

IMPACTOS DE ORIGEN AGRARIO Y URBANO EN LA CUENCA DEL RIO ULLA

F. MACÍAS¹, E. ALVAREZ RODRÍGUEZ¹ y R. CALVO DE ANTA¹

RESUMEN

Se estudia el impacto de vertidos de origen agrario y urbano en la cuenca del río Ulla, incidiéndose fundamentalmente en la naturaleza del propio aporte, su efecto en el lugar de impacto y el poder de recuperación del río por autodepuración y dilución. Los vertidos agrarios, fundamentalmente de origen difuso, provocan un descenso de la calidad del agua por exceso de microorganismos e incremento en el contenido de sustancias orgánicas oxidables, fosfatos, sulfatos, amonio y nitritos, no obstante ser elevado el poder de recuperación del río. Los vertidos urbanos, sobre todo los de Santiago, causan un impacto muy importante (coliformes fecales, DQO, % oxígeno, materia orgánica, nitritos, amonio...) en el río Sar, que no logra recuperarse en todo su recorrido hasta el Ulla.

INTRODUCCION

La composición de las aguas de los ríos es función de un gran número de factores ambientales, tales como cantidad y distribución de la precipitación, temperatura, vegetación, naturaleza del sustrato litológico y edáfico, drenaje, relieve..., que dan lugar a una serie de equilibrios biogeoquímicos que controlan la concentración y distribución de las distintas sustancias dentro de unos márgenes, variables en el tiempo, pero relativamente característicos para cada tipo de ambiente natural.

En Galicia, las elevadas precipitaciones, el acusado relieve, la intensa cobertura vegetal, la escasez de reservorios de aguas subterráneas y, sobre todo, la presencia de suelos lavados, ácidos y con altos contenidos de aluminio activo, originan ríos con aguas de baja conductividad eléctrica, pH próximo a la neutralidad y pobres, tanto en material en suspensión como en nutrientes nitrogenados y fosfatados. Por otra parte, el elevado nivel de oxígeno es una característica importante relacionada con la pobreza en sustancias orgánicas oxidables y la elevada renovación de gases disueltos impuesta por la movi-

lidad de las aguas y la temperatura relativamente baja.

Estas condiciones naturales son modificadas por las actividades humanas, llegando en algunos casos a provocar serios problemas de calidad de agua para los usos potenciales. Como un ejemplo de los distintos tipos de impactos y de sus efectos se ha estudiado el río Ulla, centrando la atención en las modificaciones producidas por las actividades agrarias y entidades de población en este estudio y los efectos industriales y mineros en otro posterior.

Con 2.764 km², la cuenca del río Ulla es, después de la del Miño, la segunda en extensión de las existentes en Galicia.

Sus tramos inicial y final discurren por terrenos pobres en bases, pizarras y granitos, respectivamente, mientras que en su parte media atraviesa esquistos biotíticos y varios tipos de rocas básicas (anfíbolitas, gneises básicos...). Los suelos son ácidos (pH 4,5-5,5), pobres en cationes alcalinos y alcalinotérreos y ricos en Al, elemento que domina en el CEC y/o aparece ligado a la materia orgánica. El espesor es variable, desde suelos esqueléticos (<30 cm) a otros profundos y relativamente ricos en arcillas caoliníticas y oxi-hidróxidos de Fe; el drenaje suele ser bueno y los sistemas dominantes son abiertos y fuertemente sustractivos. La disolución del suelo es muy diluida, con una conductividad eléctrica que rara vez supera los 0,2 mmhos/cm (CALVO *et al.*, 1987).

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela.

* Las determinaciones microbiológicas se han realizado en el Departamento de Microbiología de la Facultad de Biología. Universidad de Santiago.

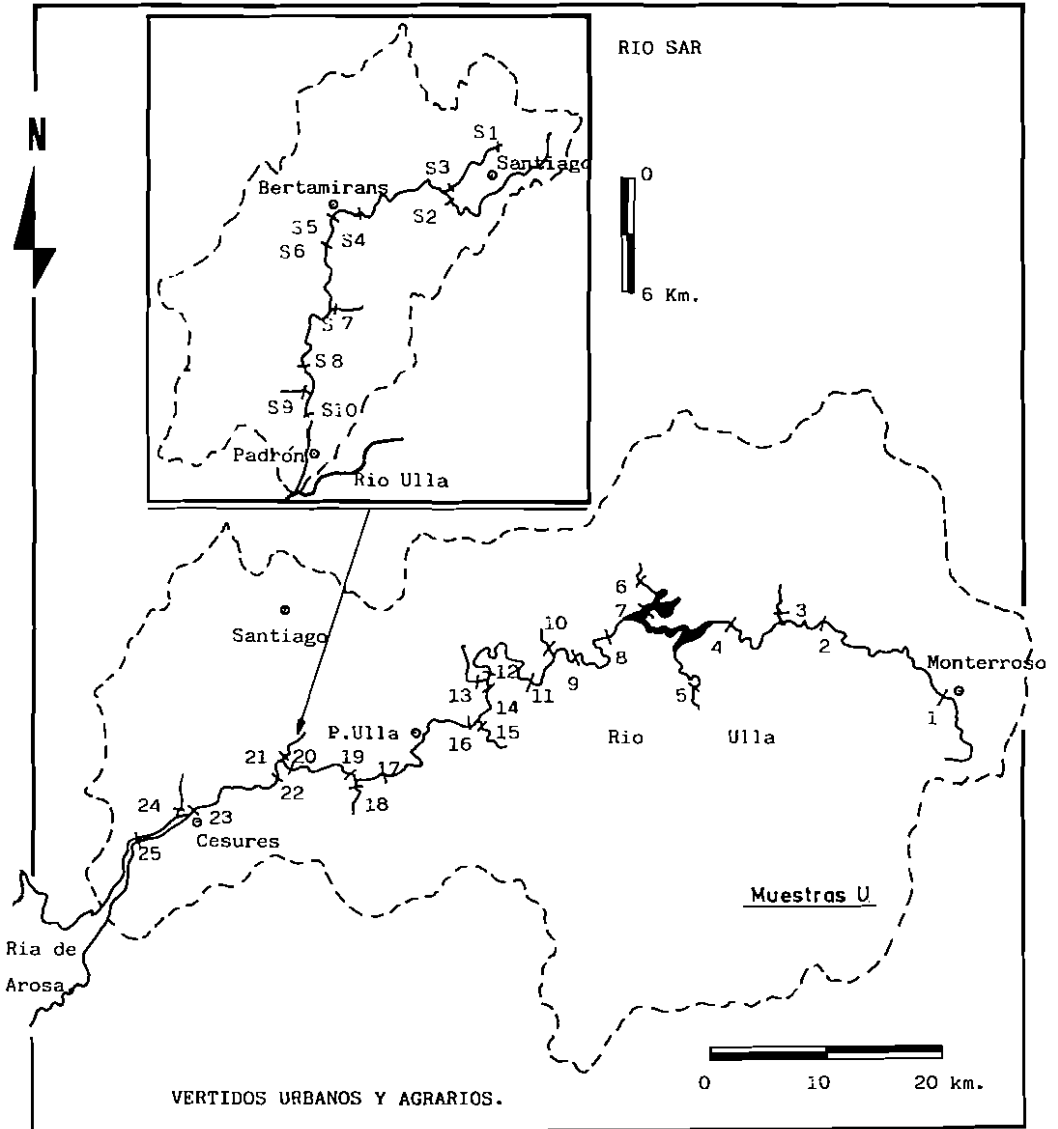


Fig. 1. Localización de los puntos de muestreo en la cuenca del Ulla.

MATERIAL Y METODOS

Se recogen en cinco ocasiones, en el período de mayo a agosto de 1988, muestras de vertidos urbanos y de entidades con neto predominio de las actividades agrarias y de las aguas de la cuenca del río Ulla, cuya localización se indica en la Figura 1.

En las muestras se analiza pH, conductividad eléc-

trica, Eh, DQO, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^- , AL^{3+} , materia orgánica, O_2 , % O_2 , Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, coliformes totales y fecales y bacterias aerobias (a 37 y 25° C)*. En los Anexos 1 y 2 se presentan los intervalos y los valores medios obteni-

* Las determinaciones microbiológicas se han realizado en el Dpto. de Microbiología de la Fac. de Biología. Univ. de Santiago.

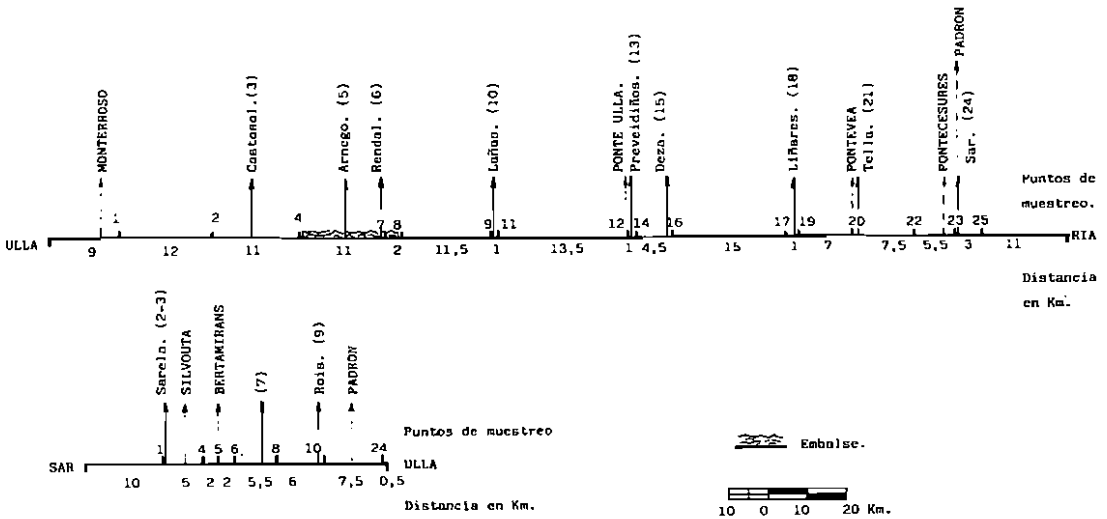


Fig. 2. Puntos de muestreo y situación de los vertidos y arroyos en las cuencas del Ulla y Sar.

dos, aun cuando para la discusión de los resultados se tienen en cuenta todos los valores y la frecuencia de aparición de niveles limitantes. Las determinaciones analíticas, legislación e interpretación utilizadas son los mismos de ALVAREZ *et al.* (1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Contaminación de origen agrario: fuentes puntuales y difusas

La selección de zonas del río como referencia de aguas no contaminadas resulta difícil por la existencia, prácticamente continua, de un gran número de pequeñas entidades de población rural, con predominio casi exclusivo de las actividades agronómicas. Su incidencia puede estimarse indirectamente a partir de datos como porcentaje de superficie labrada, carga ganadera, existencia e importancia de mercados de ganado o mataderos, etcétera, de los que se dispone de datos a nivel municipal. La ponderación de estos parámetros se ha realizado jerarquizando los valores obtenidos según cuatro categorías, obteniéndose como resultado una formulación característica para cada municipio, que se recoge en la Figura 3, de donde se deduce un mayor impacto potencial en los tramos medio e interior del Ulla.

Sin embargo, dado que en estos tramos se produce una confluencia de diferentes actividades (mineras, industriales...) hemos considerado conveniente caracterizar el efecto rural-agrario, de escasa actividad y origen difuso, en el curso alto, donde el vertido de Monterroso (población de unos 2.000 habitantes, con importante feria y concentración de ganado) es el impacto puntual de mayor significación. Esto permite seleccionar al punto 5 como valor de referencia, puesto que recoge aguas que discurren por áreas muy poco pobladas (los datos analíticos confirman que es el agua de mejor calidad) y al punto número 1 como el más afectado por los vertidos, pudiendo seguirse la capacidad de autodepuración en el sentido de las muestras 1, 2 y 4 (23 km). Las muestras 3 y 6 reflejan el impacto de las poblaciones de Arzúa y Mellid, si bien tras un cierto recorrido y una importante disminución de sus efectos por dilución y autodepuración.

El vertido de Monterroso (Tabla I) aporta al río Ulla una importante carga microbiana que eleva los coliformes fecales a valores más de 50 veces superiores a los normales y obligaría a un tratamiento de tipo A3 (físico-químico intensivo, afino y desinfección) si se quiere utilizar el agua del Ulla en este tramo (U-1 y U-2), al tiempo que disminuye de modo importante la calidad del agua para actividades recreativas y usos agrícolas (riego). Su

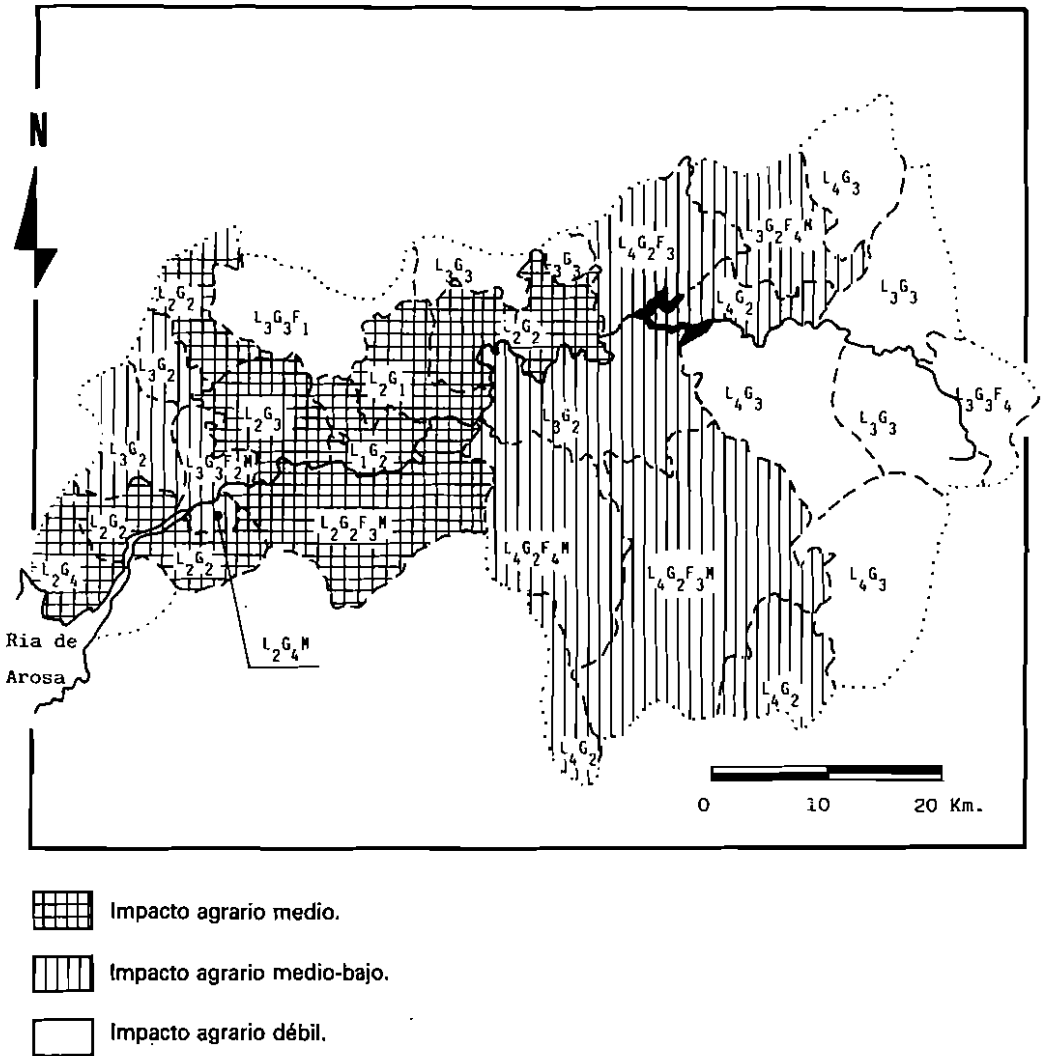


Fig. 3. Estimación del impacto potencial derivado de las actividades agrarias (datos municipales referidos al contexto de Galicia):
 L: superficie labrada ($L_1 > 20\%$; $L_2 = 15-20\%$; $L_3 = 10-15\%$; $L_4 \leq 10\%$).
 G: carga ganadera de vacuno ($G_1 > 0,50$; $G_2 = 0,35-0,50$; $G_3 = 0,20-0,35$; $G_4 < 0,2$).
 F: existencia de ferias o mercados agrícolas ($F_1 > 100.000$ visitantes; $F_2 = 40-100.000$; $F_3 = 25-40.000$; $F_4 < 25.000$).
 M: existencia en maraderos.

contenido de materia orgánica, relativamente alto, produce un ligero incremento de ésta (0,50, frente a 0,38 mEq/l) y de la DQO (5,3-8,3, frente a 1,9), así como pequeños incrementos de los contenidos de NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y Cl^- . El bajo nivel de O_2 (1,5 ppm) y del Eh (151 mvol) del vertido queda rápidamente compensado por efecto de

la dilución y la buena renovación de O_2 , por lo que únicamente en el punto número 1 se aprecia un pequeño descenso de la calidad por estos conceptos.

En un recorrido de unos 12 km hasta el punto 2, casi todos los parámetros se aproximan a la mues-

TABLA I

DATOS ANALITICOS DEL RIO ULLA EN LAS ZONAS CON CONTAMINACION AGRARIA DE ORIGEN DIFUSO (Valores medios)

Parámetros	Muestra de referencia sin impactos puntuales significativos	Vertido de Monterroso	Zona de influencia del vertido puntual de Monterroso (autodepuración)		
	U-5		U-1	U-2	U-4
CE ($\mu\text{mhs/cm}$)	57,6	1.300	65,4	68,1	81,3
pH	7,2	7,3	6,8	7,2	7,5
Eh (mvol)	411	151	422	410	408
O ₂ (ppm)	9,6	1,5	8,7	9,8	9,7
% O ₂	98	17,3	95	100	98
M.O. (mEq/l)	0,38	6,6	0,58	0,51	0,46
DQO (Mg/l)	1,9	461	5,3	8,3	4,2
NO ₃ ⁻ (ppm)	1,19	2,83	1,28	1,13	1,22
NO ₂ ⁻ (ppm)	0,03	0,21	0,05	0,03	0,03
NH ₄ ⁺ (ppm)	0,39	21,20	0,57	0,41	0,38
PO ₄ ⁻ (ppm)	0,03	19,80	0,16	0,09	0,07
SO ₄ ⁻ (ppm)	2,2	19,8	4,1	3,5	4,5
Cl ⁻ (ppm)	6,5	120	16,5	9,2	7,6
C.t./100	15,2	1.500	40	39	4,8
C.f./100	0,07	750	3,7	6,5	0,3
B 37° C/100 ml	8,9	1.933	10,2	13,9	1,4
B 25° C/100 ml	13,0	3.266	4,4	22,2	12,9

M.O. =% materia orgánica.

C.t. =(coliformes totales/100 ml) • (x10³).C.f. =(coliformes fecales/100 ml) • (x10³).B 37° C=(bacterias aerobias a 37° C) • (x10³).B 25° C=(bacterias aerobias a 25° C) • (x10³).

tra de referencia y en 23 km (distancia 1-4) sólo la DQO, el contenido de materia orgánica y la concentración de fosfatos siguen presentando una elevación significativa (Fig. 4).

En síntesis, los efectos de la contaminación rural en un medio de baja actividad agronómica de Galicia se caracterizan por una importante pérdida de calidad del agua para fines de potabilización por exceso de microorganismos, una ligera elevación de los parámetros ligados a la presencia de sustancias orgánicas oxidables y un cierto incremento de fosfatos, sulfatos, amonio y nitritos, pudiendo ser estos últimos limitantes para especies muy sensibles. La buena capacidad de renovación del O₂ y el abundante caudal permiten una autodepuración relativamente rápida, siempre que no exista un aporte continuado de poluentes a lo largo de la cuenca. La depuración de los vertidos de mayor importancia (Monterroso, Mellid, Arzúa) y el control en la utilización de los abonos orgánicos (purines...), teniendo en cuenta la capacidad de reten-

ción y autodepuración de los suelos, debería ser suficiente para corregir estos impactos.

Contaminación urbana

Los vertidos urbanos presentan una composición que varía entre amplios márgenes, según la hora del día en que son recogidos y el tipo de actividades dominantes en la población. En la cuenca del Ulla el foco puntual de mayor importancia es el constituido por la ciudad de Santiago, con una población de hecho en torno a los 105.000 habitantes y una escasa actividad industrial. Existen vertidos directos al río Sar en algunos puntos, pero en su mayoría son enviados a la depuradora de Silvouta, donde, tras una separación física simple y una pequeña aireación, una gran parte es devuelta al río Sar por insuficiencia en la capacidad de tratamiento de la depuradora (muestra VS1). El volumen depurado se añade también al Sar (VS2) aguas arriba del punto de muestreo S-4.

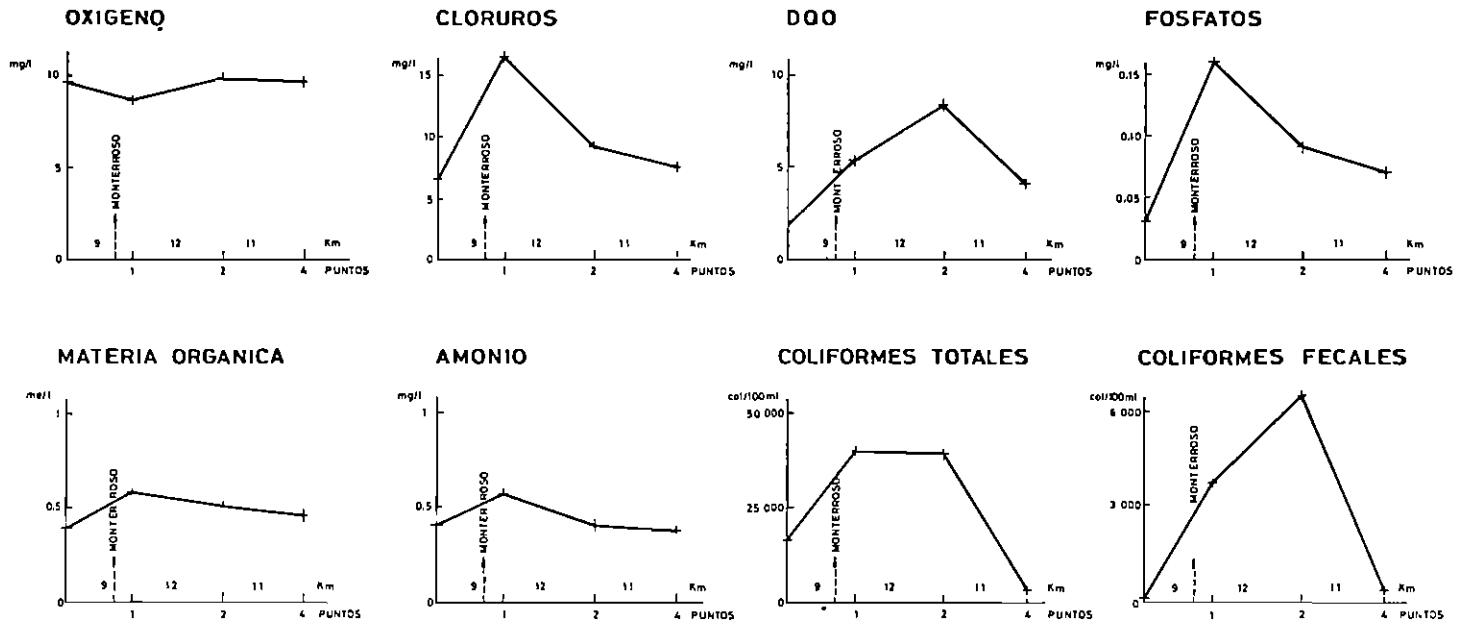


Fig. 4. Evolución de algunos parámetros de calidad de agua en el río Ulla, aguas abajo del impacto puntual de Monterroso (actividades agrarias dominantes).

TABLA II
COMPOSICION DE VERTIDOS URBANOS EN LA CUENCA DEL RIO ULLA

Parámetros	SANTIAGO				PADRON		BERTAMIRANS		PONTE ULLA		PONTECESURES	
	VS1		VS2		Vp		VB		VV		VG	
	V. medio	Intervalo	V. medio	Intervalo	V. medio	Intervalo	V. medio	Intervalo	V. medio	Intervalo	V. medio	Intervalo
CE (µS/cm)	547	411-769	538	417-700	597	430-723	347	292-403	1.189	1.071-1.266	775	558-990
pH	6,9	6,5-7,1	7,3	7,2-7,4	7,3	7,2-7,3	6,9	6,7-7,1	7,2	7,1-7,2	7,2	7,1-7,2
Eh (mvol)	219	58-355	366	343-383	256	25-393	366	343-390	230	140-405	318	270-372
O ₂ (ppm)	2,8	0,5-6,5	5,1	4,3-6,2	1,7	0,2-4,4	4,1	1,9-6,0	0,4	0,1-1,0	7,2	6,0-8,7
% O ₂	33	6-80	59	51-70	21	3-56	50	23-77	7	1-20	75	63-87
M.O. (mEq/l)	3,1	2,6-3,5	1,7	0,7-2,8	3,0	2,4-3,4	1,5	1,2-1,8	4,9	2,8-7,0	3,4	1,2-5,4
DQO	948	745-1.150	25	18-35	108	43-213	78	16-170	400	380-440	450	420-470
DB05	112	90-135	8	2-12	46	29-60	5,7	0-12	140	30-250	40	40
NO ₂ (ppm)	2,85	1,1-4,1	2,32	1,6-2,8	1,43	0,8-1,9	6,13	1,9-12,0	286	1,4-4,2	2,11	0,8-4,7
NO ₃ (ppm)	0,40	0,2-0,7	0,19	0,15-0,22	0,25	0,06-0,45	0,98	0,4-2,0	0,24	0,1-0,4	0,45	0,2-0,9
NH ₄ ⁺ (ppm)	6,72	5,0-8,8	6,21	5,0-7,3	9,14	7,0-11,3	2,24	1,7-2,5	9,51	8-11,8	1,33	1,1-1,5
PO ₄ ⁼ (ppm)	6,86	5,4-8,8	5,32	4,3-6,4	8,03	5,1-13,1	2,54	1,0-4,4	10,33	10-10,8	5,46	2,9-6,9
SO ₄ ⁼ (ppm)	28,15	20-36	24,11	20-30	23,07	13,2-34,8	15,71	10,5-18,9	20,16	17,8-22,6	12,16	9,4-15,0
Cl ⁻ (ppm)	73,64	43-93	57,64	51-64	46,92	39,8-50,9	27,46	26,1-29,2	99,91	78-121	85,37	38-133
C.r./100	>10 ³		10 ²		>10 ³		>5·10 ²		>10 ³		>10 ³	
C.f./100	>5·10 ²		4·10 ¹		>5·10 ²		>3·10 ²		>2·10 ²		>7·10 ²	
B 37° C	>10 ³		10 ¹		6·10 ¹		>5·10 ²		>2·10 ³		>2·10 ³	
B 25° C	1,8·10 ¹		10 ²		>2,5·10 ¹		>1,5·10 ¹		>3,8·10 ¹		>2,5·10 ¹	
Zn (ppm)	0,39	0,18-0,63	0,28	0,16-0,34	0,30	0,29-0,31	0,34	0,32-0,36	0,35	0,34-0,36	0,26	0,14-0,33
Cd (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cu (ppm)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,22	<0,01	<0,01
Ni (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pb (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0-0,3	<0,1	<0,1
R.S. (mg/l)	210	20-380			170	20-2,60	150	20-220	140	20-240	120	100-140
S.S. (mg/l)	79	34-162			24	2-52	19	2-46	17	10-26	24	16-36

C.r. = (coliformes totales/100 ml) · (x10³).
 C.f. = (coliformes fecales/100 ml) · (x10³).
 R.S. = residuo seco.
 S.S. = sólidos en suspensión.
 B 37° C = (bacterias aerobias a 37° C) · (x10³).
 B 25° C = (bacterias aerobias a 25° C) · (x10³).

Los otros vertidos urbanos corresponden a entidades poblacionales de menor importancia, Padrón (VP, con 3.871 hab.) y Bertamiráns (VB, 1.859 hab.) en el Sar y Monterroso (VM, 1.385 hab.), Ponte Ulla (VU, 860 hab.) y Pontecesures (VC, 2.611 hab.) directamente al Ulla. Estos núcleos tienen una escasa actividad industrial, excepto Ponte Cesures, pero en este caso los vertidos de las principales industrias (curtidos, lácteos y derivados de la madera) son realizados directamente al Ulla y no forman parte del vertido urbano.

A partir de los datos de los vertidos urbanos (Tabla II), puede deducirse inmediatamente que constituyen un fuerte impacto para la calidad de las aguas. Los valores medios de Eh y pH corresponden a aguas brutas normales con anoxia o a aguas clarificadas con aerobiosis (Fig. 5); los valores mínimos presentan diferencias importantes, siendo los de Monterroso y Padrón aguas sépticas y sólo aguas clarificadas los de Bertamiráns y el de Santiago procedente de la depuradora.

En contenido medio de O₂ varía de niveles muy ba-

jos en Ponte Ulla (0,4 mg/l), Bertamiráns y Monterroso (1,5 mg/l) a concentraciones que pueden considerarse altas para un vertido urbano en el de Pontecesures (7,2 mg/l). Materia orgánica y DQO son elevados en la mayoría de los casos, presentando valores medios de este último parámetro que superan concentraciones representativas de los vertidos urbanos fuertemente concentrados (DQO > 300 mg/l; MOPU, 1988); sin embargo, debe señalarse que los contenidos en nutrientes asimilables (N y P) son relativamente bajos y sólo el vertido de Monterroso supera los 10 mg/l de N, debido a la fuerte concentración amoniacal (21,2 mg/l de NH₄⁺) procedente de los residuos ganaderos. La carga sólida total y la carga en suspensión presenta valores débiles (Tabla II) inferiores a 350 mg/l y 100 mg/l, respectivamente, y sólo en Monterroso aparecen niveles críticos de ambos valores (Tablas I y II).

En cuanto a los metales pesados, únicamente el Zn se presenta en concentraciones altas, si bien con la dilución existente en el río no deberían existir problemas para la vida acuática.

TABLA III
CONTAMINACION URBANA. IMPACTOS SOBRE EL RIO SAR

Parámetros	Sin impacto urbano importante	Aguas directamente afectadas por los vertidos de Santiago			Vertidos urbanos Santiago		Zona de recuperación del Sar					Rois
	S-1	S-2	S-3	VSt-1	VSt-2	S-4	S-5	S-6	S-8	S-10	S-9	
CE (µS/cm)	60	159	82	547	538	198	194	197	197	161	55	
pH	6,5	6,9	6,6	6,9	7,3	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,6	
Eh	437	414	451	219	366	375	388	405	446	443	444	
O ₂	9,1	7,4	8,0	2,8	5,1	6,9	6,8	6,1	7,1	8,4	9,3	
% O ₂	100	88	91	33	21	84	82	76	84	96	100	
M.O.	0,15	0,48	0,27	3,1	1,7	0,60	0,55	0,48	0,43	0,37	0,17	
DQO	4,0	5,9	2,2	948	24,7	20,1	17,9	10,8	8,5	5,5	1,7	
NO ₃ ⁻	1,67	3,11	3,21	2,85	2,32	3,03	3,28	2,45	3,75	3,62	1,37	
NO ₂ ⁻	0,01	0,47	0,05	0,40	0,19	0,51	0,45	0,41	0,59	0,24	0,02	
NH ₄ ⁺	0,41	0,98	0,60	6,72	6,21	1,38	1,33	1,25	0,88	0,63	0,49	
PO ₄ ⁻ (ppm)	0,11	0,87	0,15	6,86	5,32	2,01	2,32	1,90	1,43	0,96	0,06	
Cl ⁻	10,56	28,94	11,86	73,64	57,64	24,26	22,81	21,17	20,11	16,68	10,03	
SO ₄ ⁻	3,34	10,01	5,42	28,15	24,11	11,41	9,02	9,78	8,25	7,92	3,31	
C.t./100	0,43	12,17	7,88	10 ³	10 ²	30	30	30	30	1,8	1,2	
C.f./100	0,051	2,03	2,68	50	400	30	9,8	5,7	2,5	11,3	0,65	
B 37° C	0,1	1,65	1,2	10 ¹	10 ⁴	20	20	20	20	1,8	0,4	
B 25° C	0,3	7,8	13,15	2 · 10 ¹	10 ⁷	40	20	40	20	40	1,2	

C.t. = (coliformes totales/100 ml) · (x10³).

C.f. = (coliformes fecales/100 ml) · (x10³).

B 37° C = (bacterias aerobias a 37° C) · (x10³).

B 25° C = (bacterias aerobias a 25° C) · (x10³).

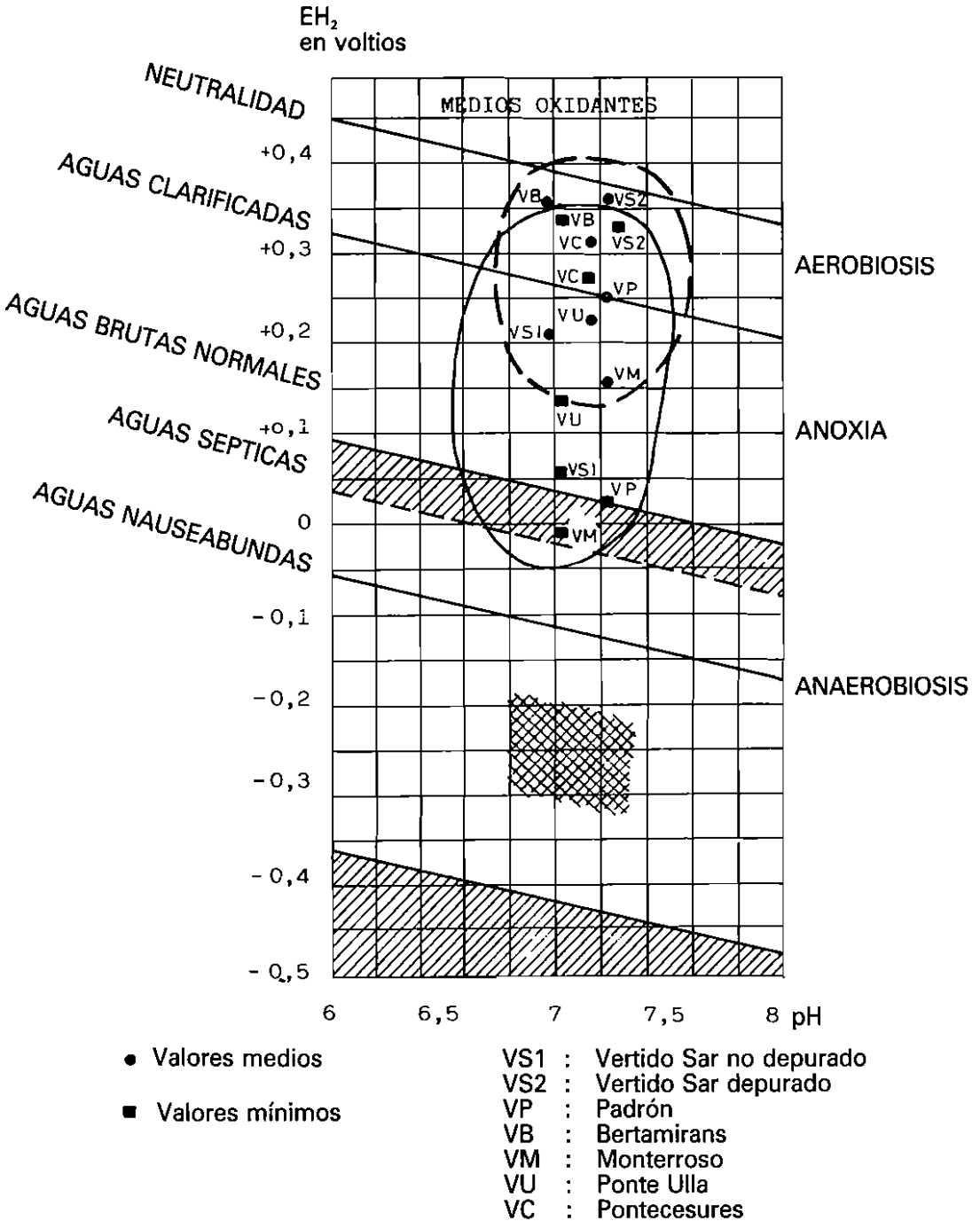


Fig. 5. Condiciones (Eh-pH) de los vertidos urbanos de la cuenca del Ulla (valores medios y mínimos del período mayo-agosto de 1988).

En resumen, los vertidos urbanos de esta cuenca deben su efecto degradante al elevado contenido de sustancias orgánicas oxidables y, sobre todo, a la fortísima contaminación microbiana (Tabla II).

Para seguir el impacto de los vertidos urbanos, se ha seleccionado el curso del río Sar, puesto que es el que presenta más nítidamente las consecuencias de este tipo de impactos. La posibilidad de analizar la calidad de agua antes de los aportes de Santiago (S-1) y de algunos arroyos o ríos de referencia como es el caso del Rois (S-9) permiten seguir tanto el descenso de la calidad del agua como la capacidad de autodepuración (Tabla III).

Los vertidos directos de Santiago, los procedentes de la depuradora y algunos pequeños aportes de las zonas próximas se manifiestan en el bajísimo nivel de calidad del agua del Sar en el punto S-4, aguas abajo de la depuradora. Descenso en el contenido de O_2 y Eh, fuerte incremento de la presencia de materia orgánica, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, sulfatos y cloruros y, sobre todo, la multiplicación del número de microorganismos (especialmente coliformes fecales) comunican a esta zona del río propiedades que incumplen las normativas vigentes para todo tipo de actividades: recreativas, baño, vida piscícola (con serias limitaciones incluso para ciprínidos), usos agrícolas y abas-

tecimiento. En este último caso el elevado número de coliformes fecales y el alto nivel de NH_4^+ hacen desaconsejable su potabilización. La presencia simultánea de altos niveles de nitrógeno y fosfatos facilita el incremento del riesgo de eutrofización en las zonas de menor corriente y la eliminación de la vida acuática es posible a poco que se modifiquen las condiciones, dado el desequilibrio y fuerte estrés a que están sometidos.

El impacto es tan fuerte que el río no logra recuperar los niveles de referencia en todo su recorrido hasta el Ulla. Así, en unos 16 km (hasta Padrón) la conductividad eléctrica es prácticamente constante desde la zona de impacto, y aunque NH_4^+ , Cl^- , DQO y fosfatos y sulfatos descienden respecto al máximo (S-4) (Fig. 6), todavía se mantienen concentraciones de nitritos, amonio y oxígeno no adecuadas para organismos acuáticos sensibles como los salmónidos y limitantes incluso para los ciprínidos.

Los nitratos y nitritos incrementan aguas abajo de Santiago a consecuencia de los procesos de autodepuración (Fig. 6) por oxidación del amonio y formas orgánicas con nitrógeno. Finalmente, en los coliformes fecales se aprecia un importante descenso hasta el punto S-8 en un recorrido de cerca de 10 km, por lo que puede concluirse que en este as-

TABLA IV
EFECTO DE LOS VERTIDOS URBANOS DE PADRON EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO SAR

	Antes de Padrón (S-10)	Vertido Padrón	Después de Padrón (U-24)
CE	161	597	124
pH	6,5	7,3	6,5
Eh	443	366	453
O_2	8,4	5,1	8,1
M.O.	0,37	3,0	0,31
DQO	5,5	108,0	9,4
NO_3^-	3,62	1,43	3,96
NO_2^-	0,24	0,25	0,19
NH_4^+	0,63	9,14	0,19
PO_4^{3-}	0,96	8,03	0,44
SO_4^{2-}	7,90	23,07	8,20
C.t./100	1,8	1.000	11,7
C.f./100	11,3	500	4,8
B 37° C	1,8	682	6,3
B 25° C	40,0	2.450	8,8

M.O. = materia orgánica.

C.t./100 = coliformes totales.

C.f./100 = coliformes fecales.

B 37° C = bacterias aerobias a 37° C.

B 25° C = bacterias aerobias a 25° C.

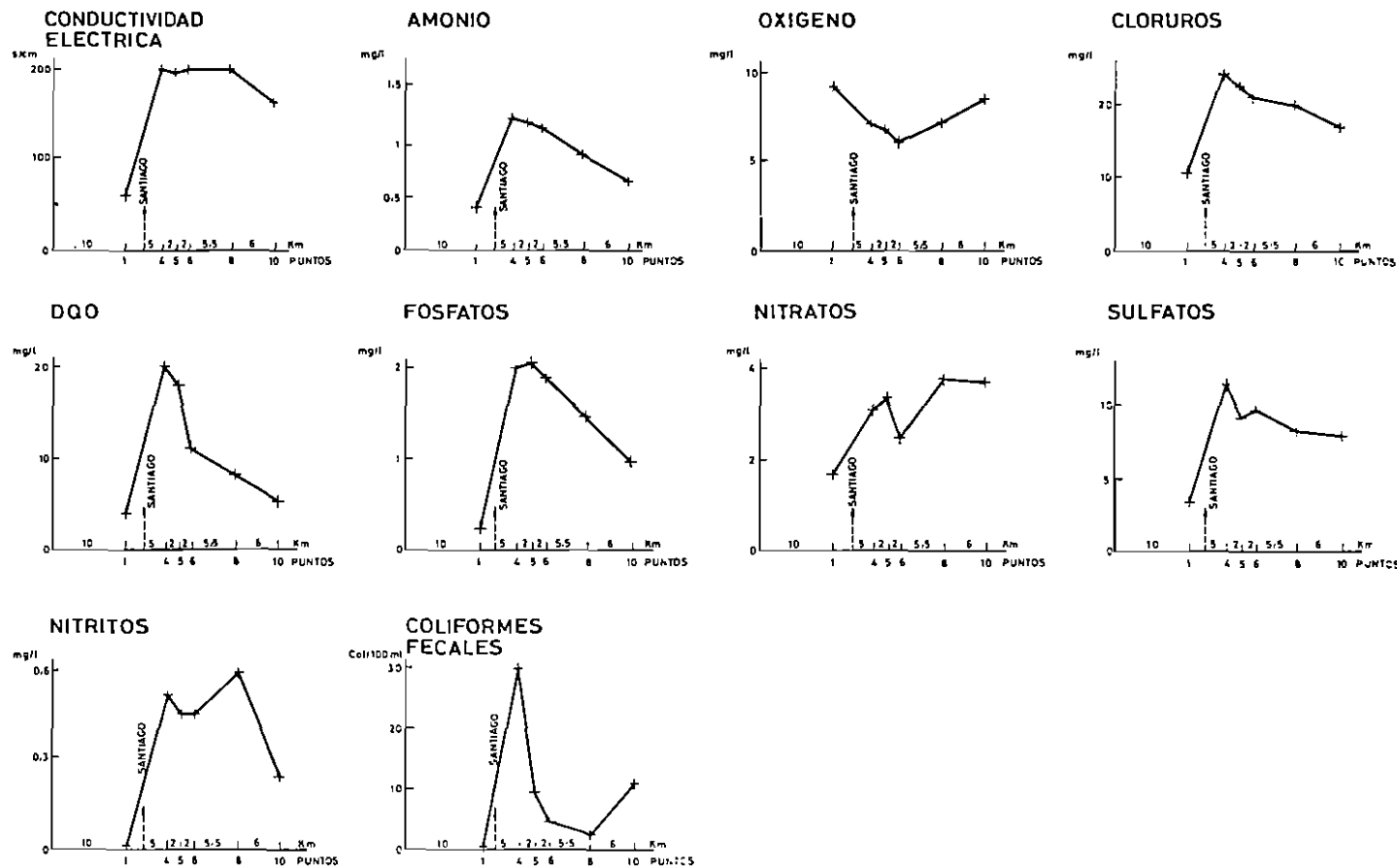


Fig. 6. Evolución de algunos parámetros de calidad de agua del río Sar tras el impacto urbano de Santiago de Compostela.

pecto la capacidad de autodepuración es muy importante.

Los efectos de otros núcleos de población son, lógicamente, menos acusados, pero siguen la misma tendencia de degradación de la calidad de agua, afectando a los parámetros relacionados con la presencia de sustancias orgánicas degradables, tales como la DQO y el incremento de coliformes y nitratos (Tabla IV).

Como conclusión del efecto de los vertidos urbanos en la cuenca del Ulla debe destacarse su im-

portancia cuando se trata de grandes entidades de población, caso de Santiago, que, a pesar de la existencia de una depuradora, reduce muy fuertemente la calidad de las aguas del río Sar en la casi totalidad de su curso. Las poblaciones de menor número de habitantes también causan efectos importantes cuando tienen actividades que originan cantidades importantes de contaminantes en zonas de escaso caudal. Es la situación de Monterroso. En cualquier caso queda claro que los vertidos urbanos degradan la capacidad del agua para la mayor parte de los usos, especialmente para la vida acuática y el abastecimiento de agua potable.

SUMMARY

The consequences of urban and agricultural spills on the Ulla river watershed are studied. The nature of the spill, the effect caused at the spill-point and the dilution and self-purifying capacity of the receiving river are the points that have been mainly taken into account. Agricultural sources, basically of diffused origin, cause a decrease in water quality because of high levels of microorganismes, oxidable organic matter, phosphates, sulphates, nitrites and ammonium. However, the river shows high recovering capacity. Urban sources, mainly from the city of Santiago, have a strong influence in the amounts of faecal-coliform organisms, chemical oxygen demand, organic matter in solution, percentage of oxygen, nitrites, ammonium, etc., found on the Sar river. This river is not able to recover along its way to the Ulla river.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, E.; CALVO, R. M., y MACÍAS, F., 1989: «Calidad de aguas de la Cuenca del río Umia (Pontevedra)». *Tecnología del Agua* (en prensa).
- CALVO, R. M.; FERNÁNDEZ, M. L., y VEIGA, M. A., 1987: «Composición de la solución del suelo en medios naturales de Galicia». *An. Edaf. Agrobio.*, 46, 621-641.
- DÍAZ, J. A., 1988: *Depuración de aguas residuales*. MOPU. Unidades Temáticas.
- RODIER, J., 1984: *Análisis de las aguas*. Ed. Omega.
- TORRES, M. P.; PÉREZ, M. L., y CHANTADA, J. R., 1985: *Las parroquias de Galicia. Cartografía y Estadística*. Publ. Univ. Santiago de Compostela.

ANEXO 1
 INTERVALOS DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLÓGICOS DEL RIO ULLA
 (Mayo-septiembre de 1988)

	pH	CE µmhos/cm	Eh mvol.	M.O. mEq/l	O ₂ mg/l	DQO mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ µg/l	NH ₄ ⁺ µg/l	PO ₄ ⁻³ µg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	C.t./100 ml	C.f./100 ml
1	6,7-6,9	51-78	367-463	0,30-0,84	7,0-10,0	3,2-7,0	0,67-1,54	12-55	210-1.380	36-291	7,1-44,3	3,3-5,0	>30.000	>3.000
2	7,1-7,4	55-80	368-448	0,20-0,84	7,9-11,3	0,8-16,9	0,46-1,37	25-36	102-1.086	16-151	7,1-13,0	3,2-3,9	>30.000	>3.000
3	7,3-7,6	82-111	326-455	0,28-0,80	7,1-11,1	1,1-5,8	0,60-1,79	27-52	228-1.188	16-151	6,9-12,4	3,3-4,2	>30.000	>3.000
4	7,3-7,7	63-98	377-471	0,28-0,76	7,7-10,8	0,5-7,4	0,64-1,47	12-42	72-942	16-141	4,7-10,5	3,9-5,2	1.500-8.200	70-480
5	7,1-7,3	45-67	377-447	0,18-0,54	7,1-11,1	0,1-3,7	0,67-1,47	19-38	186-960	4-82	5,4-9,3	2,1-2,3	>30.000	70-75
6	7,1	63-84	393-453	0,10-0,58	7,1-10,9	0,1-5,3	0,79-1,87	21-32	168-918	16-184	4,3-11,4	2,7-4,1	240-16.500	190-270
7	7,2-8,5	58-76	333-427	0,25-0,60	7,1-11,0	2,1-37,8	0,88-1,24	15-46	144-690	16-92	5,4-9,5	3,6-3,8	30-530	3-30
8	6,9-7,0	61-86	393-540	0,09-0,76	7,0-10,9	0,1-4,7	0,75-1,24	27-43	144-876	0-591	5,4-9,5	3,5-22,2	1.500-1.600	170-230
9	7,1-7,4	64-83	383-529	0,22-0,68	7,1-11,5	1,6-6,3	0,75-1,30	15-33	168-858	26-291	5,2-10,4	10,2	1.500-1.600	165-170
10	6,9-7,1	68-92	381-518	0,04-0,64	7,1-11,2	0,1-7,0	0,75-1,78	0-28	18-774	26-557	7,5-10,9	5,5-13,0	500-3.000	170-240
11	7,2-7,7	61-87	377-454	0,05-0,64	7,3-11,2	0,5-5,8	0,54-1,44	15-27	168-774	20-84	6,0-9,1	3,9-5,0	2.800-3.400	30-280
12	7,3-7,6	61-83	373-470	0,22-0,52	7,3-11,0	3,7-10,5	0,54-1,44	25-32	180-1.168	16-98	6,5-10,9	2,7-4,7	1.200-3.000	100-680
13	4,4-4,7	321-492	485-528	0,09-0,96	7,9-10,5	0,1-1,1	0,83-1,60	7-38	144-644	0-153	6,9-9,9	46,6-92,9	140-450	6-20
14	7,1-7,3	77-139	410-453	0,06-0,56	7,5-9,4	1,1-6,3	0,71-1,37	13-31	144-1.144	10-82	7,2-9,5	4,9-24,3	160-1.000	60-100
15	7,2-7,6	65-97	393-473	0,06-0,48	7,6-9,6	0,5-13,1	0,83-1,78	12-37	144-750	14-1.274	5,7-12,0	3,8-4,9	275-2.000	220-400
16	7,1-7,4	67-108	355-456	0,16-0,58	7,9-9,3	1,3-6,3	0,60-1,54	19-32	126-720	24-160	4,7-12,5	6,5-12,0	650-3.000	200-830
17	7,0-7,2	68-98	396-469	0,14-0,80	8,3-9,0	1,1-3,7	1,15-1,77	15-43	144-1.194	16-822	5,5-13,1	4,9-5,8	1.800-3.000	65-600
18	6,9	56-95	394-461	0,10-0,64	8,4-10,0	0,1-4,7	0,93-1,87	8-25	180-1.422	54-160	6,9-13,4	4,0-4,9	2.200-3.000	533-700
19	7,0-7,3	67-92	403-503	0,08-0,68	8,3-9,4	0,1-4,2	1,09-2,03	10-58	186-1.254	12-114	5,2-12,0	4,5-7,3	600-2.600	30-140
20	7,0-7,3	69-115	406-543	0,09-0,54	8,5-10,3	0,8-5,3	0,88-1,69	8-27	120-1.068	22-170	5,7-10,8	6,7-15,2	2.500-3.000	160-350
21	6,9-7,1	98-147	393-478	0,10-0,56	7,8-10,1	1,6-21,6	1,87-3,15	10-175	522-1.194	80-1.076	3,6-18,1	7,7-11,7	2.400-3.000	30-1.500
22	7,1-7,3	69-162	415-453	0,11-0,76	7,6-9,7	0,5-42,6	0,83-1,95	16-31	168-732	10-137	5,2-10,5	8,1-11,4	400-700	70-140
23	7,3-8,0	69-165	123-355	0,28-0,70	7,0-9,3	3,7-12,6	0,83-1,97	5-43	186-942	0-237	11,0-40,3	5,1-11,4	3.000-23.000	>3.000
24	6,5-6,6	93-147	408-554	0,15-0,58	7,0-9,2	2,9-17,3	1,74-7,33	71-578	252-666	86-2.093	11,5-21,0	7,1-9,4	3.400-20.000	>3.000
25	6,8-7,5	320-6.904	300-403	0,68-1,35	7,2-9,9	2,2-23,4	1,56-33,48	15-68	168-5.916	0-4.768	89-8.348	18,4	>30.000	>3.000

ANEXO 2
VALORES MEDIOS DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLÓGICOS DEL RÍO ULLA
(Mayo-septiembre 1988)

Muestra	pH μmhos/cm	CE mvol.	Eh mEq/l	M.O. mg/l	O ₂ mg/l	DQO mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ μg/l	NH ₄ ⁺ μg/l	PO ₄ ⁻³ μg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	C.t./100 ml	C.f./100 ml
1	6,8	65	422	0,58	8,7	5,3	1,28	46	571	158	16,5	4,2	>30.000	>30.000
2	7,2	68	410	0,51	9,8	8,3	1,13	31	413	87	9,2	3,5	>30.000	>30.000
3	7,4	98	395	0,48	10,0	4,0	1,29	38	621	96	8,7	3,8	>30.000	>30.000
4	7,5	81	408	0,46	9,7	4,2	1,22	30	383	66	7,6	4,6	4.900	225
5	7,2	58	411	0,38	9,6	1,9	1,19	26	384	30	6,5	2,2	>30.000	73
6	7,1	75	419	0,40	9,8	2,0	1,36	25	464	87	8,8	3,4	8.400	230
7	7,8	68	391	0,42	9,3	13,1	1,03	28	359	41	7,1	3,7	280	16
8	7,0	73	446	0,41	9,3	1,9	1,02	31	410	137	7,3	12,8	1.550	200
9	7,3	73	431	0,45	9,8	3,5	1,07	27	354	103	8,1	10,2	1.550	168
10	7,1	80	423	0,36	9,6	1,5	1,35	16	283	176	9,1	9,3	1.750	205
11	7,4	76	415	0,46	9,8	2,3	1,11	22	360	40	7,6	4,5	3.100	155
12	7,5	73	419	0,42	9,6	6,8	1,15	29	540	48	8,4	3,7	2.200	390
13	4,6	413	514	0,41	9,4	0,2	1,29	21	382	59	8,4	69,8	295	13
14	7,2	104	442	0,38	9,1	2,8	1,18	23	603	28	8,4	14,6	580	80
15	7,4	84	436	0,33	8,8	4,0	1,52	24	425	283	8,2	4,4	1.138	310
16	7,3	88	411	0,44	8,5	3,9	1,33	26	432	59	8,0	9,3	1.825	515
17	7,1	86	426	0,53	8,7	2,5	1,42	23	421	215	8,6	5,4	2.400	332
18	6,9	76	427	0,41	9,1	1,7	1,48	17	496	110	9,0	4,4	2.600	616
19	7,2	85	424	0,43	8,8	2,4	1,44	29	558	51	8,0	5,9	1.600	85
20	7,2	90	450	0,38	9,3	2,8	1,34	14	427	73	8,6	11,0	2.750	255
21	7,0	135	425	0,36	9,2	7,0	2,29	100	878	529	10,4	9,7	2.700	750
22	7,2	97	433	0,38	9,0	10,7	1,36	25	400	48	8,0	9,8	550	105
23	7,5	134	183	0,50	8,2	10,0	1,41	28	445	71	18,1	8,3	13.000	>3.000
24	6,5	124	453	0,31	8,1	9,4	3,96	193	437	931	15,7	8,3	12.000	>3.000
25	7,1	3.199	367	0,91	8,3	10,7	13,21	44	1.483	1.002	2.593	18,4	>30.000	>3.000