Reconocimiento de Suelos (MAP 1976).

UNIDAD	SIERRA DE POLANCO	JOSE PEDRO VARELA	ALFÉREZ	LAGUNA MERÍN	LASCANO
SUELO	Brunosol	Brunosol y Argisol		Gleysol	Planosol
TOPOGRAFÍA	Ladera	Ladera	Ladera	Llanura baja	Llanura alta
PENDIENTE (%)	8 - 10	3 - 5	2 - 5	0	0 - 1
MATERIAL GENERADOR	Metamórfico	Sedimento sobre cristalino	Sedimento limo-arcilloso	Sedimento reciente	Sedimento limo-arcilloso
PROFUNDIDAD	14	21 - 25	16 - 20	10	25
ARENA (%)	55	31 - 46	20	68	25
LIMO (%)	22	37 - 44	57 - 59	25	60
ARCILLA (%)	23	16 - 25	21 - 23	7	20
MATERIA ORGÁNICA (%)	6,5	5,2 - 5,5	3,0 - 4,8	3,2	3,8

Las cuencas cubren un área de 862,1 km², gran parte de los cuales se corresponden parcialmente con las secciones policiales del departamento de Rocha números 7, 10, 12 (Arroyo de Rocha), 8 (Arroyo Las Conchas) y 11 (Arroyo La Paloma). Estas secciones presentan un paisaje

natural poco alterado, con baja actividad industrial y una explotación agrícola que ocupa un 5% de la superficie. La actividad agrícola está representada por pradera artificial (62%), bosques (24%), cereales (11%) y huerta (3%) (Tabla 2). La actividad ganadera en las tres cuencas incluiría unos 50.000 vacunos y 170.000 lanares.

El Arroyo de Rocha provee agua para consumo humano y recibe las aguas cloacales y los desechos del Matadero Municipal (Fig. 2). Este tiene una capacidad de faenado diaria de 100 vacunos, 250 ovinos y 60 cerdos, y genera una carga orgánica de unos 300 kg DBO/día, la cual es vertida en una pileta de tratamiento aprobada por DINAMA. La pileta vierte en el denso monte que bordea el arroyo. La red cloacal de Rocha, cuya población es de 24.013 habitantes según el censo de 1985, constaba de 2.703 conexiones en agosto de 1995.

El Arroyo La Paloma recibe la descarga de una planta procesadora de pescado (Gremar) que posee una pileta de tratamiento (Fig. 2). Sus desechos líquidos presentaron en agosto altos valores de clorofila *a* (559.4 µg/l), DQO (185.2 mg/l) y nutrientes (PO₄: 66.7 µgat/l, NH₄: 154.5 µgat/l y NO₂: 73.5 µgat/l).

Tabla 2. Porcentaje de la superficie dedicado a distintos cultivos y número de cabezas de ganado, para cada cuenca. Cálculos basados en datos de las secciones policiales del departamento de Rocha.

	ROCHA	LAS CONCHAS	LA PALOMA
HUERTA	0,1	0,3	0,1
CEREAL	0,4	1,1	0,7
BOSQUE	1,2	0,7	2,3
PRADERA	2,3	5,1	4,0
TOTAL EXPLOTADO	3,9	7,1	7,4
VACUNOS	29.500	12.500	8.800
LANARES	110.000	37.000	20.500

RESULTADOS

Los tres arroyos conforman importantes redes hídricas, la mayor de las cuales corresponde al Arroyo de Rocha, y la menor al Arroyo La Paloma. La cuenca de la primera (Tabla 3) se orienta perpendicular a la línea de costa, mientras que la última es paralela, y Las Conchas tiene una posición, dimensiones y orientación intermedias.

Tabla 3. Características morfométricas de las cuencas de los tres arroyos.

	Largo máximo (km) Dirección		Altitud (m)	Elongación	Superficie (km ²)	Pendiente (m/km)
ROCHA	68,0	NW-SE	450	0,38	534,1	6,6
LAS	24,6	NNW-SSE	220	0,65	199,5	8,9
LA PALOMA	19,5	NNE-SSW	68	0,66	128,5	3,5

Los tres cursos son de orden 5 en sus desembocaduras, con altas tasas de bifurcación (Tabla 4) que disminuyen del Arroyo de Rocha al Arroyo La Paloma, al igual que las superficies y el largo máximo de la cuenca, altitud de la naciente y largo del canal principal. Las curvas hipsográficas (Fig. 3) muestran tres zonas en el Arroyo de Rocha: un brusco descenso de los 400 a los 200 m.s.n.m. en los primeros 5 km, una zona de muy baja pendiente en los 12 km siguientes, y una zona de pendiente decreciente hasta la desembocadura. El Arroyo Las Conchas tiene una primer zona de gran pendiente hasta llegar a los 160 m.s.n.m, luego una zona de perfil convexo hasta los 70 m.s.n.m, y finalmente el perfil típico de pendiente decreciente. El Arroyo La Paloma, en cambio, sólo presenta la primera y tercera zona, que se suceden a los 30 m.s.n.m. Todas las estaciones de muestreo se localizan en la última zona, de baja pendiente, y en cursos de orden 5.

Los perfiles de las estaciones ubicadas aguas arriba muestran cauces encajonados que en las desembocaduras se tornan llanos (Fig. 4). En general, los perfiles registrados en verano fueron más angostos y someros, los de primavera más anchos y profundos, y los de otoño e invierno resultaron más variables.

Tabla 4. Largo del canal principal, número de cursos de cada orden (1-5) y tasa de bifurcación (b) para los tres arroyos estudiados.

	Largo (km)	1	2	3	4	5	b
ROCHA	60,5	807	164	36	6	1	5,3
LAS CONCHAS	38,3	378	90	21	5	1	4,3
LA PALOMA	27,5	161	52	11	3	1	3,8

Parámetros físico-químicos del agua

Los mayores caudales se registraron en mayo, excepto en R2 (Tabla 5 y figura 5). El caudal en R2 varió entre 1,9 m³/s en invierno y 16,2 m³/s en primavera, siendo la media de los datos registrados entre 1987 y 1995, de 2,6 m³/s (Fig. 6). En verano e invierno se registraron varios caudales nulos o casi nulos. Sin embargo, las precipitaciones de los diez días previos al muestreo fueron altas en verano, siendo la mayor evapotranspiración lo que determina el menor balance hídrico estival (Fig. 7). El balance hídrico negativo en agosto se corresponde con el menor caudal en R2, P1 y P3, pero no en las demás muestras.

Tabla 5. Caudales registrados (m³/s) en cada estación en todos los muestreos.

	R1	R2	R3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
FEB	1,1	2,3	-	0,4	1,7	0,0	0,2	0,1	2,0
MAY	5,2	6,6	38,8	0,8	5,4	16,2	4,7	5,7	22,0
AGO	3,4	1,9	0,0	0,0	2,1	11,5	0,0	0,2	0,0
NOV	2,4	16,2	28,3	0,0	1,4	-	1,9	0,0	2,0

Los promedios anuales de los parámetros físicoquímicos por estación y por arroyo, y su coeficiente de variación, se muestran en la Tabla 6. En Las Conchas y La Paloma, la transparencia aumentó aguas abajo (Fig. 8) conforme los sólidos en suspensión disminuían en igual sentido. R2, en cambio, presentó menor transparencia y mayor cantidad de sólidos que R1 y R3. Los sólidos en suspensión contuvieron poca materia orgánica en R1 y R2 (< 30%) y valores en general mayores en La Paloma, aunque en verano el contenido fue similarmente bajo en todos los sistemas, excepto R3. No se aprecia una correspondencia entre la cantidad de sólidos y su contenido en materia orgánica. En todas las estaciones, excepto R2 y R3, la transparencia fue mayor en los meses fríos que en los cálidos, sin corresponderse con el caudal o el nivel de agua.

La temperatura varió entre 9,5°C en invierno y 25,0°C en verano, y muestra cierta estratificación, fundamentalmente en noviembre (Fig. 9), en todas las estaciones excepto R2. Las mayores diferencias entre superficie y fondo se dieron ese mes en P1 (4,0°C en *ca.* 3 m) y P2 (3,0°C en *ca.* 2.5 m). Esta estratificación se traduce en cierto déficit de oxígeno en el fondo especialmente en P1, C2, C3 y R3. Estas mismas estaciones, excepto C2, muestran también un déficit de oxígeno profundo en febrero y mayo, a pesar de que no siempre hubo estratificación térmica. En esos casos se observa la presencia de agua más salina en el fondo, tal como lo muestra la conductividad, especialmente en R3 (Fig. 9). El porcentaje de saturación fue particularmente bajo en las estaciones de impacto y en P1, mientras que el pH se mantuvo próximo a la neutralidad, excepto en P1 y P2 en verano cuando fue ácido (Fig. 8). No se observa un patrón estacional de los valores de saturación de oxígeno. El nivel fue constante y alto en R1 y P3, mientras que C1, P1 y P2 muestran mayores valores en los meses fríos y menores en los cálidos.

La conductividad aumentó aguas abajo, alcanzando en las estaciones cercanas a las desembocaduras, valores mayores que aguas arriba en más de un orden de magnitud.

La Paloma presentó valores mayores que los otros dos arroyos en las estaciones equivalentes, excepto P3 en noviembre. Los menores valores se registraron en noviembre en todas las estaciones, excepto R3, debido a la gran masa de agua dulce ingresada ese mes.

En cada muestreo, la alcalinidad (Fig. 8) fue similar entre las estaciones de cada arroyo, con un claro comportamiento estacional. Fue mayor en los meses fríos con el máximo en invierno (200 mg CaCO₃/l en P2) y el mínimo en verano (18 mg CaCO₃/l en P3), ambos en superficie. El patrón de variación de la alcalinidad fue muy similar para Las Conchas y La Paloma, y algo diferente y más homogéneo en Rocha.

Tabla 6. Promedios por estación y arroyo, y coeficientes de variación (VC) de temperatura (T), transparencia (DS), saturación de oxígeno disuelto (O₂), pH, conductividad (K), alcalinidad (Alc.), sólidos suspendidos totales (SST) y materia orgánica en suspensión (MO).

EST.	T °C	CV %	DS cm	CV %	O %	C %	pH -	C %	K µS/cm	CV %	Alc. mg CaCO ₃ /l	C %	SST mg/l	CV %	MO %	CV %
R1	17,9	17	84	31	9	2	7,3	3	149	23	72,0	35	25,8	40	23	6
R2	17,4	23	48	9	7	11	7,3	2	165	85	83,5	35	44,2	31	16	16
R3	18,1	23	66	24	8	35	7,3	58	2940	55	84,3	27	28,6	32	30	22
C1	16,5	25	53	25	8	20	7,3	6	322	48	121,4	35	38,8	19	26	16
C2	17,9	24	70	27	6	23	7,3	4	319	44	114,9	53	27,5	17	38	21
C3	18,9	28	81	26	7	9	7,4	5	4708	28	102,1	44	22,7	5	42	36
P1	18,2	30	51	28	5	35	6,9	11	739	52	116,9	49	41,3	36	40	44
P2	18,3	31	48	24	5	24	6,9	10	1257	51	117,8	49	34,7	32	48	37
P3	17,5	34	89	28	9	4	7,7	3	8936	47	87,1	55	20,4	40	47	33
ROCHA	17,8	21	66	35	8	24	6,7	30	1085	149	79,9	33	32,9	45	23	31
LAS CONCHAS	17,7	27	68	32	7	22	7,3	5	1783	124	112,8	45	27,7	28	35	35
LA PALOMA	18,0	32	63	41	6	32	7,2	10	3644	123	107,3	53	38,1	45	45	38
MEDIA TOTAL	17,8	27	65	36	7	28	7,0	18	2170	148	100,0	48	30,9	40	34	50

Tabla 6 (cont.). Promedios por estación y arroyo, y coeficientes de variación (CV) de amonio (NH₄), fosfato (PO₄), fósforo total (PT), y Demanda Bioquímica (DBO) y Química de Oxígeno (DQO).

EST.	NH ₄	CV	PO ₄	CV	PT	CV	DBO	CV	DQO	CV
	μgat/l	%	μgat/l	%	μgat/l	%	mg/l	%	mg/l	%
R1	3,0	65	0,7	60	2,8	96	2,9	114	23,2	56
R2	11,5	40	1,7	49	3,8	69	2,3	84	20,3	47
R3	9,6	44	2,3	18	4,1	70	2,1	125	-	-
C1	3,3	59	1,1	47	2,4	55	1,3	70	22,7	87
C2	3,6	65	1,6	18	2,8	25	3,3	100	26,5	58
C3	4,4	96	1,2	20	2,8	59	2,9	128	-	-
P1	17,7	51	3,7	60	6,9	49	2,9	100	38,7	43
P2	67,5	42	7,2	71	11,0	59	2,9	106	47,0	11
P3	11,9	80	1,8	43	3,7	51	2,4	31	-	-
ROCHA	8,1	65	1,6	55	3,6	78	2,5	109	21,8	53
LAS CONCHAS	3,7	81	1,3	33	2,7	49	2,5	125	24,6	72
LA PALOMA	32,4	95	4,2	93	7,2	73	2,7	103	42,9	30
MEDIA TOTAL	14,7	150	2,4	114	4,5	90	2,6	114	29,8	58

La DBO (Fig. 10) en agosto estuvo por debajo de los 2,2 mg/l en todas las estaciones, mientras que los valores mayores se registraron en mayo, cuando alcanzó el máximo en la superficie de C2 (9.8 mg/l). Dificultades técnicas impidieron contar con los resultados de la DBO en noviembre y de la DQO en febrero y en las estaciones próximas a la desembocadura debido a la interferencia de la alta salinidad con el método (Tabla 7). La mayor DQO se registró en la superficie de P2 en mayo (63.8 mg/l). La relación DQO/DBO fue hasta 10 y 100 veces mayor en agosto que en mayo debido a la disminución de la DBO en este mes.

Los nutrientes presentaron un comportamiento similar en los arroyos de Rocha y Las Conchas, y algo diferente en La Paloma (Fig. 11). En este último se registraron los niveles más altos, especialmente en P2, que sólo fueron superados en noviembre por los valores en el fondo de P1. Salvo este caso, el fósforo total en todas las estaciones fue mayor en verano que en el resto del año, no observándose este comportamiento en los casos del fosfato y el amonio.

Tabla 7. DBO, DQO (mg O₂/l) y relación DBO/DQO registrados en las muestras de fondo en todas las estaciones y en las de superficie donde se indica (*).

	DBO			DQO			DQO/ DBO	
	FEB	MAY	AGO	MAY	AGO	NOV	MAY	AGO
R1	2,8	5,2	0,7	15,4	41,6	12,6	3	59
R2*	3,0	-	1,3	8,3	40,1	-	-	31
R2	3,5	4,0	0,1	21,1	27,3	12,6	5	565
R3	1,5	4,5	0,3	-	-	-	-	-
C1	0,5	1,1	2,2	4,0	50,1	14,1	4	23
C2*	3,7	9,8	0,9	9,7	51,5	35,3	1	55
C2	1,4	3,1	0,8	0,0	27,3	35,3	0	35
C3	1,3	7,4	0,2	-	-	-	-	-
P1	2,6	5,3	0,8	16,8	43,0	56,5	3	53
P2*	2,1	7,4	1,0	63,8	47,2	50,4	9	45
P2	0,0	5,2	1,4	15,4	52,9	51,9	3	36
P3	3,7	1,9	1,5	-	-	-	-	-

Parámetros físico-químicos del sedimento

Los histogramas de distribución granulométrica resultaron similares para las muestras de mayo y agosto, excepto en C1 y C2 debido a dificultades de muestreo por la gran heterogeneidad observada en los materiales del fondo. Los histogramas correspondientes al mes de agosto (Fig. 12) muestran en los arroyos de Rocha y Las Conchas sedimentos unimodales, casi sin arena fina y más gruesos que en La Paloma. En éste coexisten todas las fracciones de arena, resultando una distribución más extendida e incluso bimodal. La moda (Tabla 8) en los primeros dos arroyos varió entre 1 y -1 phi y la mediana fue negativa en casi todas las muestras, mientras que en La Paloma las modas llegaron hasta 5 phi y las medianas fueron mayores a 1.6 phi. La selección varió de pobre a muy pobre, no observándose diferencias consistentes entre arroyos ni dentro de los mismos.

En todas las estaciones la arena fue la fracción dominante, seguida en La Paloma por limo y en los otros dos arroyos por grava (Fig. 13). En consecuencia, el contenido de materia orgánica fue generalmente mayor en La Paloma (Fig. 14). Los máximos valores de materia orgánica estuvieron siempre en P3 (9,6% en febrero) y los mínimos casi siempre en R1. En

ninguno de estos parámetros se observan tendencias longitudinales en ningún arroyo. Los mayores contenidos de nitrógeno también se encontraron en La Paloma, particularmente en P3, donde también el fósforo fue más abundante. Tampoco se observan tendencias estacionales, excepto para la materia orgánica en La Paloma, que disminuyó de febrero a mayo y agosto, mientras que allí el nitrógeno y el fósforo se incrementaron en agosto. Además del mayor contenido de los tres parámetros en La Paloma, los promedios por arroyo (Fig. 15), también muestran que éstos son mayores en Las Conchas que en Rocha.

Comunidades bentónicas

Los organismos encontrados pertenecen a los tres principales *phyla* del macrozoobentos: Annelida, Mollusca y Arthropoda. Los anélidos incluyen las clases Oligochaeta y Polychaeta, los moluscos la clase Pelecypoda, y los artrópodos las clases Insecta y Crustacea. Los insectos más frecuentes y abundantes fueron las larvas de dípteros de la familia Chironomidae.

La abundancia total (Figura 16) varió entre 318 ind./m² en P2 y P3 en otoño y 6.775 ind./m² en C2 en primavera. Las tres estaciones de Rocha presentaron el mismo patrón temporal, con máximos en verano y valores similarmente bajos el resto del año. En Las Conchas las abundancias fueron igualmente bajas todo el año, excepto el máximo ya señalado en C2. En La Paloma fue P2 la estación que presentó valores mayores en verano y primavera, mientras que en los otros dos muestreos, los valores fueron bajos y similares a P1 y P3.

Tabla 8. Parámetros granulométricos (Φ) y fracciones (%) del sedimento de todas las estaciones en mayo y agosto. Selección (σ) = $(\Phi_{95} - \Phi_5)/2$ según Håkanson y Jansson (1983).

		Moda	Mediana	Selección	Grava	Arena	Fango
R1	AGO	1	0,4	1,9	3,8	96,0	0,2
R2	MAY	0	-0,5	2,5	15,8	83,9	0,3
	AGO	0	-1,2	2,8	27,1	72,7	0,2
R3	MAY	-1	-0,9	2,3	21,8	78,2	0,0
	AGO	0	-0,9	2,4	23,5	76,5	0,0
C1	MAY	-1	0,6	3,3	21,5	73,5	5,0
	AGO	-1	-1,1	3,0	40,2	59,4	0,4
C2	MAY	1	-0,6	3,4	32,1	66,2	1,7
	AGO	1	-1,6	2,2	5,4	88,0	6,5
C3	MAY	0	-0,6	1,7	27,5	72,5	0,0
	AGO	1	-0,1	2,3	10,6	89,1	0,2
P1	MAY	1	2,7	2,2	0,0	73,4	26,6
	AGO	3	1,6	2,1	3,0	91,4	5,6
P2	MAY	5	3,2	2,6	0,1	57,6	42,3
	AGO	4	2,7	1,5	0,0	79,8	20,2
P3	MAY	0-5	2,4	3,2	1,1	71,3	27,6
	AGO	2-3	2,2	2,1	0,3	82,1	17,6

La estructura de las comunidades difirió más entre estaciones dentro de cada arroyo que entre arroyos (Fig. 17). Los oligoquetos, presentes en todas las estaciones excepto R1, registraron mayores abundancias relativas (Tabla 9) en R2 (35,6%) y P2 (42,4%).

Tabla 9. Porcentajes de los grandes grupos del macrozoobentos para todo el año.

	R1	R2	R3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
OLIGOQUETOS	0,0	35,6	1,3	5,6	2,5	2,8	3,0	42,4	5,6
POLIQUETOS	0,0	2,6	13,9	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	16,8
QUIRONOMIDOS	60,8	58,0	12,6	88,2	83,6	13,9	92,6	49,4	1,9
COLEOPTEROS	7,3	0,9	0,0	0,0	2,1	0,0	4,4	0,0	0,0
EFEMEROPTEROS	31,3	0,0	2,0	3,6	11,2	5,6	0,0	1,0	0,0
TRICOPTEROS	0,0	0,0	0,0	1,3	0,6	0,7	0,0	0,0	0,0
PELECIPODOS	0,0	1,2	10,9	0,0	0,0	22,5	0,0	6,6	62,0
TANAIDACEOS	0,0	0,0	56,1	0,0	0,0	27,3	0,0	0,5	12,0
ISOPODOS	0,0	1,7	2,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0
ANFIPODOS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
DECAPODOS	0,6	0,0	1,3	1,3	0,0	1,4	0,0	0,0	1,9
NUMERO DE	4	6	8	5	5	10	3	5	6

Los quironómidos mostraron una distribución amplia en todas las estaciones y meses de muestreo. Sus menores abundancias relativas se registraron en las estaciones próximas a las desembocaduras, con el máximo anual (92.6 %) en P1. Los efemerópteros abundaron en R1 y C2, y prácticamente faltaron en La Paloma. Los coleópteros fueron más abundantes en R1 y P1, mientras que los tricópteros sólo se encontraron en las tres estaciones de Las Conchas.

Las estaciones de las desembocaduras presentaron una fauna similar, con los crustáceos tanaidáceos dominando en R3 y C3, y los pelecípodos en P3. Los poliquetos registraron porcentajes similares en las tres estaciones, menor en R2. También se registraron porcentajes bajos de pelecípodos en R2 y P2, y de tanaidáceos en P2. Los demás grupos indicados ocurrieron en muy bajo porcentaje. Ocasionalmente también se encontraron gasterópodos, hirudíneos, nemátodos e hidracáridos.

En cuanto a las variaciones estacionales (Tabla 10 y figura 18), las mayores abundancias de quironómidos ocurrieron en verano en R1 y en primavera en C2 y P2, debido a los géneros *Tanytarsus*, *Polypedilum* y *Chironomus*, respectivamente. Los oligoquetos presentaron sus máximas abundancias en verano, principalmente por el género *Aulodrilus* que alcanzó los 1380 ind/m² en R2 y 2476 en P2. Los poliquetos se apartan de este patrón estacional por la presencia de picos secundarios en mayo. Los máximos ocurrieron en primavera en R3 y C3, dominados por *Laonereis culveri*, y en verano en P3 por *Nephtys fluviatilis*. También los coleópteros, representados por *Microcylloepus* spp., los tanaidáceos por *Tanais stanfordi*, y los pelecípodos por *Erodona mactroides*, fueron más abundantes en los meses cálidos, mientras los efemerópteros *Caenis* spp. muestran un comportamiento estacional inverso.

Actividad heterotrófica microbiana

Los valores de hidrólisis del FDA variaron entre 52 μg y 2.900 mg FDA/l.h (Fig. 19), correspondiendo el mayor promedio a La Paloma. Las estaciones P2 y P1 mostraron los registros más altos, así como la mayor variación. En el resto de las estaciones no se observan diferencias importantes. En general en verano y primavera se registraron los mayores valores y en mayo los menores. Los datos de Rocha muestran patrones de variación y valores similares en las tres estaciones a lo largo del período de estudio. En La Paloma, el comportamiento estacional fue similar en P1 y P2, mientras que en Las Conchas no se observó un patrón definido. En estas estaciones, al igual que en P3, los bajos registros (y la falta de datos en el mes de noviembre en C1 y C2), no permiten resaltar patrones definidos.

Tabla 10. Abundancia de géneros y especies del macrozoobentos (ind.m⁻²).

FEBRERO	R1	R2	R3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
QUIRONÓMIDOS									
Axarus	0	0	0	354	71	0	177	0	0
Chironomus	0	0	0	0	0	0	0	354	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicortendipes	283	0	0	531	106	0	318	106	35
Glyptotendipes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Goeldichironomus	0	0	0	0	0	0	35	35	0
Paratanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratendipes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polypedilum	177	354	672	35	389	177	0	0	0
Rheotanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanytarsus	778	0	0	0	106	0	0	0	0
Chironomini	0	0	0	35	0	0	0	0	0
Eukiefferiella	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krenosmittia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lopescladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanocladius	318	0	0	0	0	0	0	0	0
Ablabesmyia	0	0	0	0	0	0	35	0	0
Coelotanypus	0	0	0	35	0	0	35	35	0
Djalmabatista	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harnischia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larsia	318	0	0	0	0	0	0	0	0
Paramerina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Procladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanypus	0	71	0	0	0	0	0	0	0
OLIGOQUETOS									
Dero (Dero)	0	71	0	71	0	0	0	283	0
Aulodrilus	0	1380	0	0	71	0	71	2476	106
POLIQUETOS									
Nephtys fluviatilis	0	0	71	0	0	0	0	0	141
Heteromastus similis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laeonereis culveri	0	0	71	0	0	0	0	0	71
COLEOPTEROS									
Microcylloepus	177	35	0	0	0	0	0	0	0
EFEMEROPTEROS									
Caenis	460	0	106	0	0	248	0	71	0
TANAIDACEOS									
Tanais stanfordi	0	0	1839	0	0	495	0	0	35
PELECIPODOS									
Erodona mactroides	0	0	389	0	0	35	0	389	141
ISOPODOS									
Dies fluminensis	0	0	71	0	0	71	0	0	0
ANFIPODOS									
Melita mangrovi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRICOPTEROS									
	0	0	0	35	0	0	0	0	0
DECAPODOS									
Cyrtograpsus angulatus	0	0	71	35	0	71	0	0	35
OTROS									
	106	71	35	177	0	0	71	283	71

Tabla 10 (cont.).

MAYO	R1	R2	R3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
QUIRONOMIDOS									
Axarus	0	0	0	0	0	0	71	0	0
Chironomus	0	0	0	106	71	0	35	0	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	0	0	0	0	0	0	35	0	0
Glyptotendipes	0	0	0	248	35	35	0	0	0
Goeldichironomus	0	0	0	0	0	0	141	141	0
Paratanytarsus	0	0	0	0	35	0	0	0	0
Paratendipes	0	0	0	0	71	0	0	0	0
Polypoditum	106	106	0	0	0	0	0	0	0
Rheotanytarsus	0	0	0	0	212	0	0	0	0
Tanytarsus	35	71	0	0	0	0	0	0	0
Chironomini	0	0	0	35	0	318	0	0	0
Eukiefferiella	0	0	0	0	35	0	0	0	0
Krenosmittia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lopescladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanocladius	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Ablabesmyia	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Coelotanypus	0	0	0	0	0	0	35	0	0
Djalmabatista	212	212	0	0	0	0	0	0	0
Harnischia	71	0	0	0	814	71	0	0	0
Larsia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paramerina	0	35	0	0	0	0	0	0	0
Procladius	0	0	0	0	35	0	0	0	0
Tanypus	0	0	0	0	35	0	0	0	0
OLIGOQUETOS									
Dero (Dero)	0	0	0	35	0	0	0	0	0
Aulodrilus	0	0	0	0	212	141	0	0	0
POLIQUETOS									
Nephtys fluviatilis	0	0	0	0	0	35	0	0	35
Heteromastus similis	0	106	35	0	0	212	0	0	0
Laeonereis culveri	0	0	35	0	0	0	0	0	0
COLEOPTEROS									
Microcylloepus	71	0	0	0	35	0	0	0	0
EFEMEROPTEROS									
Caenis	707	0	0	0	283	35	0	0	0
TANAIDACEOS									
Tanais stanfordi	0	0	389	0	0	141	0	35	141
PELECIPODOS									
Erodona mactroides	0	0	106	0	0	141	0	71	71
ISOPODOS									
Dies fluminensis	0	0	35	0	0	283	0	0	0
ANFIPODOS									
Melita mangrovi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRICOPTEROS									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DECAPODOS									
Cyrtograpsus angulatus	35	0	0		0	0	0	0	0
OTROS									
	106	35	35	0	35	35	35	71	71

Tabla 10 (cont.).

AGOSTO	R1	R2	R3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
QUIRONOMIDOS									
Axarus	0	0	0	0	71	0	35	0	0
Chironomus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cryptochironomus	0	35	0	0	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	0	248	0	141	460	0	707	71	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	106	0	0	0	0
Goeldichironomus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratendipes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polypedilum	318	212	0	35	212	35	0	0	0
Rheotanytarsus	0	35	0	0	0	0	0	0	0
Tanytarsus	106	0	0	0	106	71	248	354	0
Chironomini	0	0	0	0	177	0	0	0	0
Eukiefferiella	0	35	0	0	0	0	0	0	0
Krenosmittia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lopescladius	71	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanoeladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ablabesmyia	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Coelotanypus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Djalmabatista	71	354	0	212	283	0	0	0	0
Harnischia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larsia	177	35	0	35	0	0	0	35	0
Paramerina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Procladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanypus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLIGOQUETOS									
Dero (Dero)	0	0	35	0	0	0	0	0	0
Aulodrilus	0	0	35	0	0	0	0	177	0
POLIQUETOS									
Nephtys fluviatilis	0	0	177	0	0	71	0	0	71
Heteromastus similis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laeonereis culveri	0	0	0	0	0	35	0	0	0
COLEOPTEROS									
Microcylloepus	35	0	0	0	106	0	0	0	0
EFEMEROPTEROS									
Caenis	283	0	0	0	778	0	0	0	0
TANAIDACEOS									
Tanais stanfordi	0	0	212	0	0	141	0	0	0
PELECIPODOS									
Erodona mactroides	0	0	35	0	0	460	0	0	354
ISOPODOS									
Dies fluminensis	0	71	0	0	0	0	0	0	0
ANFIPODOS									
Melita mangrovi	0	0	0	0	0	106	0	0	0
TRICOPTEROS									
	0	0	0	0	71	35	0	0	0
DECAPODOS									
Cyrtograpsus angulatus		0	0	0	0	0		0	0
OTROS									
	318	71	106	177	35	35	35	35	141

Tabla 10 (cont.).

NOVIEMBRE	R1	R2	R3	C1	C2	C3	P1	P2	P3
QUIRONOMIDOS									
Axarus	0	0	0	0	0	0	51	0	0
Chironomus	0	0	0	0	0	0	0	1274	0
Cryptochironomus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicrotendipes	0	0	0	102	51	0	102	968	0
Glyptotendipes	0	0	0	0	0	0	0	51	0
Goeldichironomus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paratendipes	0	0	0	0	204	0	0	0	0
Polypedilum	306	306	0	102	3260	0	0	0	0
Rhotanytarsus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanytarsus	51	102	0	51	764	0	102	0	0
Chironomini	0	0	0	102	408	0	0	0	0
Eukiefferiella	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krenosmittia	51	0	0	0	0	0	0	0	0
Lopescladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanocladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ablabesmyia	0	0	0	0	51	0	0	0	0
Coelotanypus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Djalmbatista	102	153	0	306	1375	0	0	0	0
Harnischia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larsia	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paramerina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Procladius	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanypus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLIGOQUETOS									
Dero (Dero)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aulodrilus	0	0	0	51	0	0	0	0	0
POLIQUETOS									
Nephtys fluviatilis	0	0	0	0	0	102	0	0	0
Heteromastus similis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laonereis culveri	0	0	357	0	0	408	0	0	0
COLEOPTEROS									
Microcylloepus	153	0	0	0	102	0	102	0	0
EFEMEROPTEROS									
Caenis	408	0	0	102	204	0	0	0	0
TANAIDACEOS									
Tanais stanfordi	0	0	560	0	0	611	0	0	51
PELECIPODOS									
Erodona maotroides	0	51	51	0	0	509	0	0	611
ISOPODOS									
Dies fluminensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANFIPODOS									
Melita mangrovi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRICOPTEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DECAPODOS									
Cyrtograpsus angulatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTROS	255	153	153	51	357	51	102	51	51

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las primeras diferencias entre los tres arroyos surgen del estudio de sus cuencas. La composición geológica dominante es similar en Rocha y Las Conchas y diferente en La Paloma, y determina el mismo agrupamiento según las características de los suelos, a pesar que la escala empleada no permite obtener mayores detalles. La geología también determina la topografía, la morfometría de las cuencas y las curvas hipsográficas de los cursos principales, todo lo cual confirma el agrupamiento señalado. También la pendiente total es similarmente alta en los dos primeros arroyos y menor en La Paloma. El mayor recorrido de los dos primeros arroyos por rocas metamórficas, y del tercero por sedimentos recientes, determinaría a su vez una mayor erosión en éste, con el consiguiente aumento de materiales en suspensión y disueltos.

Aunque no se dispone de información sobre el uso de agroquímicos ni sobre la ubicación exacta de la actividad agropecuaria en cada cuenca, los datos recabados señalan una importancia reducida de estas fuentes difusas de contaminación, y la falta de diferencias apreciables entre cuencas. Sin embargo, cabe destacar que el porcentaje de superficie explotada y la densidad de vacunos es algo mayor en Las Conchas y La Paloma que en Rocha. Las fuentes puntuales en cambio, están bien identificadas y se cuenta con cierta información cuantitativa de las mismas.

Las cuencas de los Arroyos Rocha y Las Conchas, igual que la laguna, se orientan perpendicularmente a la línea de costa, lo que se corresponde con el tipo de laguna originada por inundación de un valle fluvial (Barnes 1980). El A° Rocha fue reportado como de 3^{er} orden por Pintos *et al.* (1991), pero el presente estudio sobre toda su cuenca indica que es de 5^{to} orden en todas las estaciones de muestreo, al igual que los otros dos arroyos. Esta clasificación se corresponde mejor, según la Teoría del Continuo (Vannote *et al.* 1980), con las características físicas y biológicas observadas. Los cursos son anchos y arenosos, no están sombreados por vegetación riparia, y el bentos no está dominado por fragmentadores de materia orgánica gruesa, como correspondería a órdenes más bajos.

La variabilidad del perfil de los cauces muestra un régimen hidrológico complejo, donde además de las crecidas y bajantes súbitas propias de arroyos de planicie costera, y el efecto de la laguna enlenteciendo la circulación del agua, intervendrían importantes procesos de erosión y sedimentación que alteran continuamente la morfología del fondo.

Aunque el caudal de crecida estimado (MTOPI-UNUD-UNESCO 1979) para el Arroyo de Rocha (481 m³/s) denota avenidas torrenciales en los cursos superiores, en los inferiores con amplias llanuras de inundación, la velocidad disminuye y el material suspendido sedimenta, excepto en zonas profundas donde pueden darse mayores velocidades y remoción del sedimento.

Las características morfométricas de las cuencas y los cursos siguen el orden Rocha - Las Conchas - La Paloma, pero no así los caudales, que tampoco pudieron relacionarse con los datos meteorológicos. El balance hídrico más negativo, ocurrido en agosto, se corresponde con el menor caudal medido ese mes en R2, P1 y P3, pero en las demás muestras no se observa una relación entre ambos parámetros. Esto puede deberse a que la Estación Meteorológica de Rocha no es representativa de toda el área de estudio, pero también a las imprecisiones en la medición del caudal. Por un lado, los registros efectuados en un momento determinado no son

representativos del período de referencia, ya que puede variar en cuestión de horas. Por otra parte los errores son mayores cuando los valores de caudal son muy bajos, como la mayoría de los encontrados en este estudio. También deben considerarse el viento que desplaza a menudo el agua superficial a contracorriente, y el efecto de represamiento ejercido por la laguna. Por tales razones los datos de caudal no puedan emplearse para estimar la carga total de materiales.

El bajo balance hídrico calculado equivale a un máximo en febrero de apenas 2 mm diarios, que aplicado a la superficie de cada cuenca resulta en caudales de 12.3, 4.6 y 3.0 m³/s, en el orden acostumbrado. El valor mencionado para el Arroyo de Rocha es similar al caudal medio anual de 13.4 m³/s estimado por MTOP-PNUD-UNESCO (1979), lo que permite utilizar el volumen medio anual (421.1 x 10⁶ m³) de la misma fuente, para estimar cargas anuales.

Pintos *et al.* (1991) reportan una conductividad de 125 - 300 μS/cm en Puerto de los Botes, ubicado entre R2 y R3, y altos valores de cloruros y sulfatos que indicarían el efecto de desechos domésticos e industriales. Sin embargo el predominio del sodio entre los cationes de estas aguas (Pintos *et al.* 1991) y una conductividad similar registrada más cerca de las fuentes de desechos en el presente trabajo (100 - 380 μS/cm en R2) apoyarían la hipótesis de la intrusión salina desde la laguna.

La mayor conductividad en todo el Arroyo La Paloma obedecería a las peculiaridades geológicas y edáficas de su cuenca. En P2 los altos valores registrados se deberían además a los vertidos de Greinar. En P3 por su parte, la alta conductividad se relaciona también con una mayor intrusión salina debida al menor caudal de agua dulce que trae este arroyo, comparado con los otros dos.

La temperatura, el pH y la alcalinidad del agua no difieren en general entre arroyos ni estaciones, mostrando un claro patrón estacional. Los dos últimos parámetros y la transparencia muestran una tendencia inversa a la temperatura. El descenso del pH en los meses cálidos puede deberse a un predominio de los procesos de descomposición, mientras que el aumento de la alcalinidad en la época más fría puede obedecer a un mayor aporte de carbonatos desde la cuenca cuando la escorrentía es mayor.

El aumento de la transparencia y la disminución de los sólidos en suspensión aguas abajo en Las Conchas y La Paloma, responderían al proceso natural de sedimentación en esa dirección. Rocha en cambio, acusa un aporte de materiales en R2, que por su bajo contenido orgánico no puede atribuirse al monte ripario ni al saneamiento urbano, pero tal vez obedezca a otros residuos urbanos no orgánicos. La falta de estacionalidad de la transparencia apoyaría esta hipótesis. La menor alcalinidad en los meses cálidos implica una menor capacidad del agua para amortiguar los cambios de pH, lo que sumado a las mayores temperaturas y menores caudales, agrava los problemas de contaminación en esta época.

En febrero, el pH, la alcalinidad, la transparencia y el oxígeno son similarmente bajos y los sólidos suspendidos similarmente altos en P2 y P1. El bajo caudal registrado ese mes en ambas estaciones explicarían estas semejanzas por un refluo del agua desde P2. La baja concentración de materia orgánica en suspensión en P1 descartaría un aporte de las macrófitas del lugar como causa de estos valores.

Es precisamente en primavera y verano cuando P2 presenta los menores valores de oxígeno, lo que no sucede en las otras estaciones de muestreo, debiendo descartarse una estacionalidad natural. La estratificación fue más evidente en noviembre, no sólo por las altas temperaturas -menores que en febrero-, sino también por el mayor nivel de agua y el reducido caudal, o nulo como en P2. Las diferencias de temperatura entre superficie y fondo son suficientes para definir una estratificación aún tomando el criterio más conservador de 1°C por metro para lagos templados (Hutchinson 1957).

Los valores de DBO, excepto en P2 y C2 están por debajo del límite de 5 mg/l para aguas limpias (Moss 1980). Los máximos de C2 y C3 en mayo pudieron deberse al aporte de los bañados circundantes en la época de mayor descomposición de su biomasa vegetal. La mayor relación DQO/DBO en agosto indicaría la presencia de material más refractario que en mayo. La materia orgánica, producida fundamentalmente en primavera y verano, comienza a descomponerse en otoño, pero sus partes más resistentes persisten por un tiempo mayor, explicando el aumento de la relación en el tiempo. El mayor contenido de materia orgánica en los sólidos suspendidos en P2, especialmente en mayo, coincide con los máximos de amonio, DBO y DQO, que al no corresponderse con los demás parámetros, ni con la estacionalidad biológica, indicaría un origen antropogénico.

El impacto de Greymar en P2 se evidencia en los mayores niveles de nutrientes, particularmente amonio, en casi todos los muestreos. El análisis del efluente arrojó concentraciones de nutrientes superiores en más de un orden de magnitud a los encontrados en P1, lo cual es esperable ya que los efluentes de la industria del pescado contienen altas cantidades de amoníaco (Meinck *et al.* 1977) y fosfato. El elevado registro de la concentración de nutrientes del fondo de P1 en noviembre, se explica por las condiciones de anoxia allí encontradas, en las que el amonio y el fosfato difunden desde el sedimento al agua sobrenadante (Mortimer 1941). Los máximos de fósforo total en Rocha y Las Conchas en verano no se corresponden con el fosfato, por lo que se deberían a un incremento de fósforo particulado, tal vez por una mayor presencia de biomasa vegetal. En cambio en P2 el aumento mayor de fósforo total se debe principalmente al fosfato, indicando su origen alóctono.

Una estimación del aporte anual de materia orgánica por el A° Rocha a la laguna, a partir del volumen de agua (MTO-PNUD-UNESCO 1979) y la concentración promedio anuales, resulta en *ca.* 2000 ton C orgánico particulado. Sin embargo, hay que señalar que en condiciones normales, la fracción disuelta de carbono es aproximadamente diez veces superior a la particulada (Wetzel 1983), por lo que la carga total sería incluso mucho mayor. El mismo cálculo para fósforo total resulta en unas 50 ton al año. La red de saneamiento aportaría de acuerdo al coeficiente de exportación de Castagnino (1982), y considerando cuatro habitantes por conexión, unas 10 ton P/año. Este aporte se refleja en un aumento importante de los nutrientes en R2 y R3 respecto a R1. Al igual que en P2, el aumento de fósforo total se debe al incremento de fosfato. El Arroyo Las Conchas, que no recibe vertidos puntuales, no registró estos aumentos.

El sedimento más fino en La Paloma según todos los parámetros considerados, responde al agrupamiento geológico de las cuencas y se explica por la presencia en su cuenca de suelos de menor pendiente. No hay diferencias granulométricas entre las estaciones, todas localizadas

en cursos del mismo orden y en la misma zona final, casi plana de las curvas hipsográficas. Esta homogeneidad de ambientes físicos brinda una excelente posibilidad para comparar la calidad del agua entre zonas sometidas a diferente impacto, sin que interfieran otras variables. Deben excluirse, sin embargo, las desembocaduras por su mayor salinidad.

La menor granulometría en el Arroyo La Paloma determina un mayor contenido de materia orgánica, debido a la influencia del área superficial de las partículas sobre los procesos de adsorción o adherencia (Hargrave 1972). Este factor sería más importante que los aportes de la cuenca, ya que otros ambientes con más vegetación circundante como R2, R1 y C2, tienen bajo contenido de materia orgánica. En P3 resultó casi el doble del reportado por Sommaruga y Conde (1990) para el norte de la laguna (5 %) donde a su vez es mayor que en el resto de la laguna, debido también al aporte de los bañados vecinos de *Scirpus californicus*. Sin embargo, el valor en R3 y C3, donde también se desarrollan estas macrófitas, es más bajo por su mayor granulometría, y del orden de los determinados por Arocena (1991) en el Arroyo Toledo (Montevideo) en sustratos comparables (1 - 1.8 %).

El aumento de abundancia del zoobentos en los meses cálidos se debe principalmente a los quironómidos en R1, C2 y P2 y a los oligoquetos *Aulodrilus* en R2 y P2. Los efemerópteros en cambio son más abundantes en invierno debido a que emergen como adultos en el verano. Las máximas abundancias totales, registradas en C2 y P2, indicarían una alta disponibilidad de alimento en esas estaciones. Además en P2 los oligoquetos alcanzaron su mayor abundancia relativa, todo lo cual apoya las evidencias de contaminación orgánica en estas zonas. Estos cambios indican los efectos acumulativos que la contaminación ha producido en la comunidad zoobentónica del sistema (Wilhm 1975) desde el inicio de los vertidos.

La ausencia de oligoquetos en R1 no puede adjudicarse al sustrato, que es similar en todas las estaciones de Rocha y Las Conchas, ni a competencia con los quironómidos que allí abundan y con los que suelen coexistir. Surge entonces la hipótesis de la competencia con los efemerópteros del género *Caenis*. También en C2, donde éstos son abundantes, los oligoquetos fueron escasos. La ausencia de efemerópteros y tricópteros en La Paloma puede deberse al sustrato más fino de este arroyo. Los efemerópteros fueron más abundantes en las estaciones con sedimento más grueso, baja conductividad y buena calidad del agua.

La fauna de las estaciones próximas a las desembocaduras fue similar a la descrita para la laguna por Pintos *et al.* (1991), con tanaidáceos, pelecípodos y poliquetos. Algunos de estos organismos llegaron a las aguas más dulces de las estaciones 2. Del mismo modo, en las desembocaduras se encontraron algunos organismos dulceacuícolas en baja proporción, lo que estaría marcando el límite de su distribución para la salinidad. Estas especies se suman a las de aguas salobres, resultando en una fauna más rica en cantidad de grupos en las desembocaduras. La presencia ocasional de nemátodos se debe a que, perteneciendo al meiobentos (< 500 μm), sólo accidentalmente fueron retenidos por el tamiz empleado. Lo mismo sucede con los hidracáridos, que además habrían sido arrastrados por la corriente desde las macrófitas marginales donde suelen encontrarse.

A excepción de las estaciones P2 y P1 en febrero, los valores de hidrólisis enzimática del FDA no superaron el 5 % del agregado a las muestras. Esto sería explicable para los meses

más fríos, cuando la baja temperatura del agua reduce significativamente la actividad heterotrófica. Sin embargo, los bajos valores encontrados incluso en los meses cálidos, hace suponer que la disponibilidad de sustratos orgánicos fue siempre reducida. Los mayores valores coinciden en P2 y en febrero en P1 con los otros indicadores de contaminación ya mencionados en estas estaciones. El aumento en R1 y R2 en noviembre podría asociarse con la abundante vegetación riparia; sin embargo, no se relacionan con el aumento de otros parámetros que indiquen aportes orgánicos.

A pesar del impacto demostrado en P2, la importancia de los vertidos en relación al nivel de base (P1) no es tan clara en La Paloma como cabría esperar. P1 no estaría lo suficientemente alejado de P2, y podría verse afectada por los vertidos fabriles aguas abajo, o bien por la descomposición de macrófitas acuáticas. Por su parte, el impacto en R2 se vería mitigado por la interposición del denso monte ripario entre los vertidos del Matadero y el arroyo, y por el rol autodepurador de la profusa vegetación acuática y semiacuática en esta zona. En cambio, Las Conchas no presenta síntomas de contaminación debido a la inexistencia de fuentes puntuales en el curso.

Aparentemente los principales riesgos de la contaminación orgánica en el sistema consistirían en una disminución del oxígeno en el fondo, debido a cierta tendencia a estratificarse, ya sea por temperatura o salinidad, en aguas de poca circulación y mezcla. Parecen ser estos aspectos físicos los más relevantes para la contaminación y autodepuración de los arroyos. Los principales grupos que componen las comunidades bióticas difieren entre estaciones debido a las variaciones en la calidad del agua, principalmente su contenido iónico y nivel de oxígeno. Parece importante el papel de estos organismos en el reciclaje de la materia orgánica, pudiendo emplearse como bioindicadores de contaminación.

Puede concluirse que la intensidad con que las actividades humanas se desarrollan actualmente en la cuenca de la Laguna de Rocha, no parece tener un impacto significativo en la calidad del agua de la misma. Sin embargo, los resultados del presente estudio indican que un aumento de las formas de contaminación detectadas, podrían afectar a mayor escala la estructura biótica del sistema, disminuir sus beneficios estéticos y su biodiversidad. La actividad turística y el incremento de los asentamientos urbanos, de no ser adecuadamente planificados, pueden afectar otros usos de la laguna al inducir un desarrollo industrial en la cuenca, cuyos efectos primarios pueden ejemplificarse en alguno de los resultados de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

A.P.H.A. 1985. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** APHA-AWWA-WPCF. Washington, 1268 p.

Arocena, R. 1991. **El Macrozoobentos del arroyo Toledo y su relación con los procesos de contaminación y autodepuración.** Tesis de Maestría. PEDECIBA - Facultad de Ciencias, Montevideo, 95 p.

Ayup, R. 1983a. **Particularidades de la apertura de la barrera litoral de la Laguna de Rocha. Causas que la favorecen y aportes sedimentarios al litoral costero oceánico uruguayo.** Res. Com. Jorn. C. Nat., Montevideo, 3: 85-86.

Ayup, R. 1983b. **Aspectos deposicionales y sedimentación de la Laguna de Rocha.** Res. Com. Jorn. C. Nat., Montevideo, 3: 16.

Barnes, R.S. 1980. **Coastal Lagoons.** Cambridge Univ. Press. Cambridge, 106 p.

Cardezo, M. 1989. **Caracterización de la fauna macrobentónica de la Laguna de Rocha (Uruguay).** Tesis de Licenciatura. Facultad de Humanidades y Ciencias, Montevideo, 95 p.

Castagnino, W.A. 1982. **Investigación de modelos simplificados de eutroficación en lagos tropicales.** OPS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 27 p.

Corbellini, L. 1983. **Contribución al conocimiento de la fauna bentónica de la Laguna de Rocha (ROU).** Tesis de Licenciatura. Facultad de Humanidades y Ciencias, Montevideo, 111 p.

Day, J.M. y L. Yáñez Arancibia. 1982. **Coastal Lagoons and Estuaries: Ecosystem Approach.** Ciencia Interamericana. Ciencias del Mar-OEA, Washington DC, 1-2: 11-26

Håkanson, L. y M. Jansson. 1983. **Principles of Lake sedimentology.** Springer Verlag, NY, 316 p.

Hargrave, B. T. 1972. **Aerobic decomposition of sediment and detritus as a function of particle surface area and organic content.** Limnol. Oceanogr., 17(4): 583-596.

Hawkes, H.A. 1980. **Invertebrates as indicators of river water quality.** En: James, A. y L. Evison (eds.). Biological Indicators of Water Quality. Wiley N.Y., 610 p.

Hutchinson, G.E. 1957. **A Treatise on Limnology.** VOL. 1. Wiley, New York, 1015 p.

I.L.E.C.-U.N.E.P. 1991. **Laguna de Rocha.** En: Tatuó Kira (Ed.). Data Book of the World Lake Environments: A survey of the state of World Lakes. LBRI/ILEC, Otsu, SAM-9: 1-7.

- Jorcín, A. 1989. **Aspectos ecológicos y biológicos de *Erodona mactroides* (Mollusca: Bivalvia, Daudin 1801) en la Laguna de Rocha (Uruguay)**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Humanidades y Ciencias, Montevideo, 99 p.
- Laserre, P. 1977. **Coastal Lagoons**. Nature and Resources, 15: 1-2.
- Marchesi, E. y A. Durán. 1969. **Suelos del Uruguay**. Colección Nuestra Tierra, Vol. 18. Montevideo, 72 p.
- M.A.P. 1975. **Dirección de Suelos y Fertilizantes. Carta Geológica del Uruguay 1:1.000.000**
- M.A.P. 1976. **Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay 1:1.000.000**
- Meinck, F., H. Stooff y H. Kohlschütter. 1977. **Les eaux résiduaires industrielles**. Masson. París, 863 p.
- Mortimer, C.H. 1941. **The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes (Parts I and II)**. J. Ecol., 29: 280-329.
- Moss, B. 1980. **Ecology of fresh waters**. Wiley, N.Y., 332 p.
- MTOP-PNUD-UNESCO. 1979. **Conservación y mejoras de playas**. URU. 73.007. Montevideo, 393 p.
- Nush, E.A. 1980. **Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination**. Arc. Hydrobiol. Beith., 14: 14-36.
- Obst, U. 1985. **Test instructions for measuring the microbial metabolic activity in water samples**. Fresenius Z. Anal. Chem., 321: 166-168.
- Odum, W.E. 1970. **Insidious alteration of the estuarine environment**. Trans. Am. Fish. Soc., 99: 836-847.
- Pintos, W., R. Sommaruga, D. Conde, R. de Le'on y G. Chalar. 1988. **Antecedentes y nuevos aportes al conocimiento de la Laguna de Rocha**. Serie Avances de Investigación. Facultad de Humanidades y Ciencias, 9 p.
- Pintos, W., D. Conde, R. de Le'on, M.J. Cardezo, A. Jorc'in y R. Sommaruga. 1991. **Some limnological characteristics of Laguna de Rocha (Uruguay)**. Rev. Brasil. Biol., 51(1): 79-84.
- Sommaruga, R. 1989. **Comparación de medios de cultivo con salinidad controlada en la enumeración de bacterias heterotróficas en una laguna costera**. Rev. Biol. Trop., 37(2): 203-206.
- Sommaruga, R. y D. Conde. 1990. **Distribución de materia orgánica en los sedimentos recientes de la Laguna de Rocha (Rocha, Uruguay)**. Atl',antica, 12(1): 35 - 44.

- Strahler, A. N. 1964. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks**. En: Chow, V.T. (Ed.). Handbook of applied hydrobiology. McGraw Hill. N.Y.
- Strikland, J.D. y T.R. Parsons. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Fish. Res. Board. Canada, 310 p.
- UNESCO. 1981. **Coastal Lagoons Research, Present and Future**. Report and Guidelines of a Seminar, Duke University Marine Laboratory Beaufort, NC, Aug. 1978. UNESCO Technical Papers in Marine Science 32: 97 p.
- Valderrama, J.C. 1981. **The simultaneous analysis of total N and total P in natural waters**. Mar. Chem., 10: 109-122.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sebell y C.E. Cushing. 1980. **The River Continuum Concept**. Can. J. fish. Aquat. Sci., 37: 130-137.
- Vaz-Ferreira, R. y F. Rilla. 1991. **Black-necked Swan *Cygnus melancoryphus* and *Coscoroba coscoroba* in a wetland in Uruguay**. Wildfowl Supplement N°1, 272-277.
- Wetzel, R.G. 1983. **Limnology**. Saunders College Publishing, Philadelphia, 767 p.
- Wilhm, J.L. 1975. **Biological indicators of pollution**. En: Whitton, B.A. (Ed.) River Ecology. Blackwell, Oxford, 725 p.

ANEXO. FIGURAS.

FIGURAS

Figura 1. Cuencas de los arroyos Rocha, Las Conchas y La Paloma. Se muestran esquemáticamente las unidades de suelo con nombres en cursiva.

Figura 2. Mapa de la Laguna de Rocha con ubicación de las estaciones de muestreo sobre los arroyos Rocha, Las Conchas y La Paloma. Se indican los principales vertidos de aguas residuales, las rutas y ciudades.

Figura 3. Curvas hipsográficas de los tres arroyos con ubicación de las estaciones de muestreo.

Figura 4. Perfiles de los cauces en cada estación, para los distintos muestreos.

Figura 5. Caudales medidos en cada estación y muestreo.

Figura 6. Registro histórico del caudal del A° Rocha a la altura de la Ruta 9. Las barras negras indican los caudales registrados en el presente estudio en R2.

Figura 7. Precipitación, evapotranspiración y balance hídrico correspondientes a la Estación Meteorológica Rocha para los diez días anteriores a cada muestreo.

Figura 8. Variación anual de los parámetros físico-químicos del agua. Datos promedios de superficie y fondo, excepto para transparencia, conductividad, sólidos en suspensión y materia orgánica en suspensión, los cuales corresponden sólo a valores de superficie.

Figura 9. Promedios anuales de superficie y fondo del oxígeno disuelto y de la conductividad, y valores de noviembre para la temperatura.

Figura 10. Variación anual de la DBO y DQO en fondo para cada estación y también en superficie para las estaciones R2, C2 y P2.

Figura 11. Variación anual de los nutrientes en cada estación. Promedios de superficie y fondo.

Figura 12. Frecuencia porcentual de las clases de tamaño de grano del sedimento en cada estación de muestreo. Datos correspondientes al muestreo de agosto.

Figura 13. Diagrama de Shepard mostrando la ubicación de las muestras de sedimento obtenidas en agosto, y su denominación.

Figura 14. Variación anual del contenido de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo total en el sedimento en las distintas estaciones de muestreo.

Figura 15. Promedios de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo total en los sedimentos para cada arroyo. Las líneas punteadas indican el promedio de todos los datos registrados durante el período de estudio.

Figura 16. Variación anual de la abundancia total de individuos del macrozoobentos en cada estación de muestreo.

Figura 17. Abundancia relativa de los principales grupos del macrozoobentos en cada estación. Datos integrados de los cuatro muestreos.

Figura 18. Variación anual de la abundancia de individuos de los principales grupos en cada estación, con indicación de los géneros dominantes.

Figura 19. Variación anual de la actividad heterotrófica microbiana (hidrólisis de FDA) en cada estación.

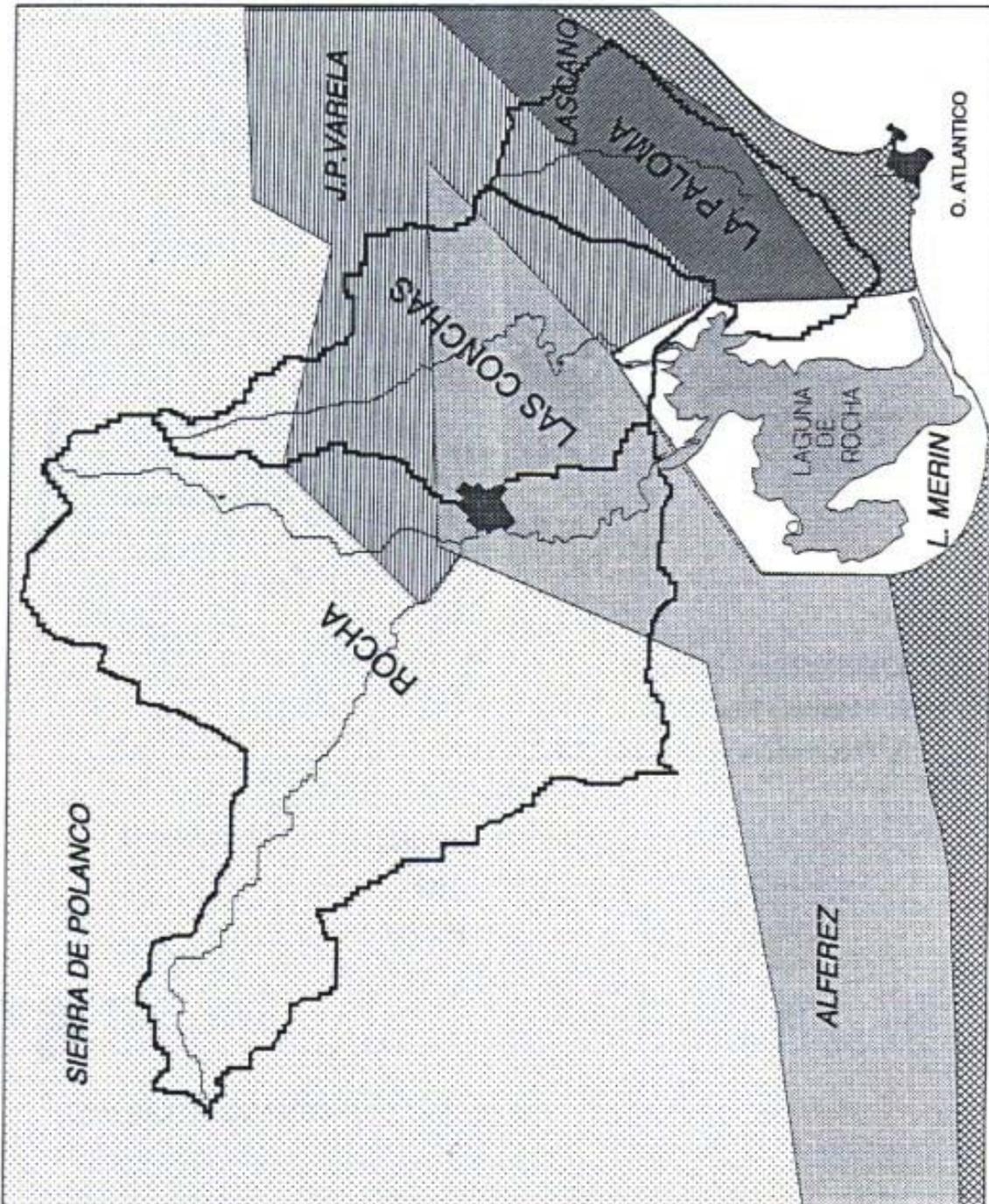


Fig. 1

Figura 1. Cuencas de los arroyos Rocha, Las Conchas y La Paloma. Se muestran esquemáticamente las unidades de suelo con nombres en cursiva.

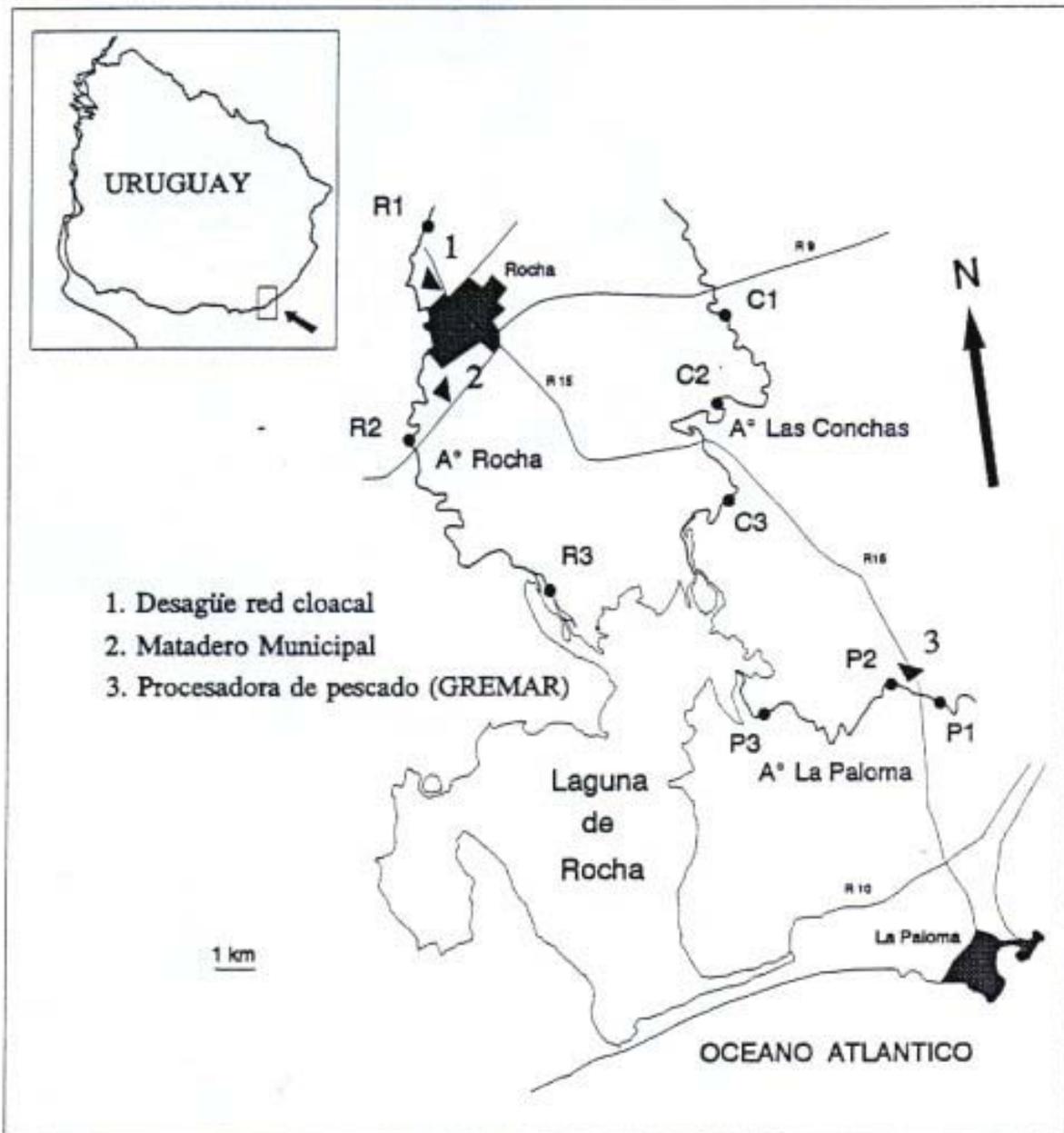


Figura 2. Mapa de la Laguna de Rocha con ubicación de las estaciones de muestreo sobre los arroyos Rocha, Las Conchas y La Paloma. Se indican los principales vertidos de aguas residuales, las rutas y ciudades.

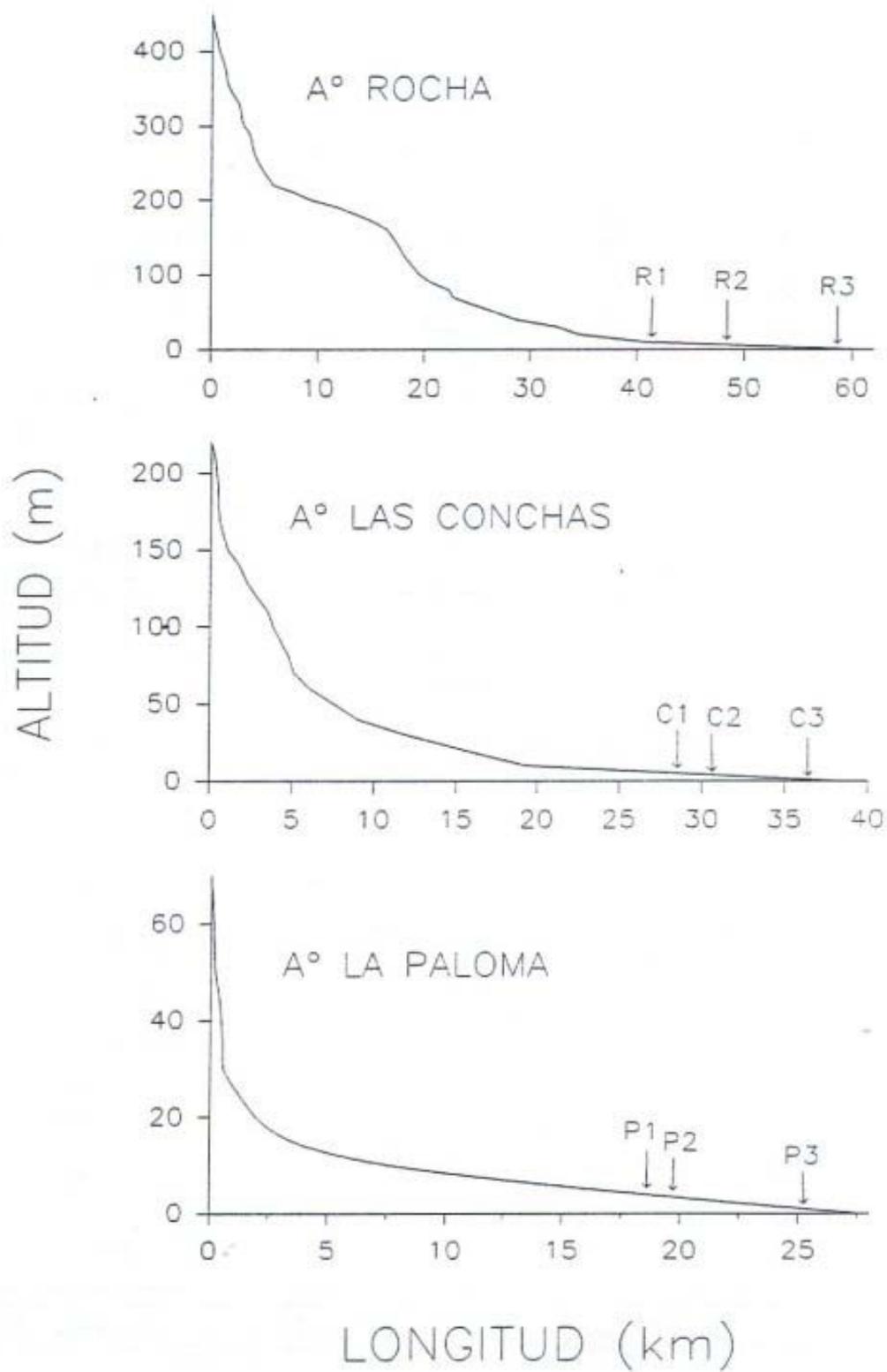


Figura 3. Curvas hipsográficas de los tres arroyos con ubicación de las estaciones de muestreo.

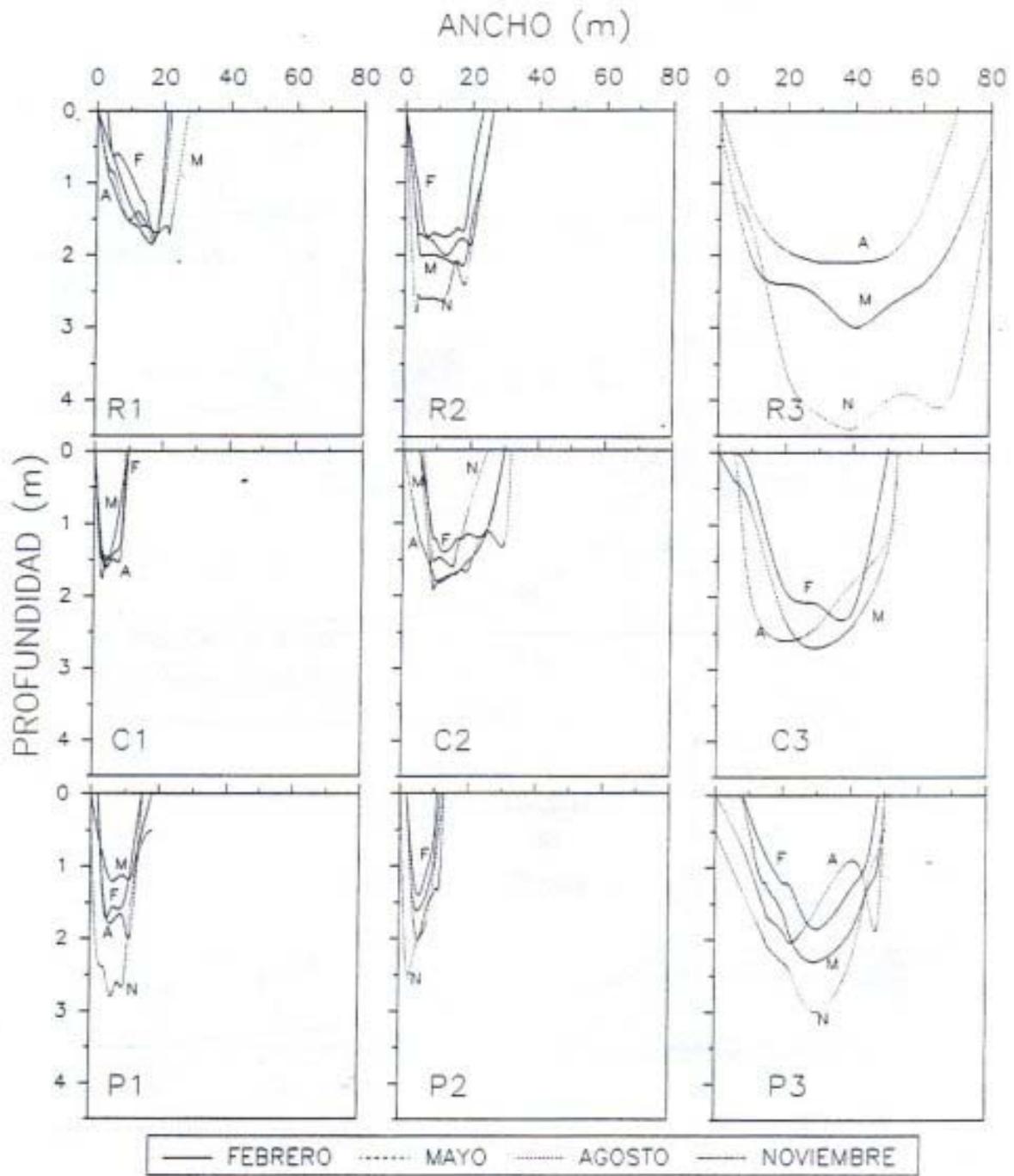


Figura 4. Perfiles de los cauces en cada estación, para los distintos muestreos.

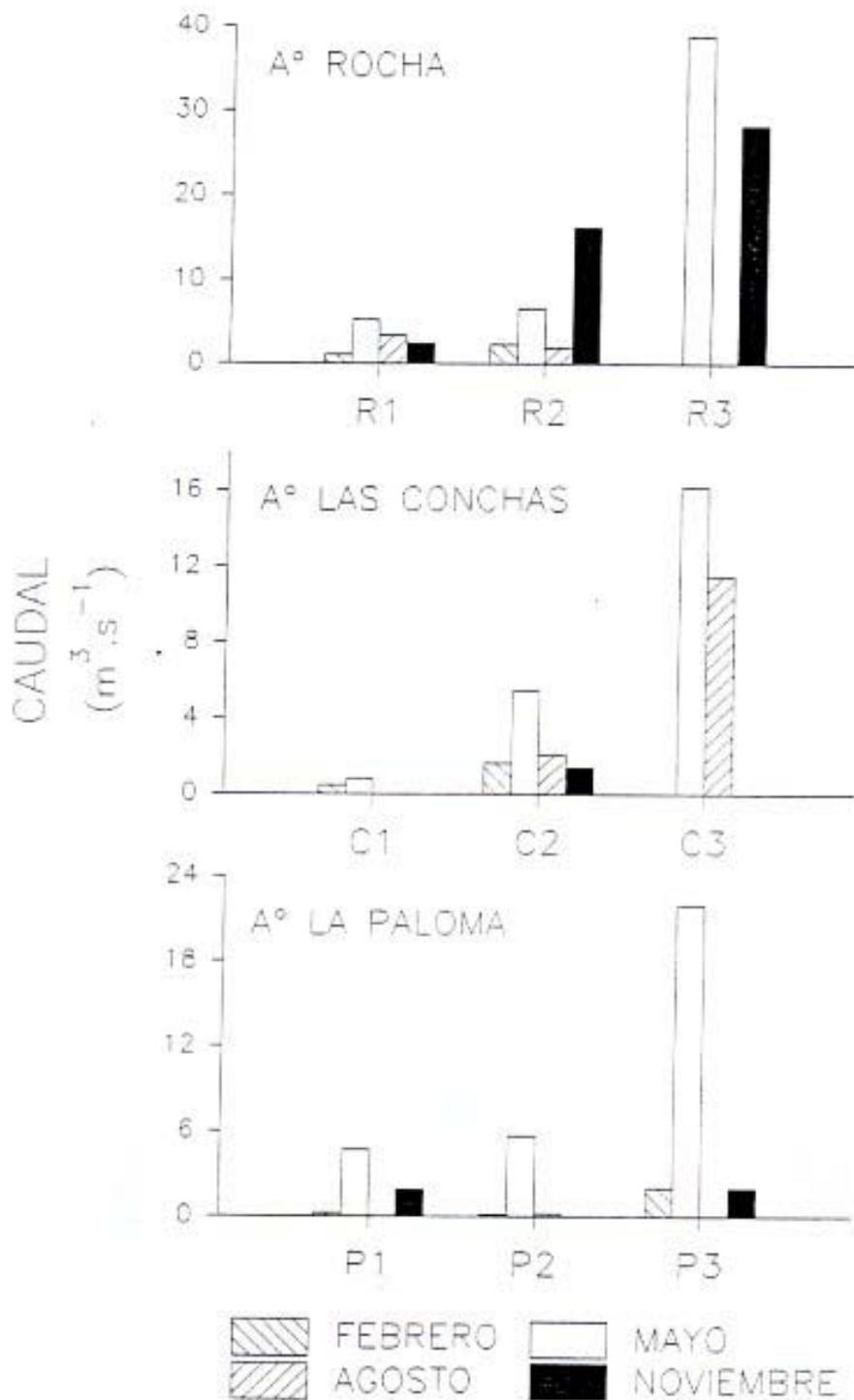


Figura 5. Caudales medidos en cada estación y muestreo.

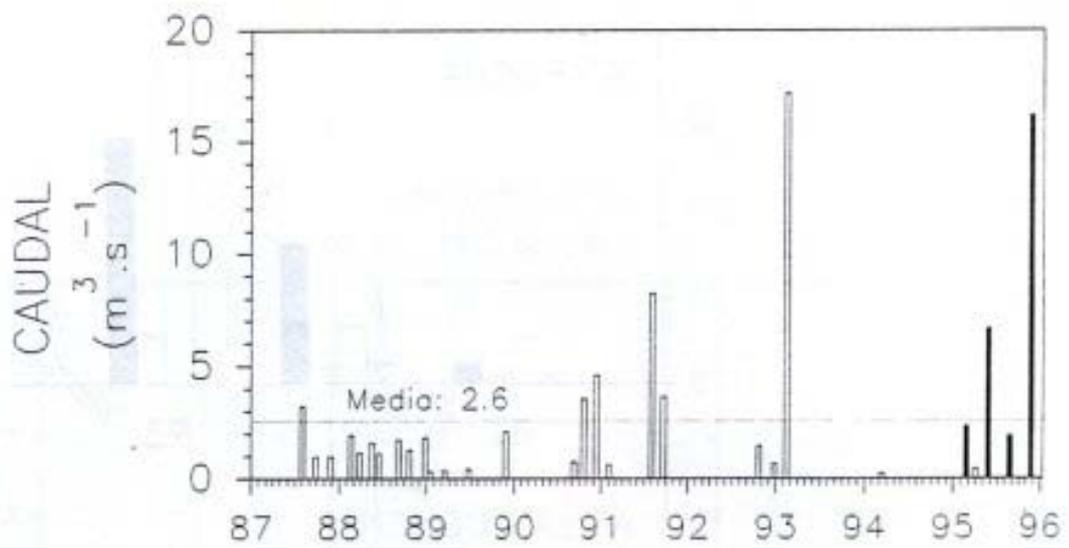


Fig. 6

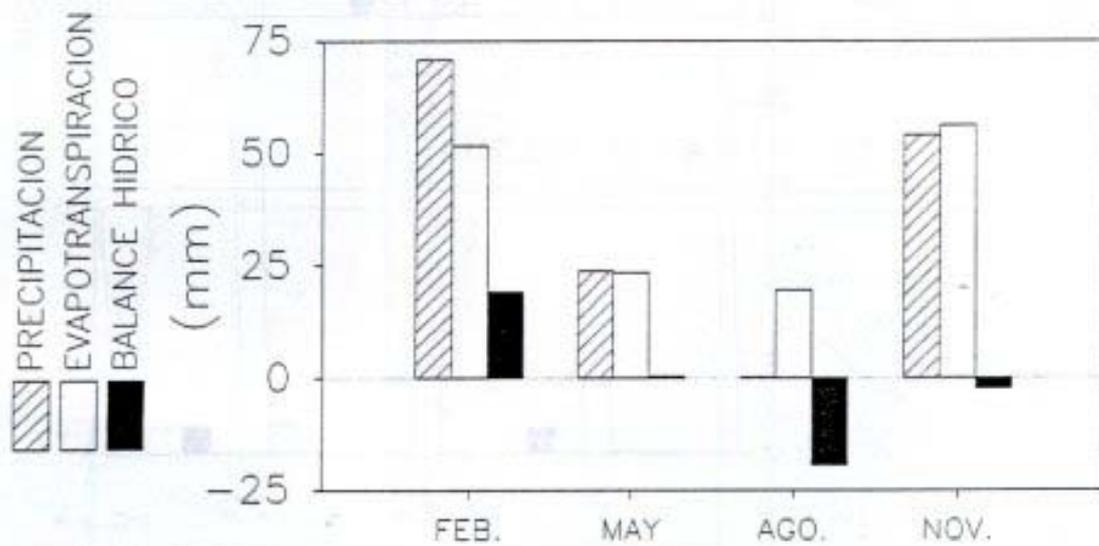


Figura 7. Precipitación, evapotranspiración y balance hídrico correspondientes a la Estación Meteorológica Rocha para los diez días anteriores a cada muestreo.

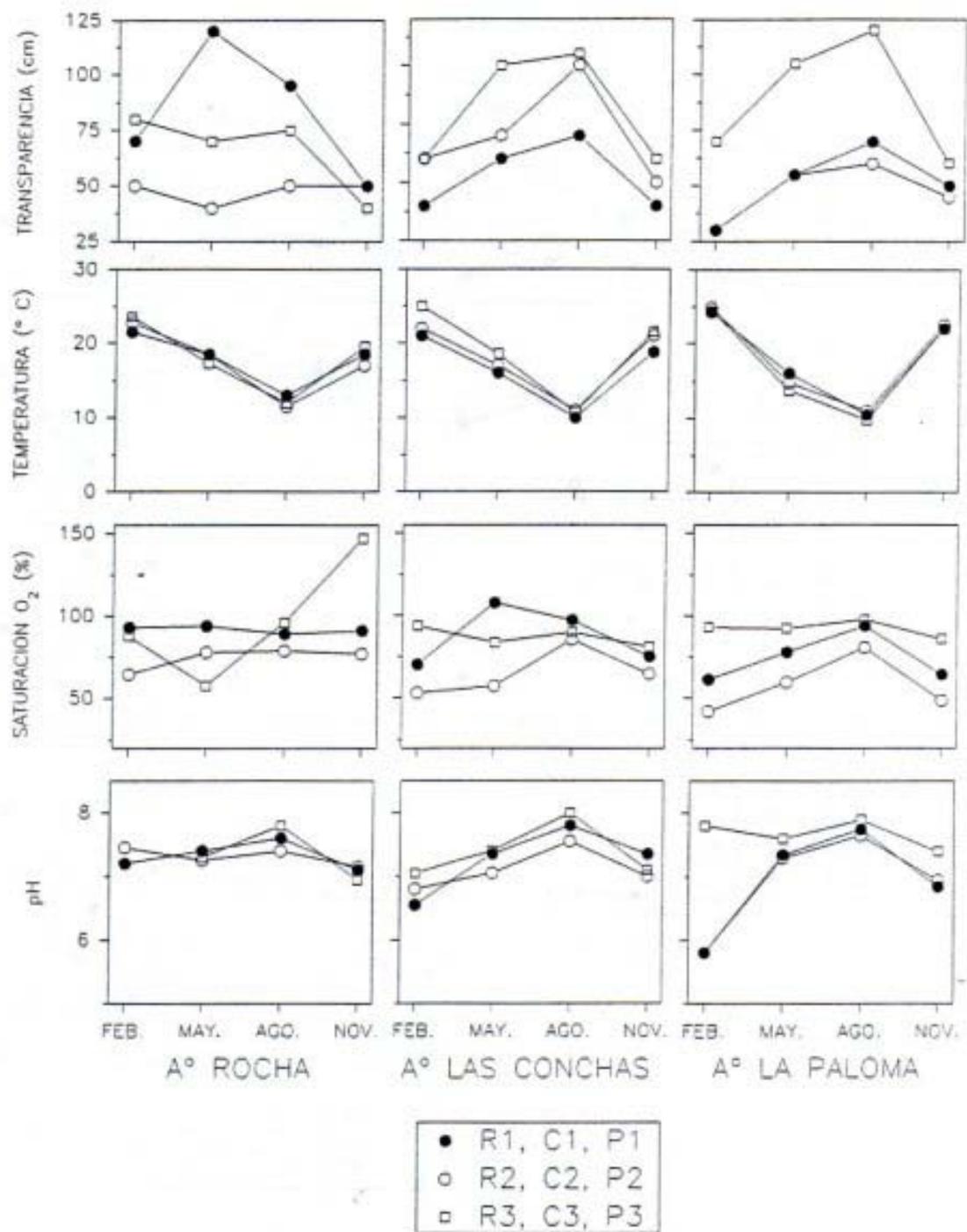


Figura 8. Variación anual de los parámetros físico-químicos del agua. Datos promedios de superficie y fondo, excepto para transparencia, conductividad, sólidos en suspensión y materia orgánica en suspensión, los cuales corresponden sólo a valores de superficie.

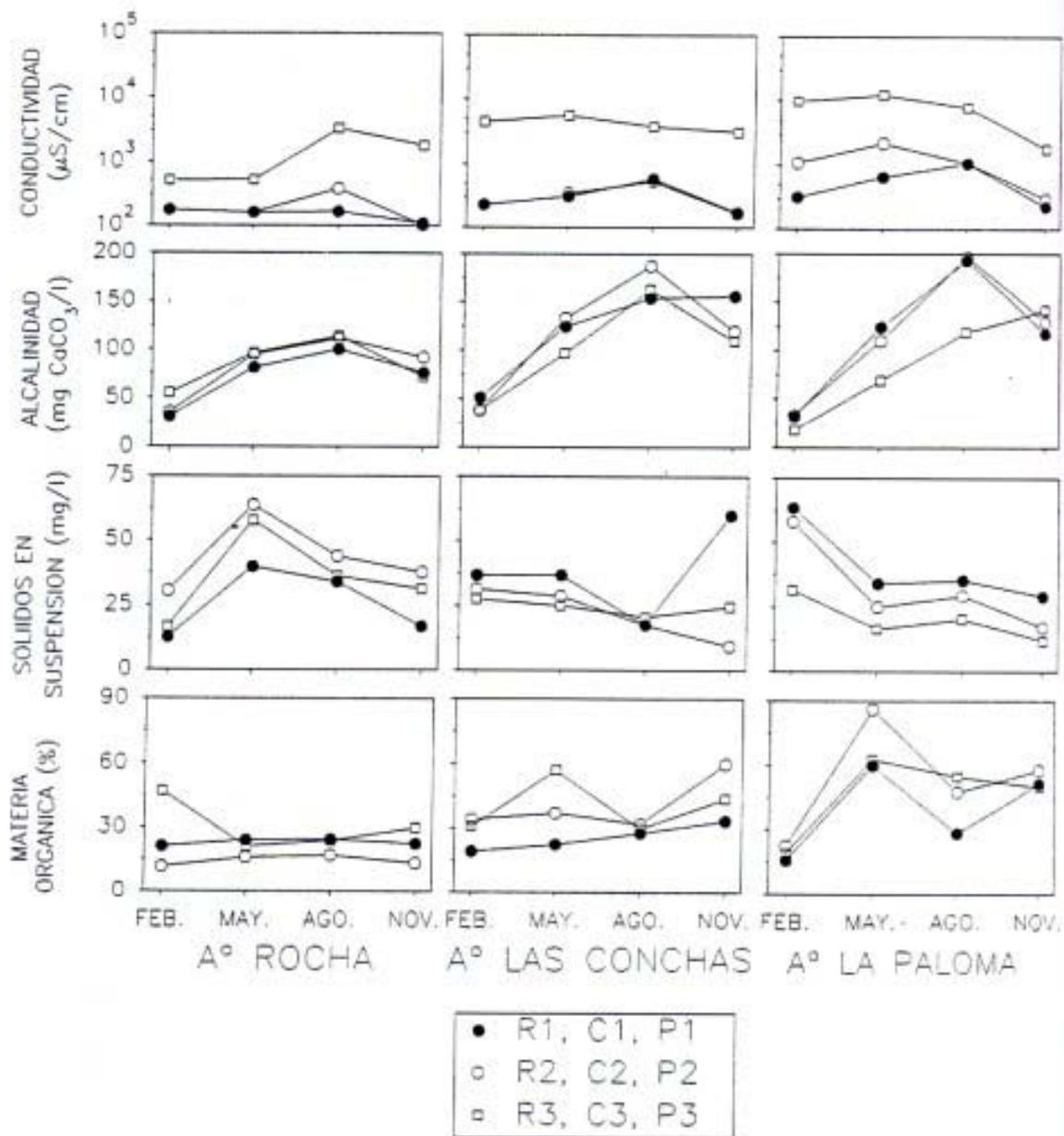


Figura 8 (Cont.). Variación anual de los parámetros físico-químicos del agua. Datos promedios de superficie y fondo, excepto para transparencia, conductividad, sólidos en suspensión y materia orgánica en suspensión, los cuales corresponden sólo a valores de superficie.

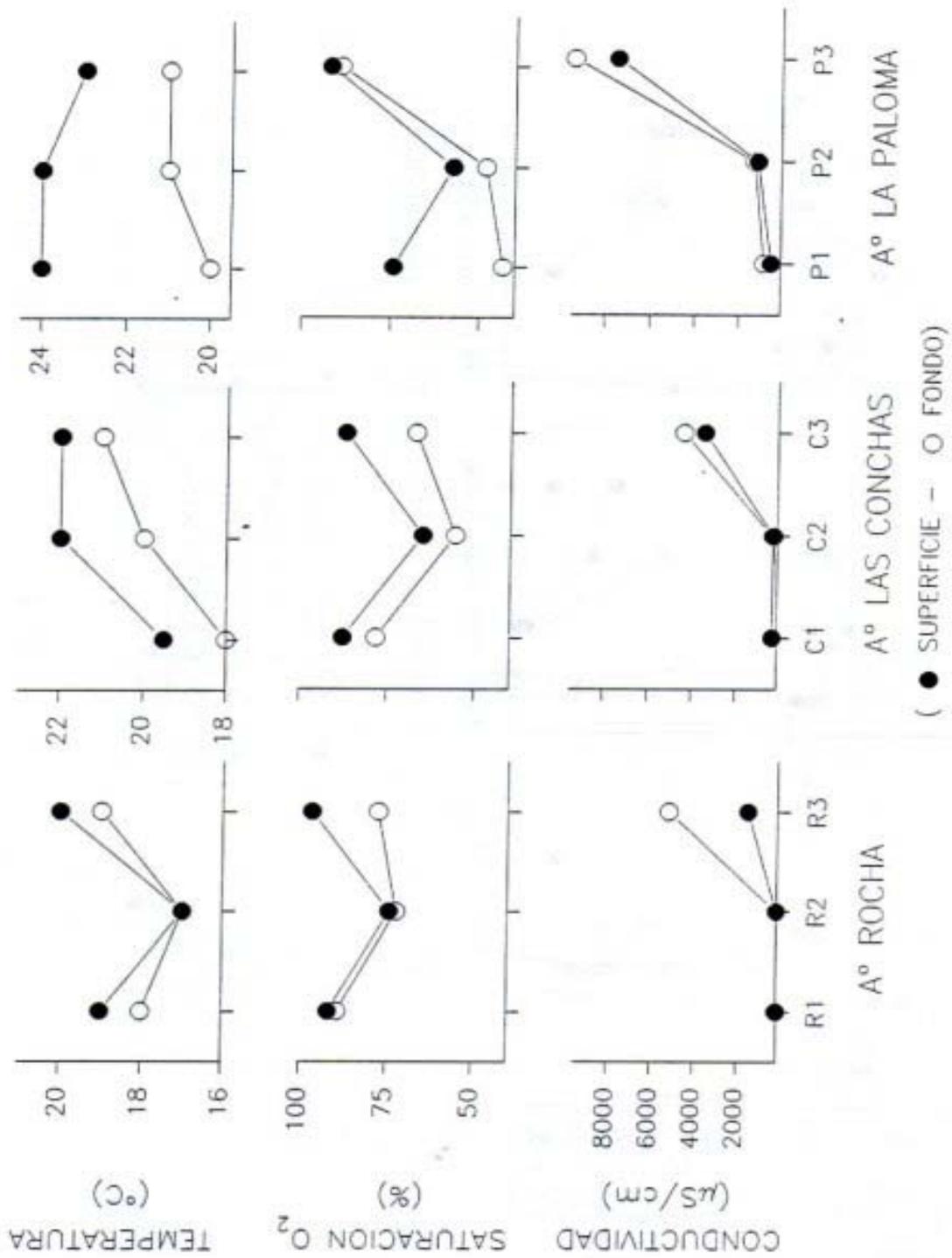


Figura 9. Promedios anuales de superficie y fondo del oxígeno disuelto y de la conductividad, y valores de noviembre para la temperatura.

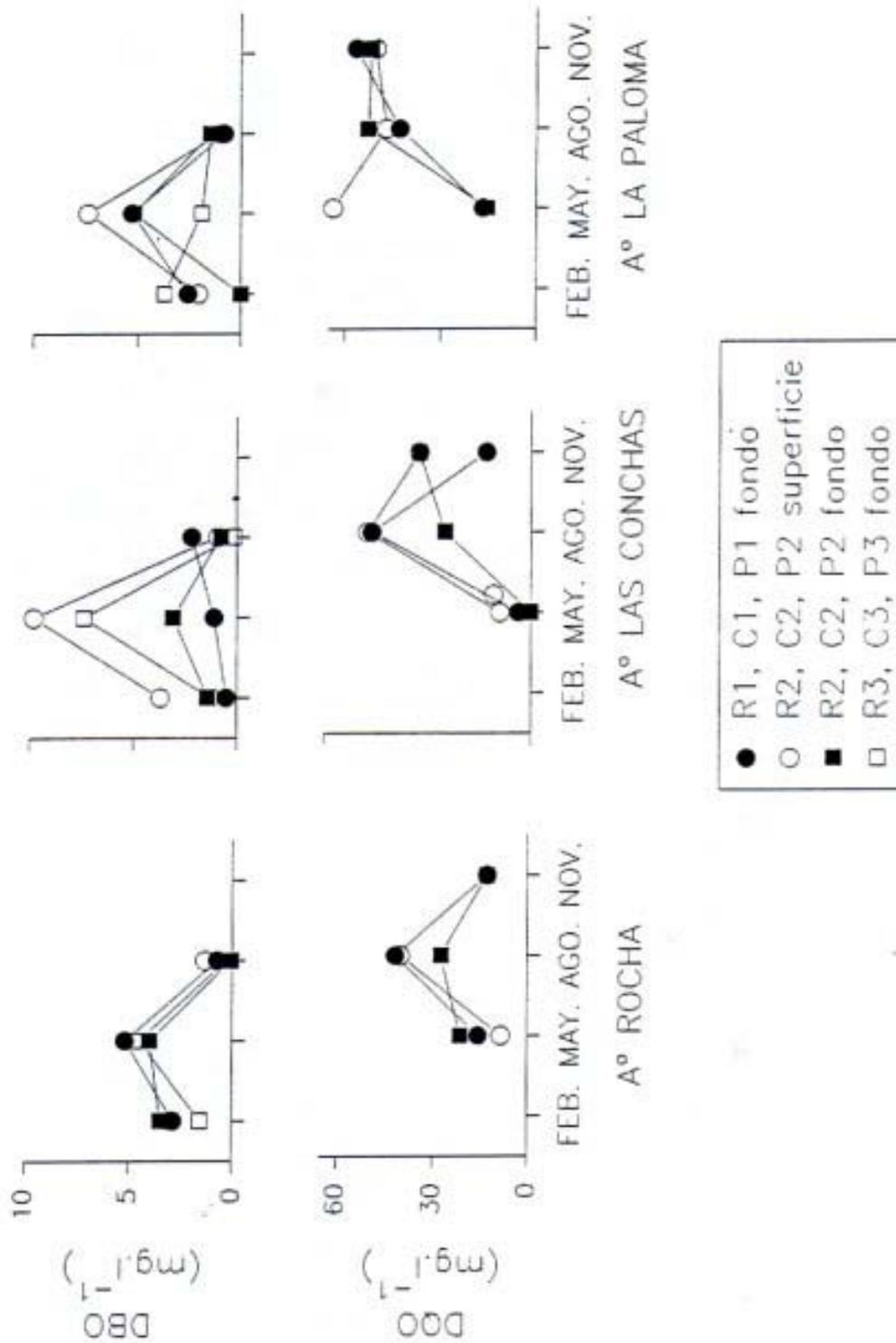


Figura 10. Variación anual de la DBO y DCO en fondo para cada estación y también en superficie para las estaciones R2, C2 y P2.

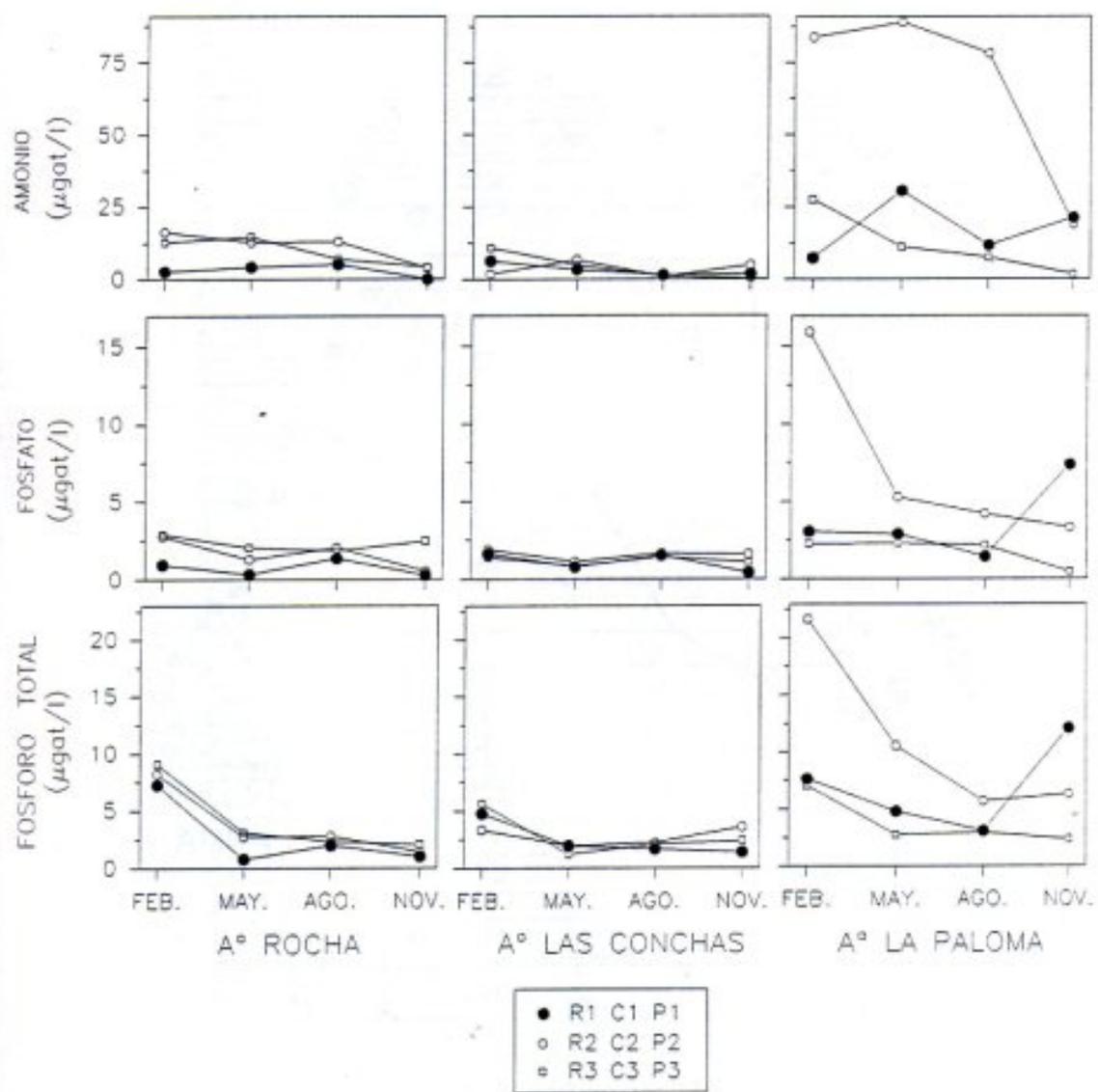


Figura 11. Variación anual de los nutrientes en cada estación. Promedios de superficie y fondo.

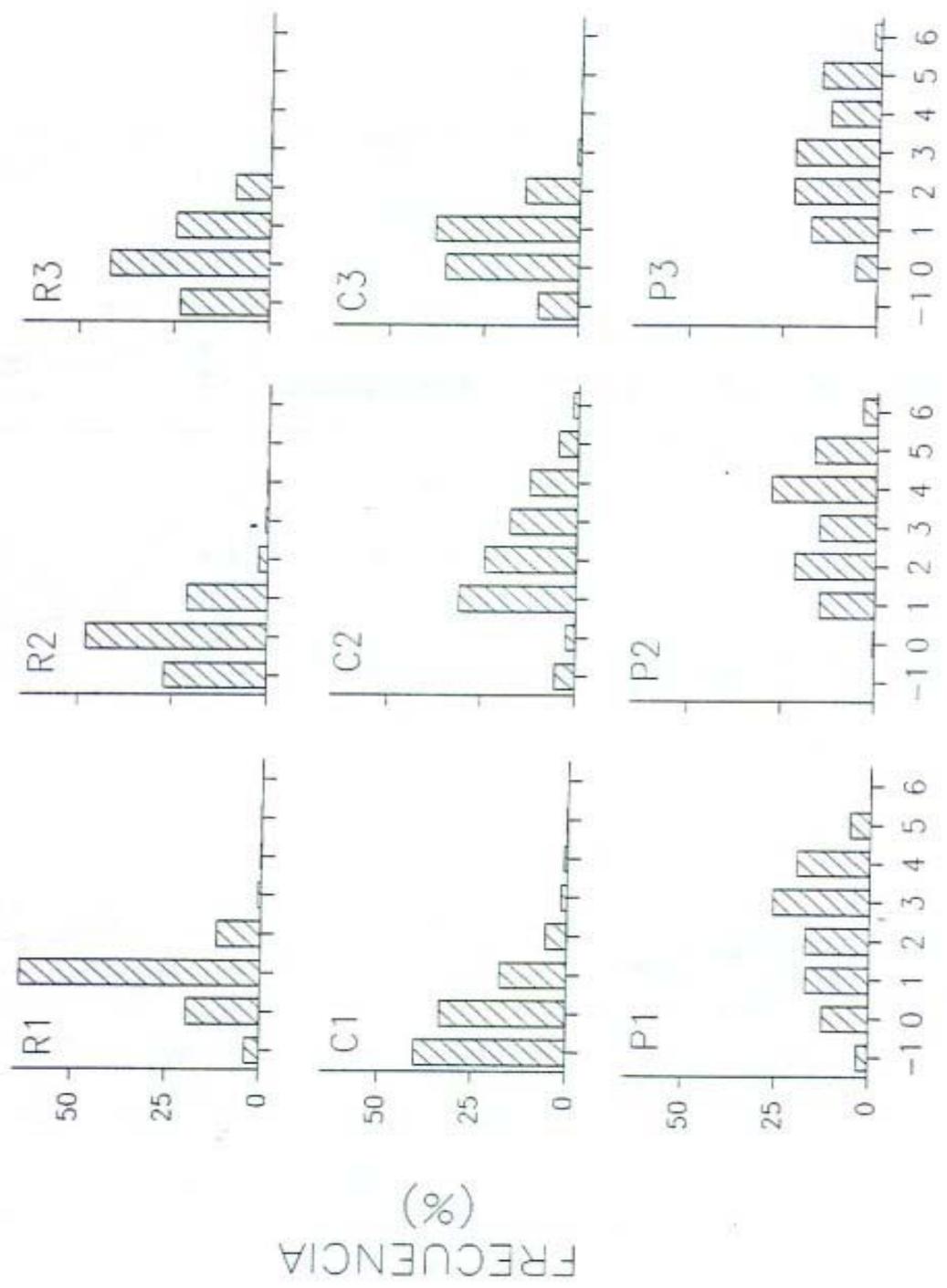


Figura 12. Frecuencia porcentual de las clases de tamaño de grano del sedimento en cada estación de muestreo. Datos correspondientes al muestreo de agosto.

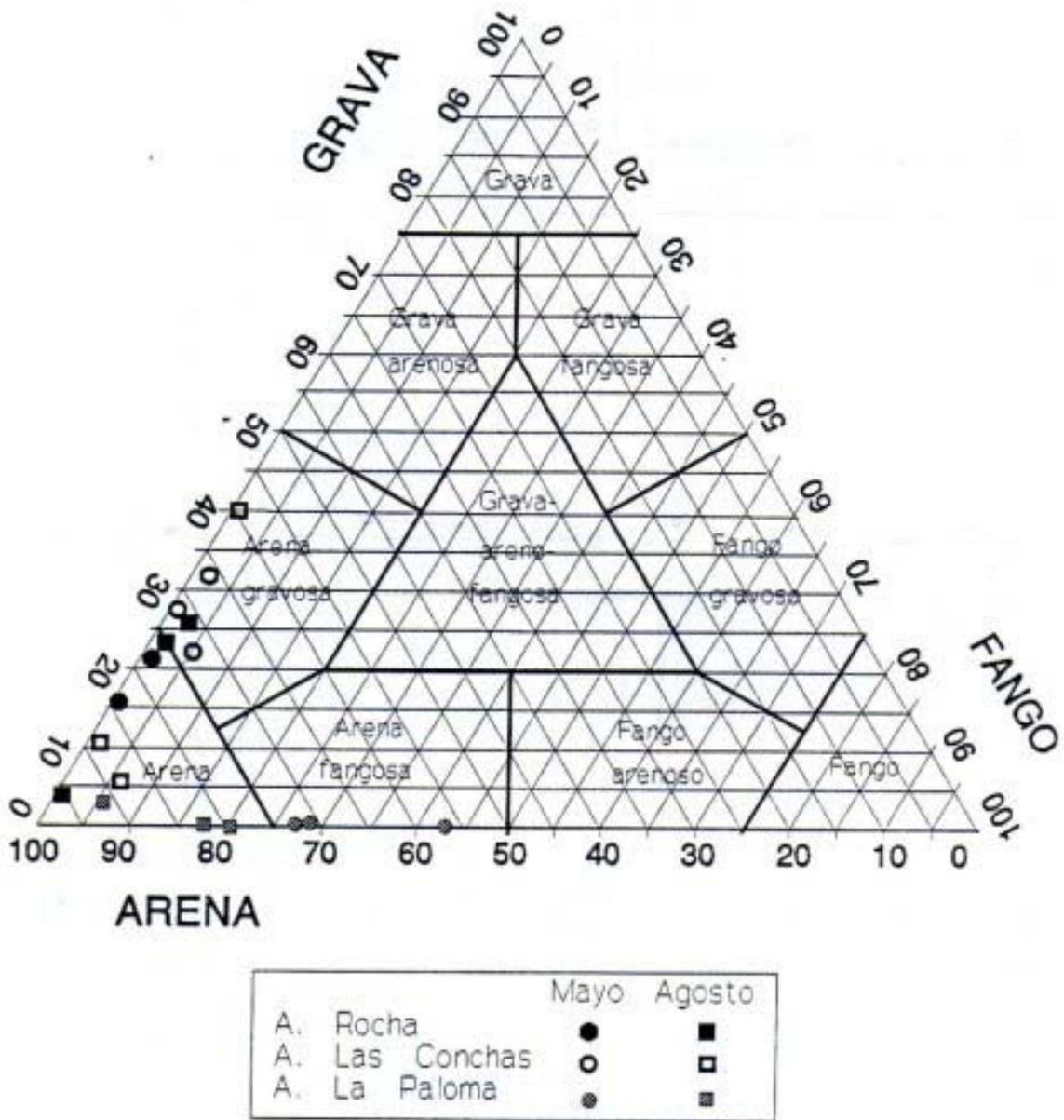


Figura 13. Diagrama de Shepard mostrando la ubicación de las muestras de sedimento obtenidas en agosto, y su denominación.

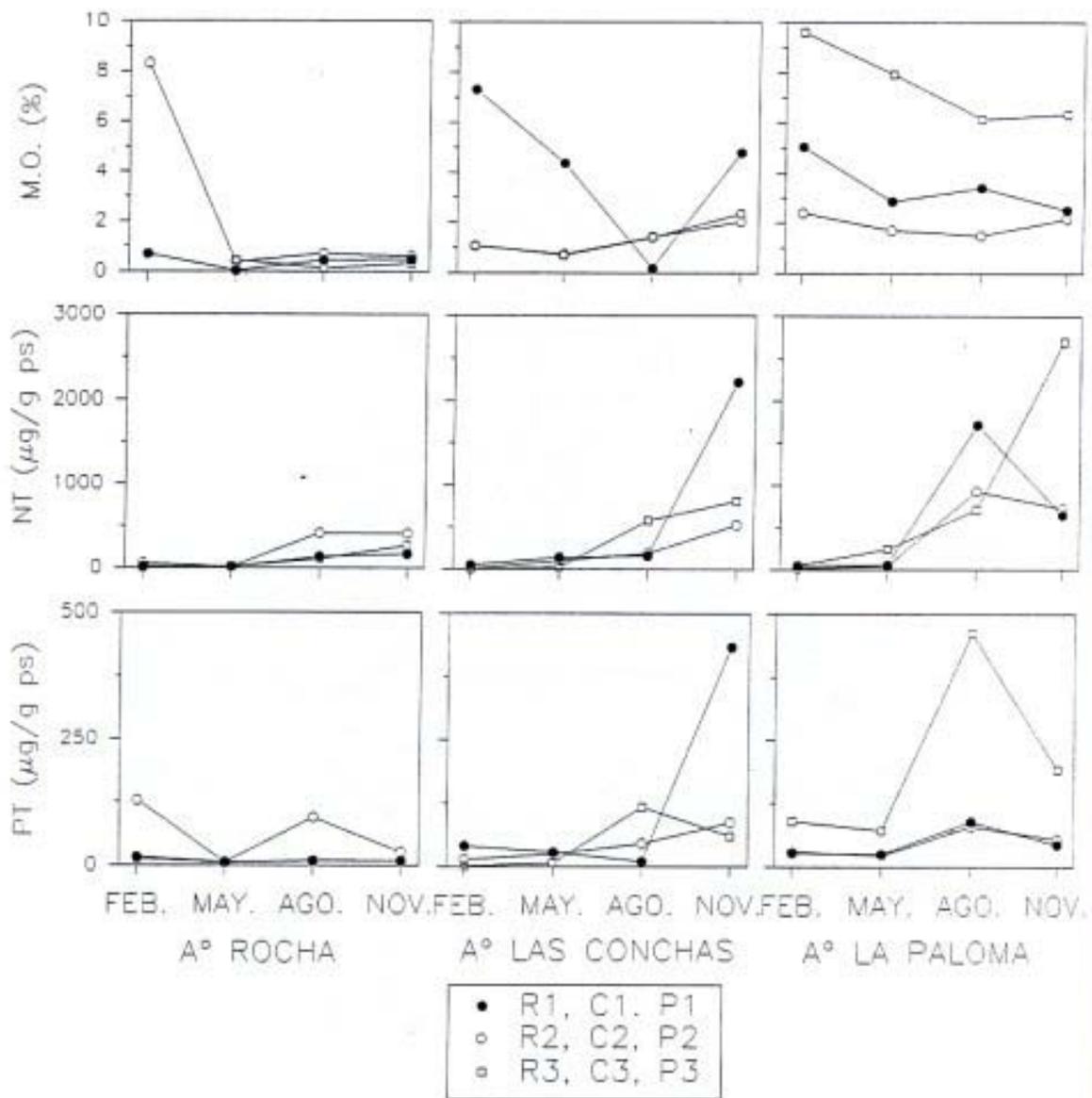


Figura 14. Variación anual del contenido de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo total en el sedimento en las distintas estaciones de muestreo.

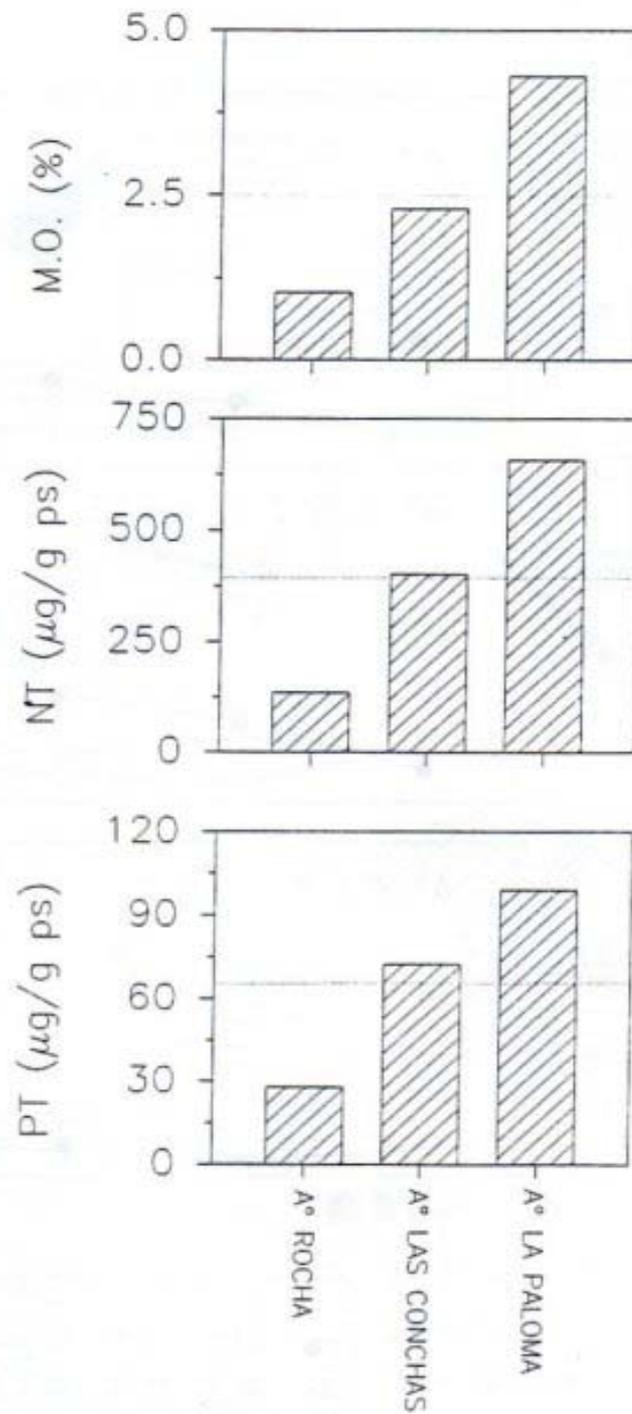


Figura 15. Promedios de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo total en los sedimentos para cada arroyo. Las líneas punteadas indican el promedio de todos los datos registrados durante el período de estudio.

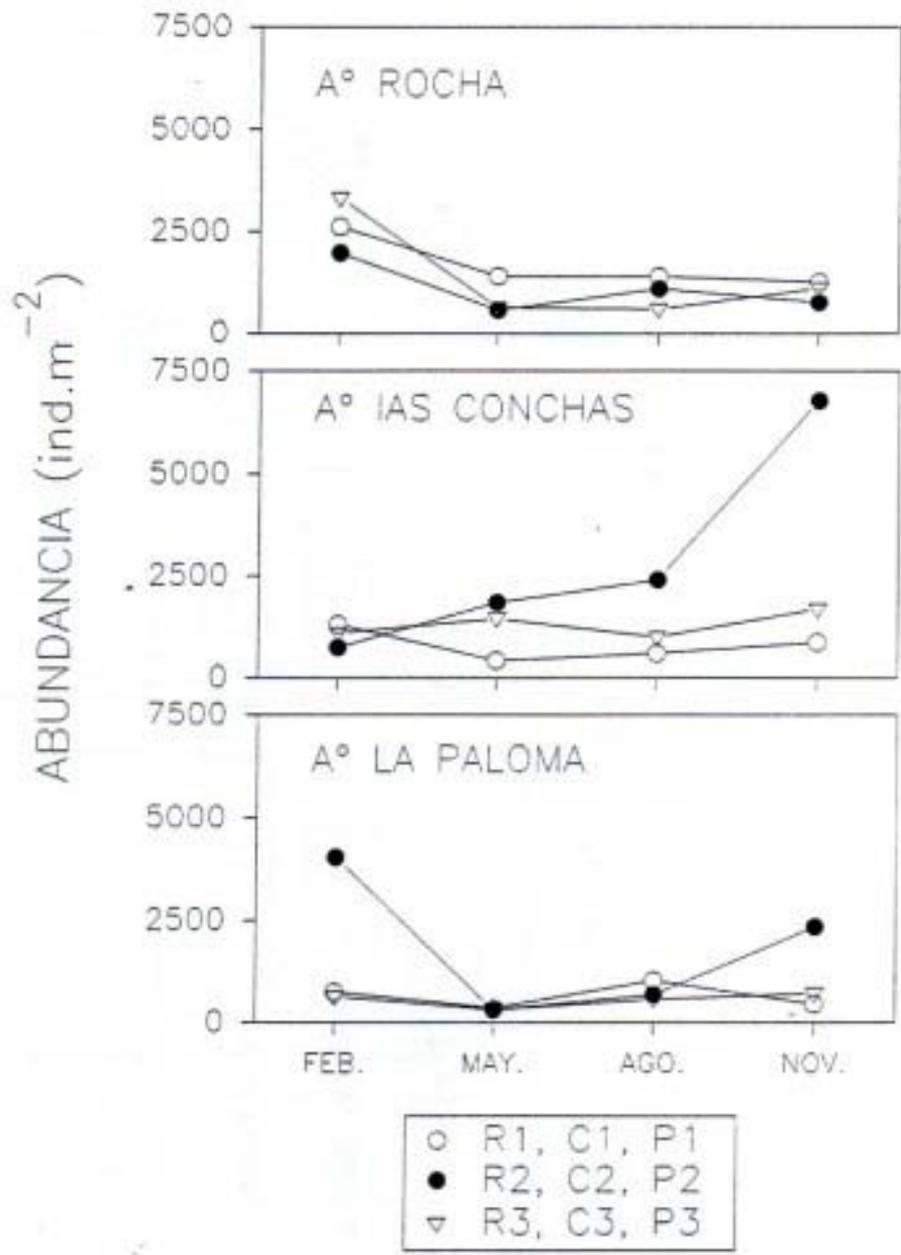


Figura 16. Variación anual de la abundancia total de individuos del macrozoobentos en cada estación de muestreo.

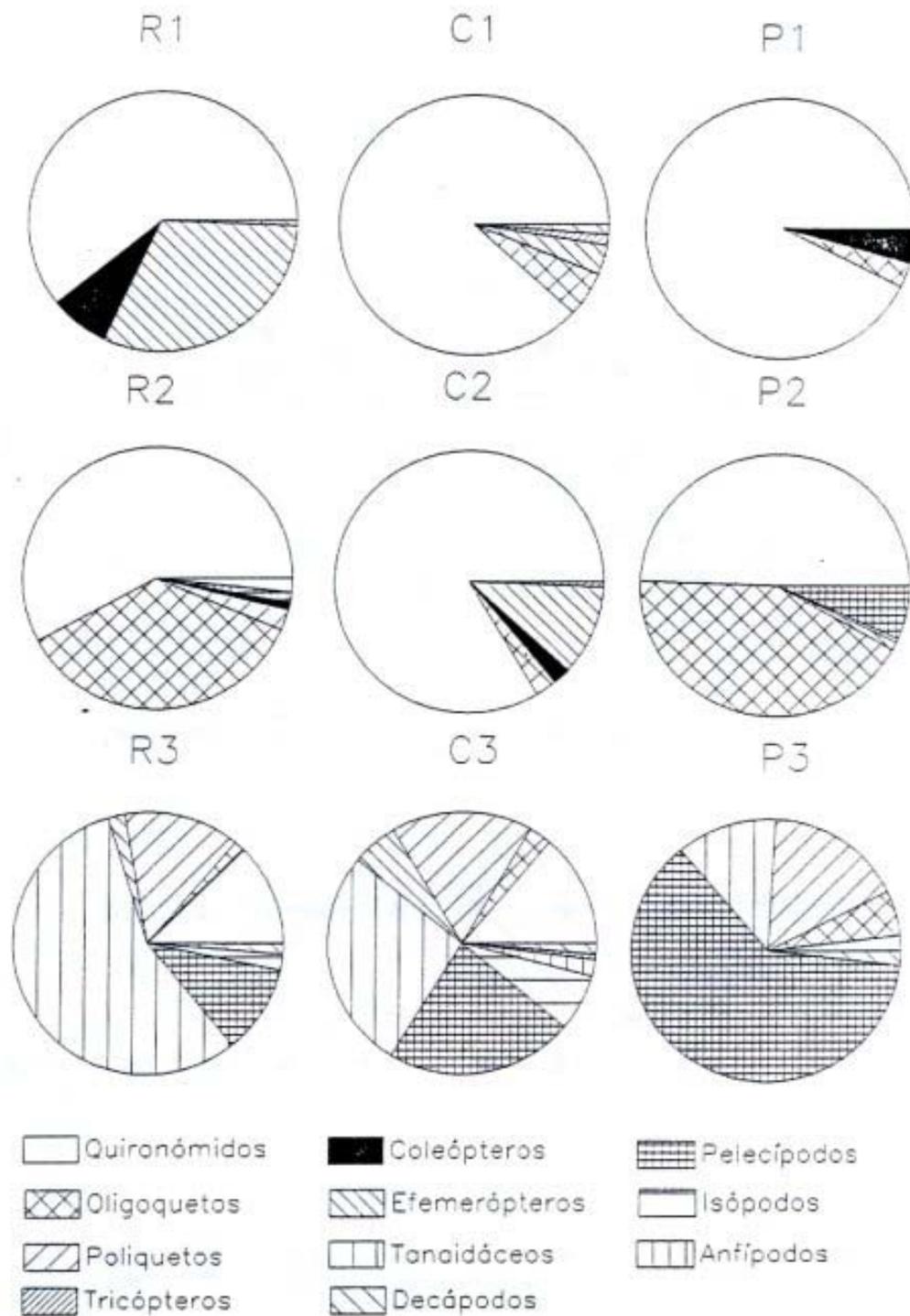


Figura 17. Abundancia relativa de los principales grupos del macrozoobentos en cada estación. Datos integrados de los cuatro muestreos.

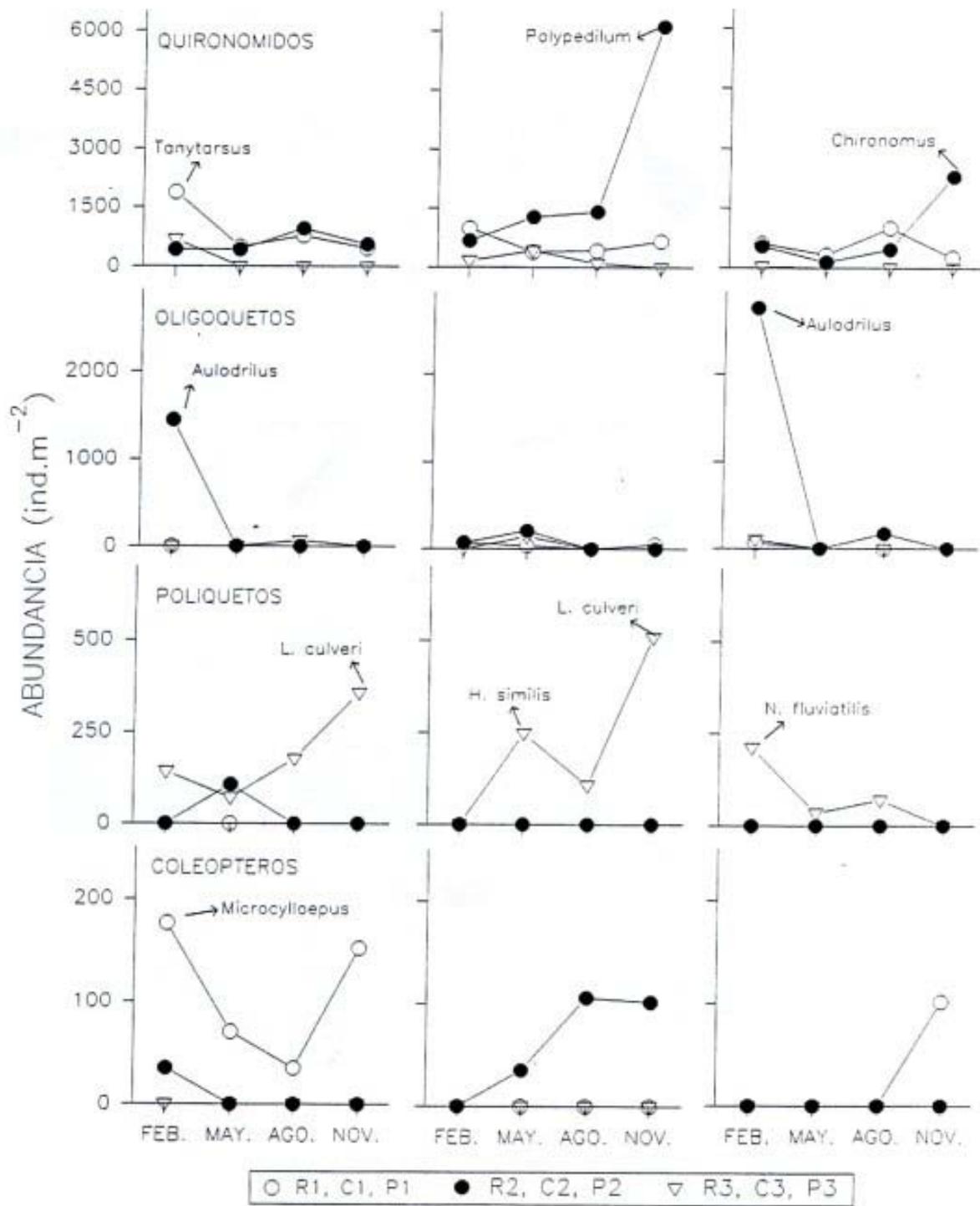


Figura 18. Variación anual de la abundancia de individuos de los principales grupos en cada estación, con indicación de los géneros dominantes.

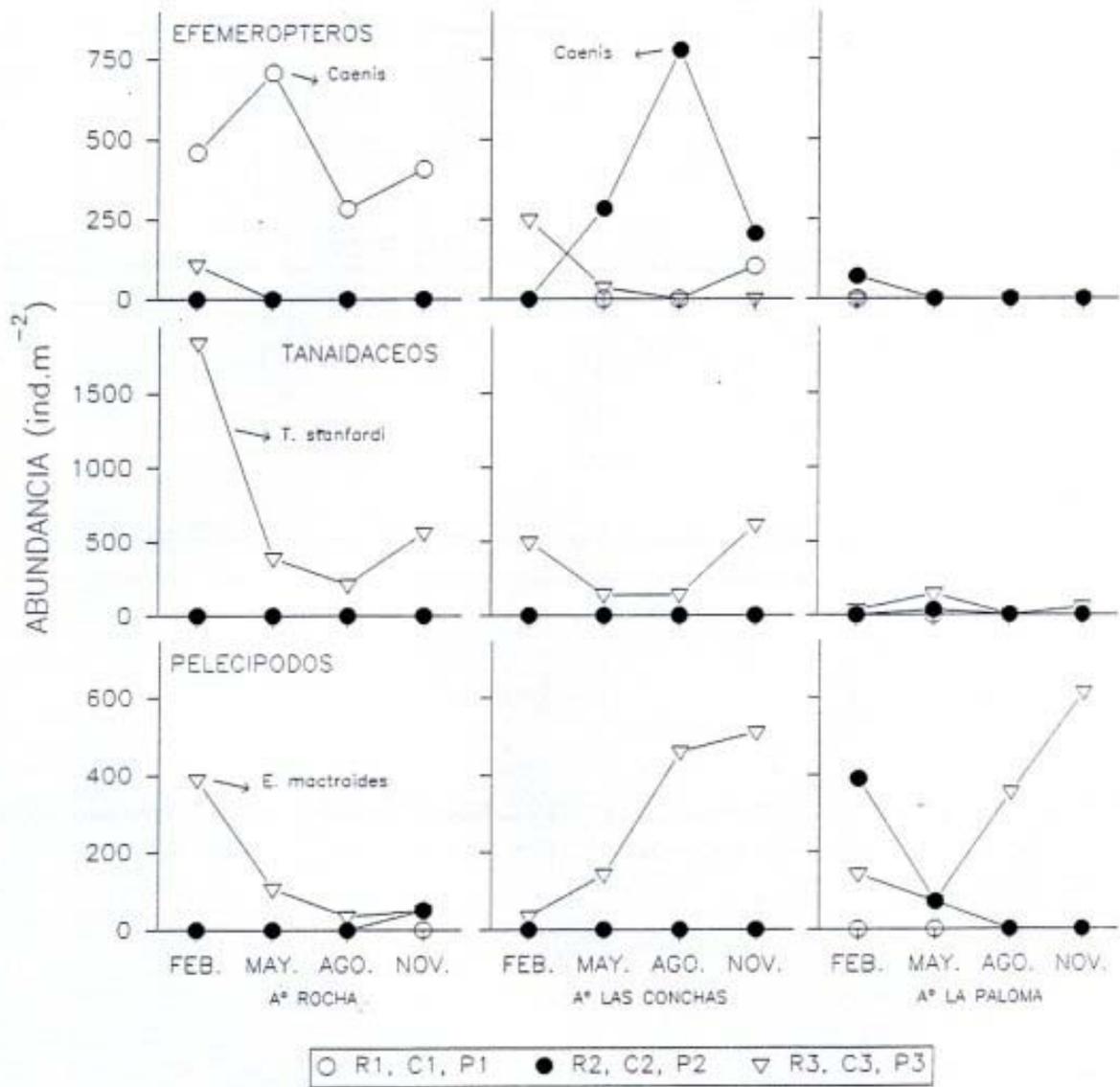


Figura 18 (cont.). Variación anual de la abundancia de individuos de los principales grupos en cada estación, con indicación de los géneros dominantes.

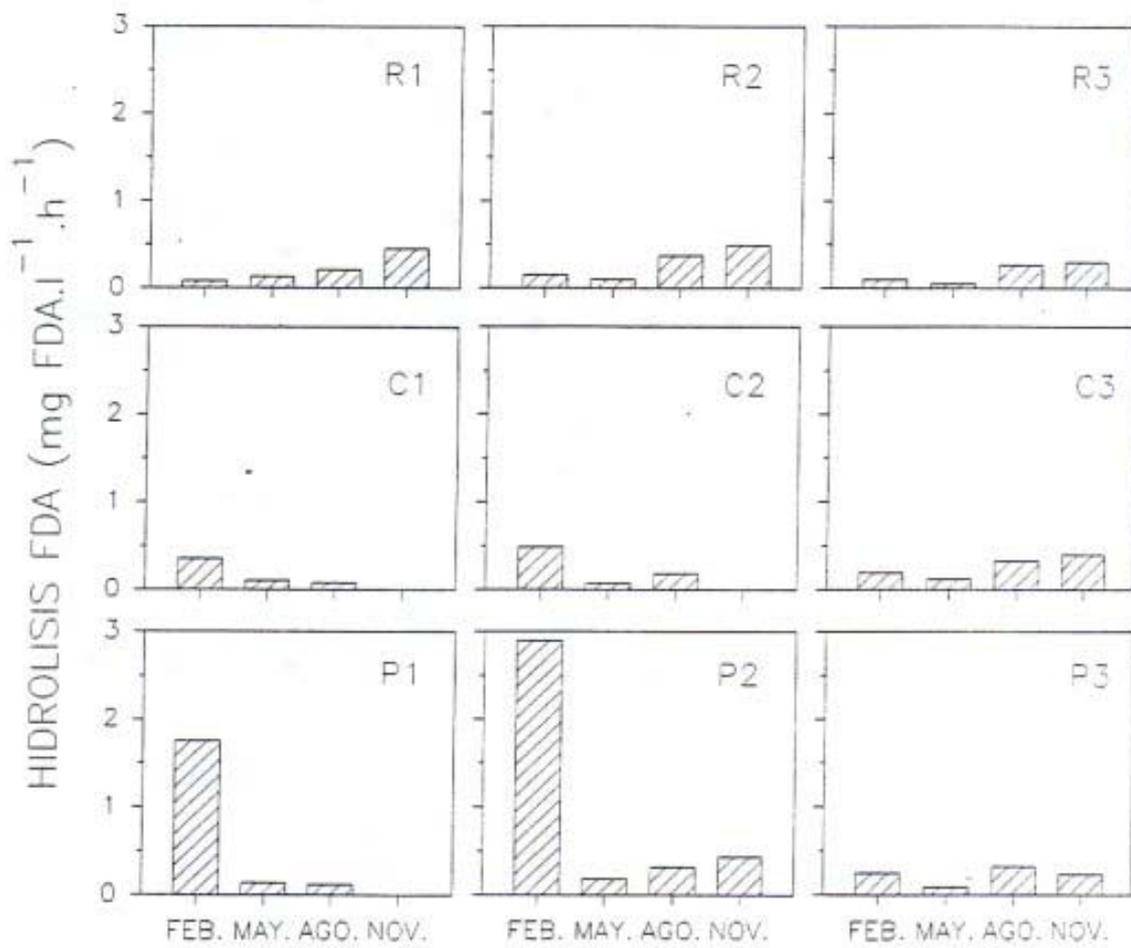


Figura 19. Variación anual de la actividad heterotrófica microbiana (hidrólisis de FDA) en cada estación.