

Fluctuaciones de las variables físicas y químicas de los ríos Salí, Vipos y Tapia (Tucumán, Argentina) *

Martínez De Marco, Silvia N.¹; Beatriz C. Tracanna¹⁻³; María A. Barrionuevo⁴; María G. Navarro⁴⁻⁵; Gladys S. Meoni⁴ y Adriana P. Chaile⁶

* Trabajo subsidiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Proyecto PIP 0871/98; Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) Proyectos 26/G128 y 26/G229.

¹ Instituto de Ficológia de la Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. E-mail: fmlbot@tucbbs.com.ar

² Instituto de Limnología del Noroeste Argentino (ILINOA), Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. E-mail: ilinoa@csnat.unt.edu.ar

³ CONICET. Av. Rivadavia 1917, (C1033AAJ) Ciudad de Buenos Aires.

⁴ Laboratorio de Control Ambiental, SIPROSA. Tucumán. Pje. Dorrego 1080, (4000). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

⁵ Facultad de Agronomía y Zootecnia, UNT. Av. Roca 1900, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

⁶ Obras Sanitarias Tucumán, Laboratorio Central. Av. Sarmiento 987, San Miguel de Tucumán. Tucumán, Argentina.

RESUMEN — Martínez De Marco, Silvia N.; Beatriz C. Tracanna; María A. Barrionuevo; María G. Navarro; Gladys S. Meoni & Adriana P. Chaile. "Fluctuaciones de las variables físicas y químicas de los ríos Salí, Vipos y Tapia (Tucumán, Argentina)". *Lilloa* 44 (1-2). En esta contribución se analizaron 20 parámetros físicos y químicos de los ríos Salí, Tapia y Vipos efectuándose muestreos mensuales desde marzo de 1998 a marzo de 1999. Los ríos mostraron diferentes composiciones iónicas, determinándose los siguientes tipos de aguas: bicarbonatadas / sulfatadas-sódicas / cálcicas; bicarbonatadas cálcicas-sódicas; sulfatadas cálcicas y cloruradas y/o sulfatadas sódicas. El pH varió entre 6,8 y 8,6. De acuerdo a la conductividad la mineralización fluctuó desde media en el río Vipos hasta excesiva en el Tapia. El promedio del oxígeno disuelto fue, en general, de 8 mgL⁻¹, excepto para el emisario Salí en diciembre/98 y febrero/99 con registros < a 5 mgL⁻¹. Las aguas son duras [Ca⁺⁺ > a 20 mgL⁻¹]. Los valores máximos de manganeso oscilaron entre 74,3 - 426,4 µgL⁻¹ en el río Salí emisario para agosto, octubre, diciembre de 1998 y enero de 1999 y en los ríos Tapia y tributario Salí en marzo/98 con 63,7 y 85,3 µgL⁻¹, respectivamente. Entre los compuestos organoclorados sobresalieron metoxicloro y lindano con concentraciones que no superaron los límites establecidos para el agua de consumo.

PALABRAS CLAVE: Parámetros físicos y químicos, ríos, Tucumán, Argentina.

ABSTRACT — Martínez De Marco, Silvia N.; Beatriz C. Tracanna; María A. Barrionuevo; María G. Navarro; Gladys S. Meoni & Adriana P. Chaile. "Fluctuations of the physical and chemical variables of Salí, Vipos and Tapia rivers (Tucumán, Argentina)". *Lilloa* 44 (1-2). In this contribution 20 physical and chemical parameters from Salí, Tapia and Vipos rivers were analysed, from samples obtained monthly between March 1998 and March 1999. The rivers showed different ionic compositions, determining the following types of waters: bicarbonated/sulfated - sodic/calcic; bicarbonated-calcic,sodic; sulfated calcic and chlorinated and/or sulfated sodic. pH varied between 6.8 and 8.6. According to the conductivity the mineralization fluctuated from middle in Vipos river to excessive in Tapia. The average of dissolved oxygen was, maintained above the 8 mgL⁻¹, except for the emissary Salí in December 1998 and February 1999 with registers < 5 mgL⁻¹. The waters are hard [Ca⁺⁺ >20 mgL⁻¹]. The maximum values of manganese ranged between 74.3 - 426.4 µgL⁻¹ in the emissary Salí river for August, October, December 1998 and January 1999 and Tapia and tributary Salí rivers in March 1998 with 63.7 and 85.3 µgL⁻¹, respectively. Among the organochlorine pesticides methoxychlor and lindane were mainly detected in concentrations that did not exceed the tolerance limits.

KEYWORDS: Physical and chemical parameters, rivers, Tucumán, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La cuenca Salí-Dulce es una de las cuencas endorreicas más caudalosas de la Argentina y de Sudamérica. Presenta una densa red de aguas superficiales que en su mayoría nacen en las Cumbres Calchaquíes y Sierras del Aconquija. Todo el caudal aportado es recogido por un único colector, el río Salí, el cual atraviesa Tucumán, para continuar con el nombre de Dulce en Santiago del Estero y finalmente desembocar en la laguna de Mar Chiquita (Córdoba).

El curso superior del río Salí abarca una importante extensión del noroeste de Tucumán y parte de Salta, recibiendo la casi totalidad de sus aguas superficiales en la cuenca de Tapia-Trancas, la cual fue objeto de estudios geológicos, hidrológicos, climáticos y químicos entre los que se pueden citar a los del Consejo Federal de Inversiones (1962), Díaz Rueda (1988), Manoff (1939), Villagra de Gamundi *et al.*, (1993), entre otros. Asimismo, Butí y Miquelarena (1995) llevaron a cabo un relevamiento ictiológico, mientras que Tracanna y Martínez De Marco (1997) realizaron estudios ficológicos y Chaile *et al.* (1999, 2000) analizaron la presencia de plaguicidas organoclorados (PO) en el río Salí. Dentro de los PO se agrupa un número considerable de compuestos sintéticos cuya estructura química, en general, corresponde a la de los hidrocarburos clorados, aunque algunos de ellos poseen únicamente oxígeno o azufre o ambos elementos en su estructura. La mayoría de estos compuestos, presentan baja solubilidad en agua y elevada en la mayoría de los disolventes orgánicos. Además en general, poseen baja presión de vapor y una alta estabilidad química, así como una notable resistencia al ataque de los microorganismos. Tienen la propiedad de acumularse en el tejido graso de los organismos vivos. Los compuestos organoclorados se encuentran en la categoría de persistentes, ya que su tiempo de degradación media es de 5 años. Además la degradación de estos plaguicidas generalmente da lugar a productos que son tan persistentes o más que el producto original. Entre los compuestos aromáticos clorados se encuentran: metoxicloro, DDT (diclorodifeniltricloroetileno) y DDE (diclorodifenildicloroetileno).

El lindano es un cicloalcano clorado, mientras que aldrín, dieldrín, heptacloro, clordano son ciclodiénicos clorados. Los compuestos organoclorados han tenido una amplia utilización en la lucha contra los vectores, organismos transmisores de enfermedades del hombre; así como en la protección de los recursos agropecuarios y forestales. Si encontramos PO, aún en pequeñísimas concentraciones, en el agua, aire o seres vivos, constituyen una forma de contaminación del ambiente. Las causas directas más importantes son el uso agropecuario y sanitario de los plaguicidas, ya que una parte de éstos persiste en el medio después de ejercer su acción biológica contra el objetivo que se desea controlar. Otra posibilidad de contaminación de aguas subterráneas o de embalses superficiales es por lixiviación y lavado superficial de los suelos (Arias Verdes *et al.*, 1992).

Los afluentes principales del Salí son los ríos Vipos y Tapia y juntos desembocan en el embalse Dr. C. Gelsi. Éste presenta graves problemas de pérdida de volumen y área asociado al efecto originado por el plano de sedimentación en las proximidades de la presa que ha alcanzado cotas superiores a los umbrales de la toma. En consecuencia, podría comprometer la provisión de agua potable a la población de San Miguel de Tucumán (Kruse *et al.*, 1994).

Dada la abundancia de recursos hídricos y su importancia socio-económica para la provincia de Tucumán y considerando los escasos antecedentes de la cuenca estudiada, el presente trabajo centró su objetivo en analizar las fluctuaciones temporales de variables físicas y químicas de los ríos Salí (tributario), Tapia, Vipos y Salí (emisario) del embalse Dr. C. Gelsi, así como evaluar las concentraciones de plaguicidas organoclorados de estos ecosistemas fluviales a lo largo de un ciclo anual.

Descripción del área de estudio.— Los ríos estudiados pertenecen a la cuenca de Tapia-Trancas, Tucumán (Argentina). Ésta es una depresión que se halla al centro-norte de la provincia entre las estribaciones orientales de las Cumbres Calchaquíes y occidentales de las Sierras de Medina, y al norte de la Sierra de San Javier. Es un valle ampliamen-

te abierto hacia el Norte que se continúa en la provincia de Salta. Se puede asemejar a un triángulo invertido, con el vértice en el Cajón de El Cadillal, zona donde se ponen en contacto la Sierra de Medina con la Sierra de San Javier (Santillán de Andrés y Ricci, 1980).

Todo el caudal aportado por la densa red de aguas superficiales es recogido por el río Salí que vertebra de norte a sur la cuenca hidrográfica principal de la provincia. Se observa lo que algunos investigadores han llamado una "hipertrofia en la cuenca lateral occidental y una atrofia de la cuenca lateral oriental" (Buti y Miquelarena, 1995).

El río Salí se origina en la sierra de Carahuasi, del conjunto de las cumbres Calchaquíes y es el resultado de la unión del Pantanillo, Arrayán y de Las Cañas que forman el río de Anta, desembocando por la margen salteña el arroyo Sunchal y los ríos de la Cortadera y Grande del Sauce. Por la margen derecha, el río de Anta recibe al Burburín, el que a su vez está formado por el de Las Cuevas y el Rodeo; desde aquí el río toma el nombre del Brete, y luego de unirse los ríos Casas Viejas y Clavisán, adquiere el nombre de Tala y corre hacia el Sureste recibiendo al río del Duraznito. Desde la confluencia con el río Candelaria-Aranda, a 55 km de su origen, el Tala toma el nombre de Salí (Santillán de Andrés y Ricci, 1966) y luego del embalse río Hondo (Tucumán - Santiago del Estero) se denomina río Dulce hasta culminar en un delta muy amplio sobre la laguna de Mar Chiquita (Córdoba).

La cuenca imbrífera del río Vipos es amplia y compleja por los numerosos tributarios secundarios y terciarios que la componen y nace de la unión de los ríos de las Sepulturas y del Chasquivil. Luego de la conjunción de estos dos ríos, recibe por la margen derecha, el río de las Ranas, penetrando en la quebrada flanqueada por las cumbres de Taco Yacu y Cabra Horco y poco antes de desembocar en el Salí, le llegan las aguas del arroyo Salado. El promedio de las precipitaciones para el río Vipos fue de 467,3 mm (período 1916-1989). Estos datos se extrajeron de la base de datos de la Sección Agrometeorológica de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC).

El río Tapia nace de la confluencia del río de las Tipas o de Raco y de los Planchones, que tienen como tributarios a su vez al arroyo del Bajo y el río de La Cañada, colector de las aguas de la vertiente oriental de la serranía del Siambón, para desembocar finalmente en el embalse. Las precipitaciones promedios para Tapia fueron de 513,2 mm (1916-1989, según EEAOC).

El año hidrológico del río Salí tiene un período de aguas altas que se produce entre noviembre y abril, coincidiendo con el período de lluvias cuyo registro máximo es en el mes de febrero, el resto del año corresponde a un período seco que se prolonga de mayo a octubre. Durante la época de aumento del caudal, las aguas llevan abundante material de arrastre, limos, tierras sueltas, etc. Muchas veces, el régimen del río tiene oscilaciones a consecuencia de las lluvias locales, de pocas horas de duración, que se producen en alguna sección de la cuenca, son lluvias excepcionales, convectivas y por lo tanto diferentes de las lluvias de frente que dominan en esta zona. Esta región presenta las características de un clima continental, con variaciones hacia un clima húmedo templado, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 16 y 18 °C, con grandes amplitudes térmicas diarias y anuales. Las rocas madres o áreas fuentes de los ríos de la cuenca Tapia-Trancas son sedimentitas, metamorfitas y vulcanitas, las que dan como producto sedimentos finos: areniscas muy finas y limos (Santillán de Andrés y Ricci, *op. cit.*). Sólo se cuenta con datos proporcionados por la estación meteorológica "El Cadillal" con un registro de precipitaciones de 853,1 mm para el período 1926-1992, según EEAOC.

La cuenca tiene como principal actividad económica la ganadería orientada a la producción lechera, el cultivo de forrajeras y la producción de hortalizas y granos. Es una subregión agroecológica con limitaciones climáticas y edáficas, con un déficit hídrico permanente y suelos de textura liviana con escasa retención de agua. Para la irrigación existen diques derivadores sobre afluentes del río Salí que sólo permiten derivar el agua a los canales para uso más racional de ésta, aunque se tiene que señalar que en los períodos secos, los caudales de los ríos regis-

San Vicente, Latitud: 26°28'52" S, Longitud: 65°12'75" O, Altitud: 654 m snm; 2) río Vupos: en intersección con la ruta nacional N° 9, km 1.336, Latitud: 26°28'69" S, Longitud: 65°18'97" O, Altitud: 741 m snm; 3) río Tapia: en intersección con la ruta provincial N° 348, Latitud: 26°36'42" S, Longitud: 65°14'55" O, Altitud: 635 m snm; 4) río Salí (emisario): aproximadamente a 200 metros aguas abajo de la Usina Hidroeléctrica, Latitud: 26°37'39" S, Longitud: 65°11'17" O, Altitud: 557 m snm. Los datos de ubicación de cada sitio se obtuvieron mediante Posicionador Satelital Global (GPS 12 XL Garmin).

Los parámetros físicos y químicos que se midieron *in situ* fueron: temperatura (del agua y del aire), potencial hidrógeno o pH, conductividad eléctrica y velocidad de la corriente. Para la medición de la temperatura (°C) se utilizó termómetro de mercurio (de máxima). El pH fue medido con un peachímetro digital portátil Altronix modelo TPA-I y en algunas ocasiones tuvo que realizarse en el laboratorio por medio de un peachímetro modelo Methron. En el caso de la conductividad eléctrica (expresada en $\mu\text{S cm}^{-1}$), se determinó con conductímetro marca Altronix modelo 660, de lectura directa. La estimación de la velocidad de la corriente se hizo mediante el método de flotación.

Las muestras para los análisis químicos fueron recogidas en botellas plásticas de 1,5 litros. El oxígeno disuelto (OD) fue fijado en el campo, según el método de Winkler (APHA, 1989, 1992).

Las determinaciones se llevaron a cabo de acuerdo con la metodología recomendada por el Standard Methods (APHA, *op. cit.*) y Rodier (1990). Las variables evaluadas en el laboratorio fueron: sólidos totales, turbidez, iones mayoritarios (calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, cloruro y sulfato), compuestos nitrogenados (nitrato, nitrito y amonio), ortofosfato, OD, demanda bioquímica de oxígeno a 20 ° C (DBO_5) y manganeso.

Los plaguicidas organoclorados (PO) se analizaron con un cromatógrafo de fase gaseosa Hewlett Packard 6890 (GC) utilizando una columna capilar HP1 de 30 m. Se pudieron detectar los siguientes compuestos: aldrín, dieldrín, clordano, DDT y sus isóme-

ros, heptacloro y sus epóxidos, lindano y metoxicloro. Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para estudiar las relaciones significativas de las variables físicas y químicas estudiadas ($\alpha = 0,05^*$ y $0,01^{**}$) las cuales fueron procesadas con el programa estadístico SPSS.

La interpretación de los parámetros químicos mayores se efectuó por métodos gráficos: diagrama de Piper, usando el programa AcquaChem versión 5.0.

No se pudo realizar el muestreo en el río Vupos durante los meses de septiembre y octubre de 1998 debido a que su caudal fue desviado temporalmente para su utilización como agua de riego.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestran los valores máximos, mínimos, promedios y desviaciones estándares de las variables estudiadas. En los Cuadros 2-5 se presentan los valores de correlación con $\alpha = 0,05^*$ y $0,01^{**}$ obtenidas de cada uno de los ríos motivo de este estudio.

De acuerdo a los aniones y cationes predominantes las aguas del río Salí tributario fueron del tipo bicarbonatadas / sulfatadas -sódicas / cálcicas. Entre los cationes, el sodio fue superior al calcio excepto en los meses de abril de 1998, febrero y marzo de 1999. El ion bicarbonato sobresalió sobre los otros aniones ubicándose en segundo lugar el sulfato seguido por el cloruro (Fig. 2).

Los registros de temperatura del agua fluctuaron entre una mínima de 18 °C en el mes de julio de 1998 y una máxima de 28 °C en marzo de 1998 (Fig. 6).

El pH osciló entre 7,1 y 8,6 (Fig. 7). Se pudo observar la presencia de gran cantidad de sólidos en suspensión con un valor máximo de 5.071 mgL^{-1} de sólidos totales y una turbidez máxima de 720 NTU, registrados en el mes de febrero de 1999 (Figs. 8 y 9). La conductividad eléctrica (expresada en $\mu\text{S cm}^{-1}$) fluctuó entre 256 en febrero de 1999 y 1.246 en octubre de 1998 (Fig. 10). Este parámetro tuvo correlaciones positivas altamente significativas y significativas con la mayor parte de los iones mayoritarios, entre otras variables.

Los valores de OD oscilaron entre 5,5 mgL⁻¹ y 9,7 mgL⁻¹ (febrero de 1999 y junio de 1998, respectivamente). En general el OD se mantuvo por encima de los 8 mgL⁻¹ excepto en los meses de enero y febrero de 1999 donde los registros fueron menores a 6 mgL⁻¹ (Fig. 11). Se obtuvieron correlaciones negativas altamente significativa con la DBO₅ y sólo significativa con la temperatura. Los valores de DBO₅ oscilaron entre 0,1 mgL⁻¹ en el mes de mayo de 1998 y 94 mgL⁻¹ en el mes de enero de 1999 (Fig. 12).

Con respecto a los compuestos nitrogenados, en general, hubo una tendencia decreciente de los valores de nitrato que se mantuvieron por debajo de los 4 mgL⁻¹ durante todo el período estudiado, excepto en marzo de 1998 donde el valor alcanzado fue de 9,92 mgL⁻¹ y el mínimo correspondió a 1,24 mgL⁻¹ en abril de 1998 (Fig. 13 A). Los registros de nitrito oscilaron entre no detectable para mayo y junio de 1998 y febrero de 1999 y 0,05 mgL⁻¹ en los meses de diciembre de 1998 y marzo de 1999 (Fig. 13 B). En

Variables	río Salí (tributario)					río Vipos				
	Mín.	Máx.	Prom.	D.E.	n	Mín.	Máx.	Prom.	D.E.	n
Profundidad (cm)	11	40	25,1	10,1	13	11	50	27	12,4	10
Temperatura (°C)	18	28	22,9	3,2	13	17	27	21,2	2,8	11
pH	7,1	8,6	7,7	0,4	13	6,8	8,7	7,8	2,3	13
Sólidos totales (mgL ⁻¹)	173	5.071	1.149	1.370,4	12	139	979	326,1	267,3	10
Turbidez (NTU)	13	720	156,5	221,9	12	1,0	140	29	46,4	10
Conduc. eléctrica (µScm ⁻¹)	256	1.246	617	308,7	11	133	393	248,5	85,5	11
Oxígeno disuelto (mgL ⁻¹)	5,5	9,7	8,1	1,2	13	6,8	10,3	8,4	1,0	11
DBO ₅ (mgL ⁻¹)	0,1	94	20,4	32,7	11	0,2	73	14	24,6	9
Sulfato (mgL ⁻¹)	25	299	102,8	75,4	13	3,1	51,9	22,5	13,3	11
Bicarbonato (mgL ⁻¹)	111	455	206,8	88,7	13	54	214,8	104,6	45,4	11
Cloruro (mgL ⁻¹)	15,2	177	70,3	46,6	13	4,3	41	22,3	12,9	11
Calcio (mgL ⁻¹)	28,1	71	50,1	15,1	13	13,2	70	29,8	15,0	11
Magnesio (mgL ⁻¹)	3,8	28	9,4	6,2	13	1,5	4,8	3,4	1,0	11
Sodio (mgL ⁻¹)	27,6	230	90,3	57,9	12	7,4	46	24,9	12,0	10
Potasio (mgL ⁻¹)	2,2	11,7	4,1	2,5	12	1,6	5,2	3,1	1,0	10
Nitrato (mgL ⁻¹)	1,2	9,9	3,4	2,2	13	1,6	5,0	3,3	1,0	11
Nitrito (mgL ⁻¹)	0,005	0,05	0,01	0,02	13	0,005	0,07	0,03	0,03	11
Amonio (mgL ⁻¹)	0,03	0,7	0,3	0,2	13	0,1	0,6	0,3	0,2	11
Ortofosfato (mgL ⁻¹)	0,13	0,24	0,2	0,1	13	0,1	0,2	0,2	0,1	10
Manganeso (µgL ⁻¹)	1,8	85,3	15,4	21,6	13	1,5	50,1	12,0	15	11
Variables	río Tapia					río Salí (emisario)				
	Mín.	Máx.	Prom.	D.E.	n	Mín.	Máx.	Prom.	D.E.	n
Profundidad (cm)	25	55	37,1	15,6	13	23	58	35,4	9,8	13
Temperatura (°C)	18	25,5	20,3	6,2	13	16	24	19,3	2,7	13
pH	7,55	8,17	7,9	2,3	13	7,3	8,4	8	0,3	13
Sólidos totales (mgL ⁻¹)	596	1.085	949,3	319,3	12	326	967	635,7	149,1	12
Turbidez (NTU)	0,8	220	40,3	79,4	12	2,3	48	15,4	14,9	12
Conduc. eléctrica (µScm ⁻¹)	742	1.267	1.145,5	357,2	13	393	1.017	825,1	165,1	13
Oxígeno disuelto (mgL ⁻¹)	6,8	10,8	8,98	2,8	13	5,2	12,6	8,0	2,1	13
DBO ₅ (mgL ⁻¹)	0,1	7	1,4	2,2	13	0,1	15,0	3,6	5,4	13
Sulfato (mgL ⁻¹)	193	459	348,3	131,9	13	51,9	177	134,9	35,9	13
Bicarbonato (mgL ⁻¹)	201	454,6	266,9	100,7	13	88,4	524,8	201,6	101,6	13
Cloruro (mgL ⁻¹)	36,9	90,0	70,1	24,7	13	25,2	164	123,1	36,3	13
Calcio (mgL ⁻¹)	95,2	163,9	140,6	44,8	13	34,3	72	57,9	12,0	13
Magnesio (mgL ⁻¹)	2,1	27,9	14,7	7,9	13	7,7	39	12,6	8,1	13
Sodio (mgL ⁻¹)	66,7	166	111,9	41,2	12	46	166	122,9	28,8	12
Potasio (mgL ⁻¹)	3,1	8,2	5,0	1,9	12	3,5	11,7	5,1	2,2	12
Nitrato (mgL ⁻¹)	0,5	2,96	1,8	1,0	13	0,6	5,0	2,8	1,1	13
Nitrito (mgL ⁻¹)	0,005	0,08	0,01	0,02	13	0,007	0,48	0,06	0,1	13
Amonio (mgL ⁻¹)	0,03	0,62	0,2	0,1	13	0,02	0,5	0,2	0,1	13
Ortofosfato (mgL ⁻¹)	0,15	0,36	0,3	0,2	13	0,18	0,61	0,3	0,2	13
Manganeso (µgL ⁻¹)	6,5	63,7	19,9	15,4	13	3,7	426,4	81,2	116,9	13

Cuadro 1. Valores mínimos [mín.], máximos [máx.], promedios [prom.], desviaciones estándares [D.E.] y número de muestras (n) de las variables estudiadas.

cuanto a los valores de nitrógeno amoniacal registrados fluctuaron entre no detectable en los meses de junio y julio de 1998 y febrero de 1999 y 0,71 mgL⁻¹ en marzo de 1999 (Fig. 13 C).

Los registros de ortofosfato variaron desde no detectable, durante el período comprendido entre julio y diciembre de 1998 hasta alcanzar el máximo valor en el mes de abril con 0,24 mgL⁻¹ (Fig. 14).

Se observó un descenso en los valores de manganeso desde el máximo con 85,3 µgL⁻¹ que se registró en el mes de marzo de 1998, hasta alcanzar un mínimo de 1,8 µgL⁻¹, en diciembre, para luego volver a ascender (Fig. 15).

Los plaguicidas organoclorados que se destacaron fueron metoxicloro con un máximo de 0,9 µgL⁻¹ en enero de 1999 y lindano con dos máximos de 0,4 µgL⁻¹, en julio de

1998 y en enero del 1999. En ciertas oportunidades también se pudo detectar DDT, heptacloro, DDE, clordano, dieldrín y aldrín (Cuadro 6).

Las aguas del río Vipos se clasificaron como bicarbonatadas cálcicas-sódicas (Fig. 3). En la concentración iónica mayoritaria, entre los cationes el primer lugar fue compartido por el calcio y el sodio. El primero fue superior en verano y otoño y el segundo en invierno y primavera. En tercer lugar se ubicó el magnesio y por último el potasio. Entre los aniones se destacó el bicarbonato seguido por el cloruro en segundo lugar desde el mes de mayo de 1998 hasta febrero de 1999 y sólo en los meses de marzo-abril de 1998 y marzo de 1999 fue desplazado al tercer lugar por el sulfato.

Los valores de la temperatura del agua variaron entre 17 °C en el mes de abril de

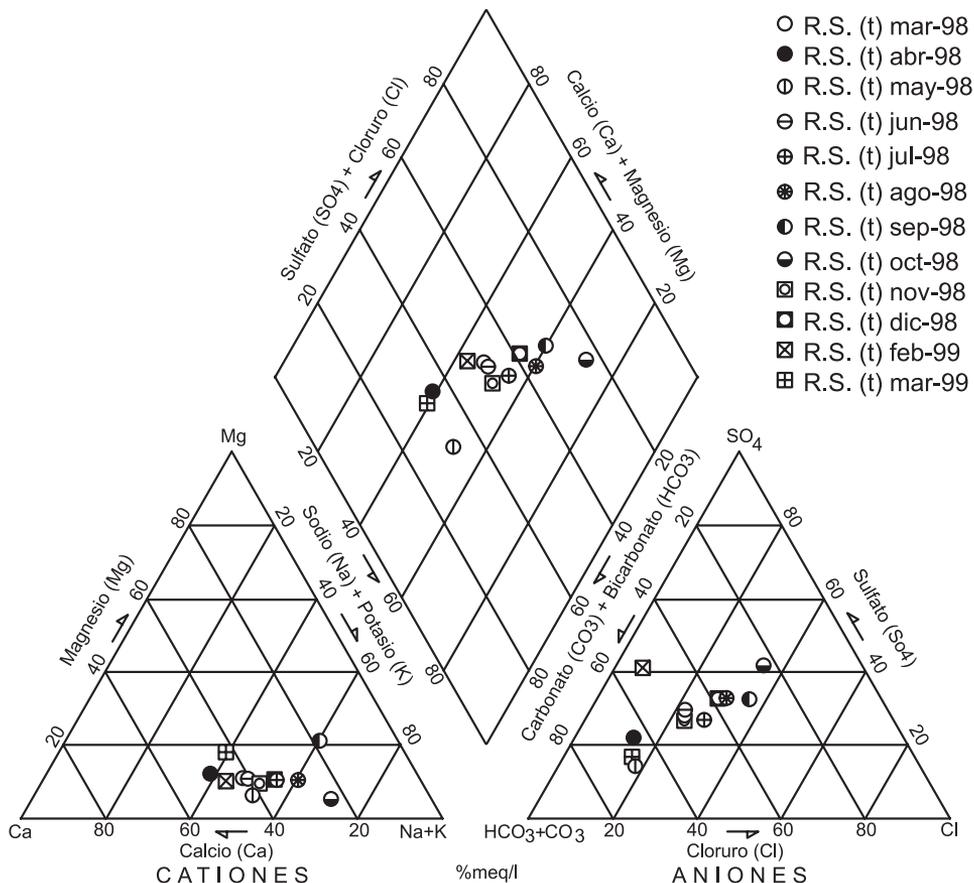


Figura 2. Facies hidroquímicas del agua del río Salí [tributario] [R.S. (t)] (diagramas de Piper) durante un ciclo anual.

1998 y 27 °C en marzo de 1998 (Fig. 6). El rango de pH estuvo entre 6,8 y 8,6 para abril y diciembre de 1998, respectivamente (Fig. 7). En cuanto a los sólidos totales fluctuaron entre 139 mgL⁻¹ (abril de 1998) y 979 mgL⁻¹ (marzo de 1999). Se alcanzó el máximo valor de turbidez en febrero de 1999 con 140 NTU, siendo mínima en junio de 1998 con 1,6 NTU. La conductividad eléctrica varió entre 133 μ Scm⁻¹ para enero de 1999 y 393 μ Scm⁻¹ en agosto de 1998. Presentó correlaciones altamente significativas con todos los iones mayoritarios y con el oxígeno disuelto (OD) (Cuadro 3) (Figs. 8-10).

Los valores de OD fueron, en general, superiores a los 7 mgL⁻¹ alcanzando en el mes de junio el máximo con 10,3 mgL⁻¹. Durante el verano se dieron los registros menores y el mínimo fue de 6,8 mgL⁻¹ en enero de 1999 (Fig. 11). Esta variable se correlacionó positivamente con el bicarbonato y el magnesio.

Los valores de DBO₅ oscilaron entre 0,2

mgL⁻¹ en el mes de mayo de 1998 y 73 mgL⁻¹ en abril de 1998 (Fig. 12).

Con respecto a los compuestos nitrogenados, los valores de nitrato se ubicaron entre 1,6 en enero de 1999 y 5,0 mgL⁻¹ en marzo de 1998. El nitrito fluctuó entre valores no detectables desde mayo a julio de 1998 y 0,07 mgL⁻¹ registrado en los meses de diciembre y marzo de 1999. El amonio varió entre valores no detectables y 0,63 mgL⁻¹ obtenido para diciembre de 1998 (Figs. 13 A-C).

El ortofosfato sólo se registró en los meses de abril de 1998 y marzo de 1999 con valores de 0,19 y 0,12 mgL⁻¹, respectivamente (Fig. 14).

El manganeso tuvo su valor máximo en marzo de 1999 de 50 μ gL⁻¹ y el mínimo fue de 1,5 μ gL⁻¹ en el mes de julio (Fig. 15).

Entre los plaguicidas, el lindano alcanzó el registro máximo de 0,9 μ gL⁻¹ en enero de 1999. También se detectó con frecuencia metoxicloro cuyo valor más alto fue de 0,2 μ gL⁻¹ en noviembre de 1998 (Cuadro 6).

	Cond. eléc.	Sól. tot.	OD	DBO ₅	cloruro	sulfato	sodio
Temperatura			-,59*				
OD	,56*	-,83**					
DBO ₅	,69**	,75**	-,85**				
bicarbonato			,56*	-,62*			
cloruro	,93**						
sulfato	,92**				,95**		
sodio	,98**				,94**	,94**	
potasio	,65*				,79**	,81**	,77**
calcio	,79**		,68**	-,74**	,61*	,62*	,75**
magnesio	,65*		,56*				,58*

Cuadro 2. Valores de correlación de los parámetros físicos y químicos del río Salí (tributario). Cond. eléc. [conductividad eléctrica], Sól. tot. [sólidos totales], OD [oxígeno disuelto] y DBO₅ [demanda bioquímica de oxígeno]. [*: $\alpha = 0,05$ y **: $\alpha = 0,01$].

	Cond. eléc.	OD	potasio	cloruro	sulfato	sodio	calcio
OD	,72**			,73**	,67*	,68*	
Sól. tot.			,67*				
bicarbonato	,69**	,67*	,56*	,68*	,64*	,69**	,73**
cloruro	,98**						
sulfato	,96**			,95**			
sodio	,99**			,99**	,96**		
potasio	,84**			,82**	,78**		,82**
calcio	,88**			,84**	,85**	,88**	
magnesio	,78**	,83**		,83**	,77**	,85**	

Cuadro 3. Valores de correlación de los parámetros físicos y químicos del río Vipos. Cond. eléc. [conductividad eléctrica], Sól. tot. [sólidos totales], OD [oxígeno disuelto]. [*: $\alpha = 0,05$ y **: $\alpha = 0,01$].

En el río Tapia las aguas fueron sulfatadas cálcicas (Fig. 4). El ion calcio se encontró en mayor concentración excepto en los meses de septiembre y octubre, mientras que el menos abundante fue el ion potasio. Entre los aniones los valores más altos correspondieron al sulfato mientras que el bicarbonato y el cloruro presentaron concentraciones más bajas.

La temperatura osciló entre los 18 °C (abril de 1998) y los 26 °C (marzo de 1998). Con respecto al pH, en general, se observó una tendencia ascendente alcanzando los valores máximos en los tres últimos meses del estudio con un rango de 7,55 a 8,17 en marzo de 1998 y diciembre de 1998, respectivamente (Figs. 6 y 7). Los sólidos totales (Fig. 8) variaron entre 596 mgL⁻¹ para agosto de 1998 y 1.085 mgL⁻¹ para marzo y octubre de 1998 y tuvieron correlación positiva altamente significativa con el cloruro y el sulfato y sólo significativamente con la temperatura (Cuadro 4).

El valor mínimo de turbidez registrado en

todos los ríos estudiados se observó, en el Tapia, para enero de 1999 y correspondió a 0,8 NTU, mientras que el valor máximo encontrado fue de 220 NTU en febrero de 1999 (Fig. 9).

La conductividad eléctrica se mantuvo elevada con valores superiores a 1.100 μScm^{-1} durante la mayor parte del período estudiado. Los registros variaron entre 742 y 1.267 μScm^{-1} para los meses de abril de 1998 y enero de 1999, respectivamente (Fig. 10). Presentó correlaciones con el cloruro, sulfato, sodio y calcio (Cuadro 4).

Los tenores de OD fluctuaron entre 6,8 y 10,75 mgL⁻¹ para enero de 1999 y septiembre de 1998, respectivamente (Fig. 11).

La DBO₅ osciló entre 0,1 y 7,0 mgL⁻¹, para noviembre de 1998 y enero de 1999, respectivamente (Fig. 12).

El valor máximo de nitrato fue de 2,96 mgL⁻¹ en el mes de marzo de 1999 y el de nitrito de 0,08 mgL⁻¹ en diciembre de 1998. En general se observó una tendencia ascendente de los valores de amonio hacia la se-

	Cond. eléc.	Sól. tot.	DBO ₅	pH	cloruro	sodio
Temperatura		,64*				
OD			-,68*			
cloruro	,89**	,59**				
sulfato	,58*	,65**	-,59*		,59*	,72**
sodio	,76**		-,62*		,62*	
potasio				,66*		
calcio	,85**				,67*	,61*

Cuadro 4. Valores de correlación de los parámetros físicos y químicos del río Tapia.

Cond. eléc. [conductividad eléctrica], Sól. tot. [sólidos totales], OD [oxígeno disuelto] y DBO₅ [demanda bioquímica de oxígeno]. (*: $\alpha = 0,05$ y **: $\alpha = 0,01$).

	Cond. eléc.	Temp.	pH	cloruro	sodio	calcio
Temperatura	-,55*					
Sól. tot.	,69**		,80**	,64*	,74**	
OD		-,59*				
DBO ₅		,58*				-,59*
pH	,62*					
cloruro	,97**		,66*			
sulfato	,90**	-,57*		,89**	,88**	,69**
sodio	,97**		,69**	,95**		
calcio	,59*	-,73**			,64*	
magnesio						-,56*

Cuadro 5. Valores de correlación de los parámetros físicos y químicos del río Salí (emisario).

Cond. eléc. [conductividad eléctrica], Sól. tot. [sólidos totales], OD [oxígeno disuelto] y DBO₅ [demanda bioquímica de oxígeno]. (*: $\alpha = 0,05$ y **: $\alpha = 0,01$).

gunda mitad del período estudiado, alcanzando el máximo de 0,62 mgL⁻¹ en marzo de 1999 (Figs. 13 A-C).

El ortofosfato alcanzó el registro máximo en abril de 1998 con 0,36 mgL⁻¹. En general se mantuvo una tendencia decreciente alcanzando valores más elevados en la primera etapa del muestreo (Fig. 14).

Se observó que el manganeso osciló entre un máximo de 63,7 µgL⁻¹ en marzo de 1998 y un mínimo de 6,5 µgL⁻¹ en octubre de 1998 (Fig. 15).

Entre los compuestos organoclorados que se destacaron se debe mencionar al lindano, que fue detectado la mayor parte de los meses estudiados con un máximo de 0,4 µgL⁻¹ en diciembre de 1998. También se registró metoxicloro cuyos valores no superaron los 0,2 µgL⁻¹ (octubre de 1998). Además sobresalieron

en el DDT, clordano y dieldrín (Cuadro 6).

Las aguas del río Salí (emisario) fueron cloruradas y/o sulfatadas sódicas (Fig. 5). Se destacó el ion sodio sobre los otros cationes seguido, en orden decreciente, por el calcio, magnesio y potasio. El bicarbonato presentó un valor elevado en el mes de mayo de 1998 con 524,8 mgL⁻¹, convirtiéndose en el registro máximo encontrado durante el periodo estudiado.

La temperatura mínima del agua registrada para los meses de junio y agosto de 1998 fue de 16 °C, mientras que la máxima se produjo en marzo de 1998 con un valor de 24 °C (Fig. 6). Presentó una correlación negativa con el OD, sulfato y el calcio y positiva con la DBO₅ (Cuadro 5).

El pH resultó alcalino la mayor parte de los meses estudiados y estuvo cerca de la

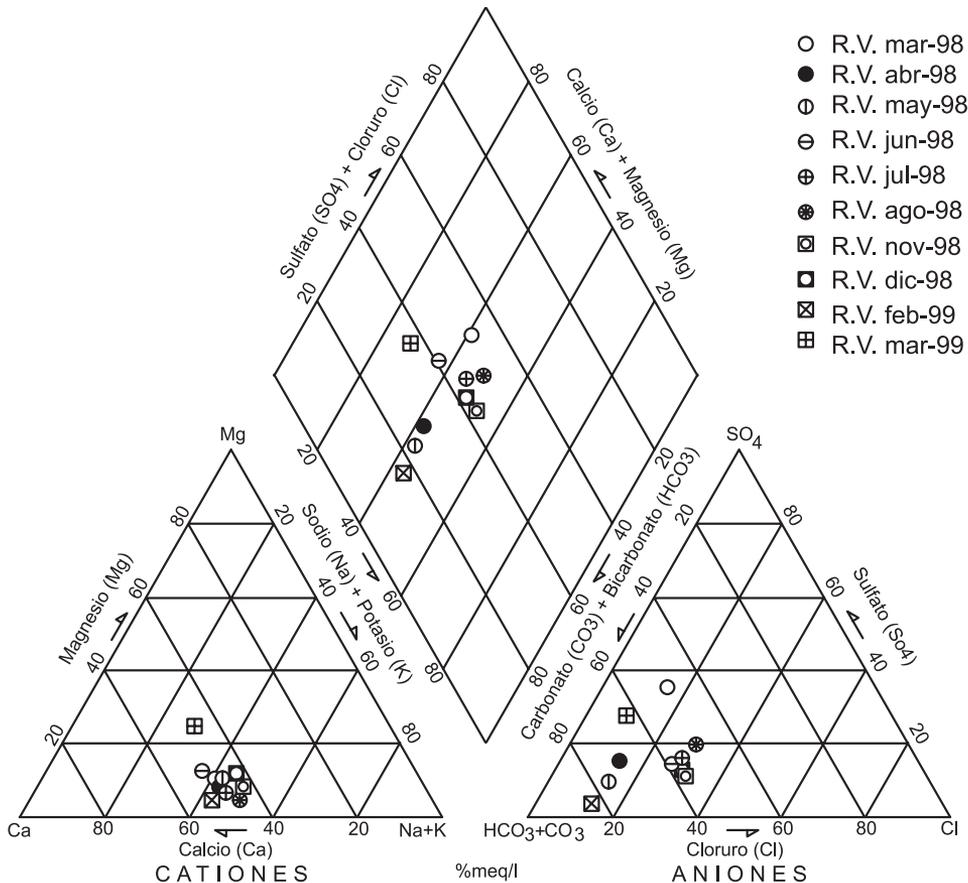


Figura 3. Facies hidroquímicas del agua del río Vipos [R.V.] (diagramas de Piper) durante un ciclo anual.

	río Salí (tributario)		río Vipos		río Tapia		río Salí (emisario)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Aldrin	0,002	0,013	0,001	0,001	0,0008	0,013	0,003	0,015
Dieldrín	0,001	0,007	0,006	0,006	0,006	0,05	0,0012	0,0012
Clordano	0,0006	0,09	0,002	0,02	0,0008	0,05	0,013	0,09
DDT	0,008	0,3	0,001	0,08	0,03	0,09	0,08	0,7
DDE	0,0038	0,05	nd	nd	0,003	0,003	0,05	0,05
Heptacloro	0,029	0,09	0,0005	0,022	0,02	0,023	0,017	0,04
Lindano	0,01	0,5	0,08	0,9	0,08	0,4	0,02	0,8
Metoxicloro	0,009	0,9	0,0008	0,21	0,0008	0,2	0,0008	0,2

Cuadro 6. Plaguicidas organoclorados registrados en el período comprendido entre marzo de 1998 y marzo 1999. (Mín.: mínimo, Máx.: máximo, nd: no detectado). Los valores están expresados en μgL^{-1} .

neutralidad alcanzando su valor más bajo en el mes de marzo de 1998 con 7,3 (Fig. 7). Tuvo una correlación positiva altamente significativa con los sólidos totales y el sodio y sólo significativa con el cloruro.

Los sólidos totales, en general, fueron superiores a los 550 mgL^{-1} . Los valores mínimo y máximo se dieron en los meses de marzo y agosto de 1998 con 326 mgL^{-1} y 967 mgL^{-1} , respectivamente (Fig. 8).

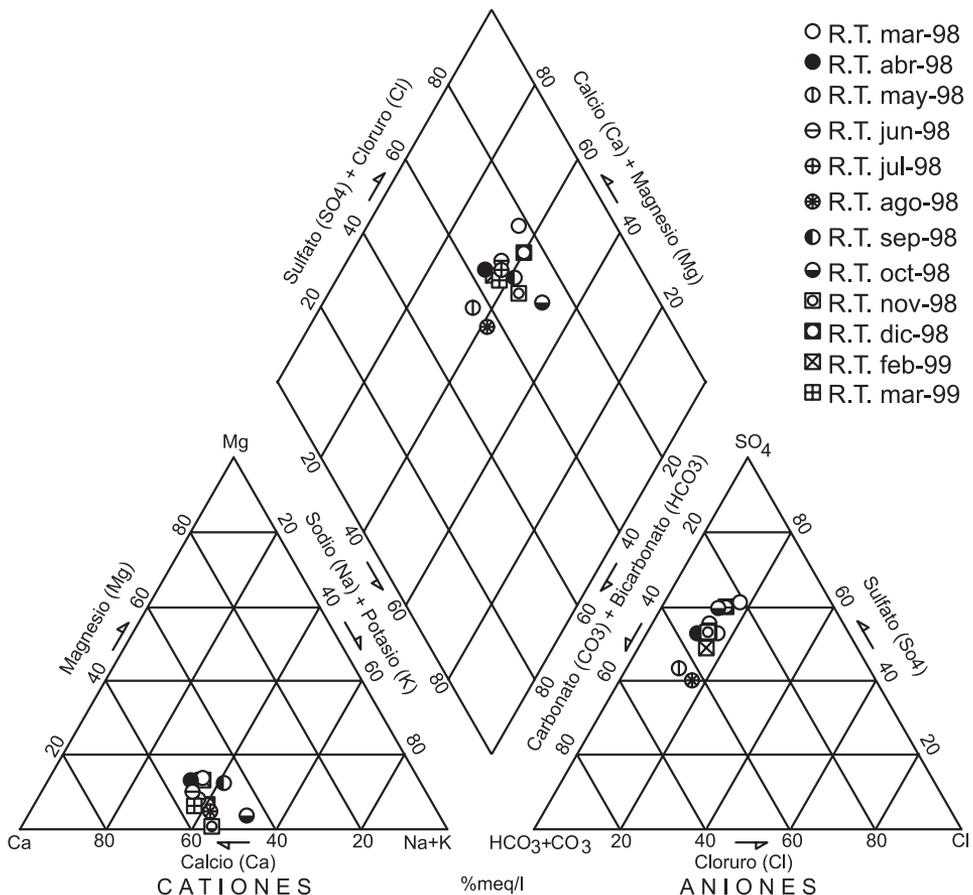


Figura 4. Facies hidroquímicas del agua del río Tapia [R.T.] (diagramas de Piper) durante un ciclo anual.

La turbidez osciló entre 2,3 NTU (enero de 1999) y 48 NTU (marzo de 1998). Se pudo ver una tendencia descendente, manteniéndose generalmente por debajo de los 10 NTU (Fig. 9).

La conductividad eléctrica varió entre 393 μScm^{-1} en marzo de 1998 y 1.017 μScm^{-1} en diciembre de 1998 (Fig. 10).

Los valores de OD fluctuaron entre 5,2 mgL^{-1} en enero de 1999 y 12,6 mgL^{-1} para junio de 1998 (Fig. 11). En general se observó una tendencia decreciente desde noviembre de 1998 a febrero de 1999 con valores cercanos a los 5 mgL^{-1} . Presentó una correlación negativa y significativa con la temperatura.

Los valores mínimos de DBO₅ se registraron en los meses de noviembre y diciembre de 1998 con 0,1 mgL^{-1} y el máximo se observó en enero con 15 mgL^{-1} (Fig. 12).

El nitrato estuvo comprendido entre 0,6

mgL^{-1} (enero de 1999) y 5,0 mgL^{-1} (marzo de 1998). En general, se registró una tendencia decreciente con valores superiores a los 2 mgL^{-1} . El valor máximo de nitrito correspondió a marzo de 1999 con 0,48 mgL^{-1} y en cuanto al amonio llegó hasta 0,49 mgL^{-1} en diciembre de 1998 (Figs. 13 A-C).

El ortofosfato sólo se detectó en los meses de marzo de ambos años, abril y junio de 1998, con registros que se ubicaron entre 0,18 y 0,61 mgL^{-1} (Fig. 14).

El manganeso mostró una tendencia bastante estable con un valor mínimo de 3,7 μgL^{-1} en julio de 1998. Cabe destacar el registro sumamente elevado que se observó en enero de 1999 de 426,4 μgL^{-1} (Fig. 15).

Se detectó lindano en septiembre de 1998 con un valor de 0,8 μgL^{-1} seguido por metoxicloro cuyos valores máximos se registraron en septiembre, enero y febrero de 1999

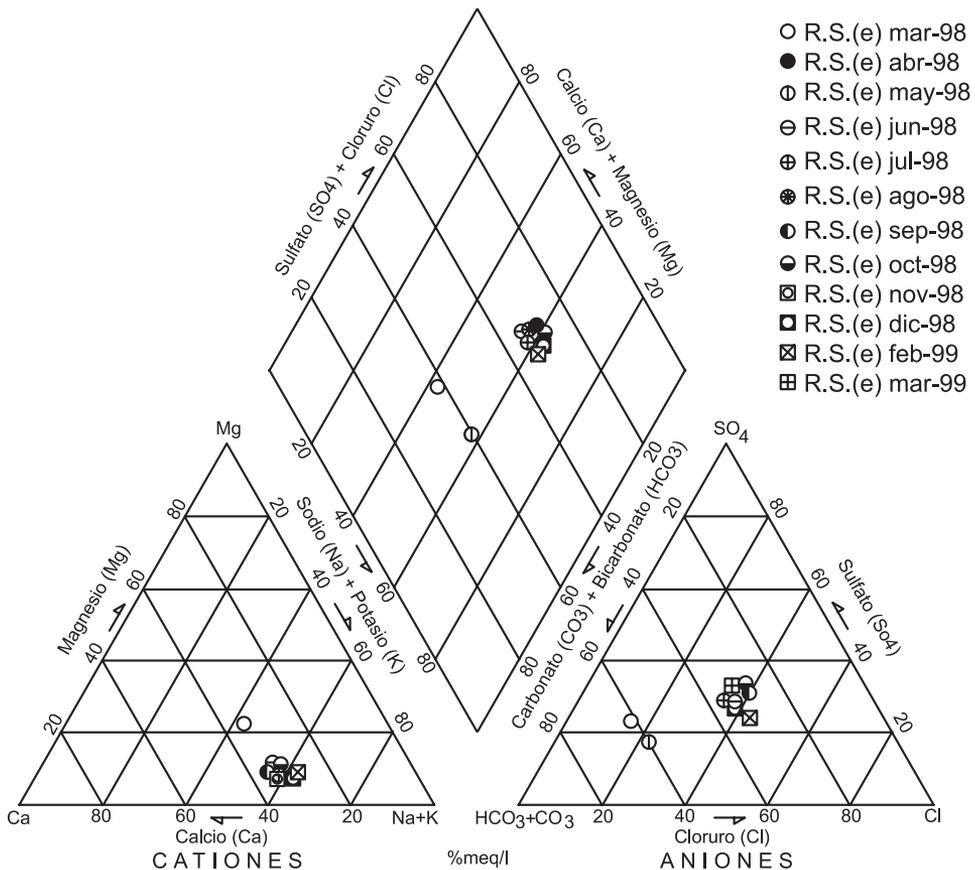


Figura 5. Facies hidroquímicas del agua del río Salí [emisario] [R.S. (e)] (diagramas de Piper) durante un ciclo anual.

con $0,2 \mu\text{gL}^{-1}$. También se destacaron el DDT, DDE y heptacloro (Cuadro 6).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Santillán de Andrés y Ricci (*op. cit.*) sostienen que el río Salí tiene un período de aguas altas (noviembre a abril) que coincide con el período de mayores precipitaciones y el resto del año corresponde a un período seco. En todos los ríos estudiados, las variables que principalmente fluctuaron coinci-

diendo con el ciclo hidrológico fueron: profundidad, temperatura y turbidez. En época de aguas bajas (mayo a octubre) se pueden destacar, entre otras, gran parte de los aniones y cationes cuyas concentraciones se vieron, en general, incrementadas al igual que la conductividad eléctrica especialmente en el Salí (tributario).

Los valores de pH no registraron amplias variaciones y se mantuvieron dentro de valores circumneutrales a ligeramente alcalino, en todos los ríos. Además las variaciones de la tem-

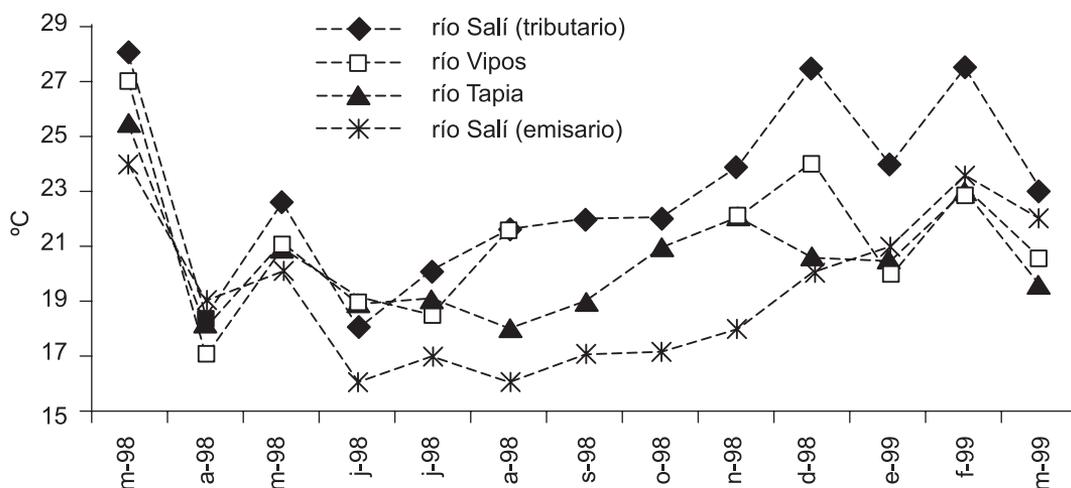


Figura 6. Variación anual de la temperatura del agua durante el periodo 1998-99.

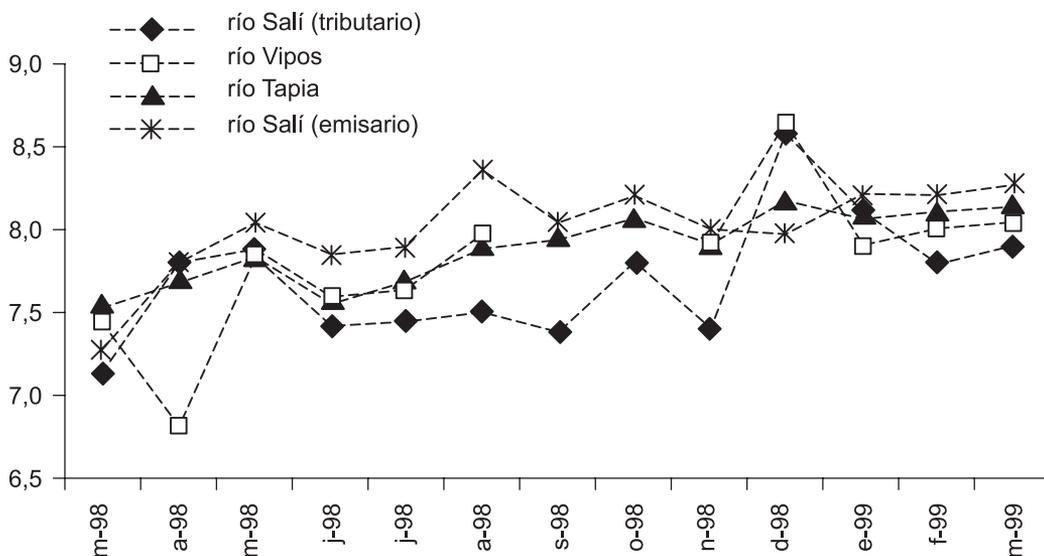


Figura 7. Fluctuación anual de los valores de pH durante el periodo 1998-99.

peratura del agua estuvieron en relación con los valores térmicos estacionales, registrándose los más elevados en el periodo estival.

La concentración de sólidos disueltos y la conductividad eléctrica alcanzaron valores máximos en los meses de estiaje. La reducción del caudal produce un aumento de la concentración iónica y el efecto de las precipitaciones eleva la capacidad de dilución de las aguas reduciendo los registros de estas variables.

De acuerdo a los valores promedios de conductividad eléctrica, las aguas se pudieron clasificar según Rodier (1990) como de mineralización media para el río Vipos (200-333 μScm^{-1}) mineralización media acentuada (< a 666 μScm^{-1}) en el caso del tributario Salí, mineralización importante (666-1.000 μScm^{-1}) para el río Salí (emisario) y excesiva en el caso del río Tapia, donde los registros fueron mayores a 1.000 μScm^{-1} durante la mayor parte del período es-

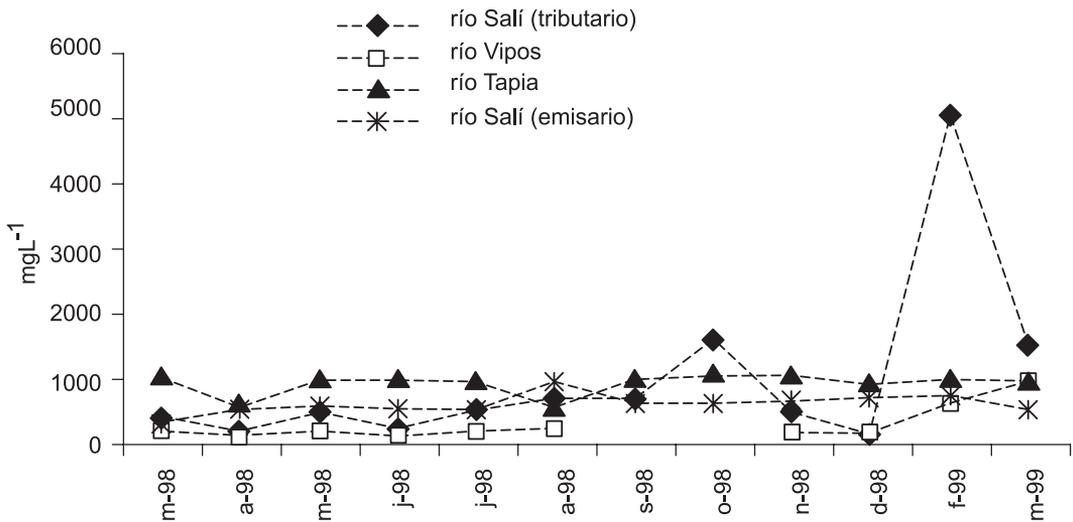


Figura 8. Variación anual de los sólidos totales durante el periodo 1998-99.

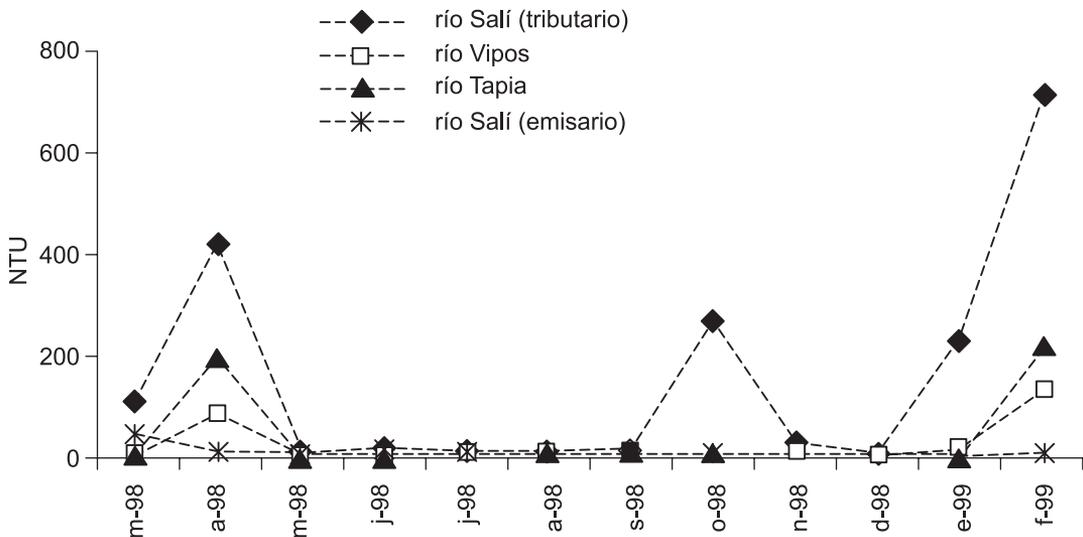


Figura 9. Distribución de los registros mensuales de turbidez durante el periodo 1998-99.

tudiado. Los datos obtenidos en 1988-89 (Villagra de Gamundi *et al.*, 1993) dieron una mineralización media para el río Vipos y excesiva para los restantes. En los ríos Vipos, Tapia y Salí (emisario) los valores promedios de conductividad presentaron una variación escasa entre las distintas estaciones del año. En cambio en el tributario Salí los valores promedios de conductividad invernal y primaveral superaron ampliamente a los correspondientes al verano.

Las aguas resultaron, en general, bien oxigenadas con valores cercanos y superiores a 8 mgL^{-1} . Se encuentran dentro de los límites aceptables de calidad de agua para el desarrollo de la vida acuática. Sólo para el emisario Salí en los meses de diciembre de 1998 y febrero de 1999 se registraron valores próximos al límite que puede afectar adversamente a las comunidades biológicas (Chapman y Kimstach, 1992). Durante la mayor parte del período estudiado la DBO_5 ,

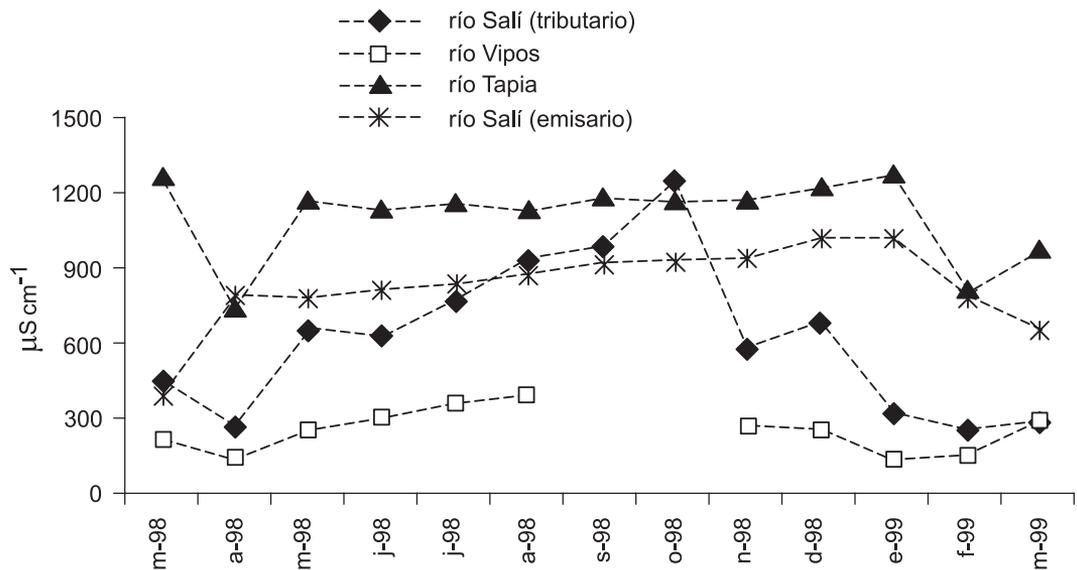


Figura 10. Variación anual de la conductividad eléctrica durante el periodo 1998-99.

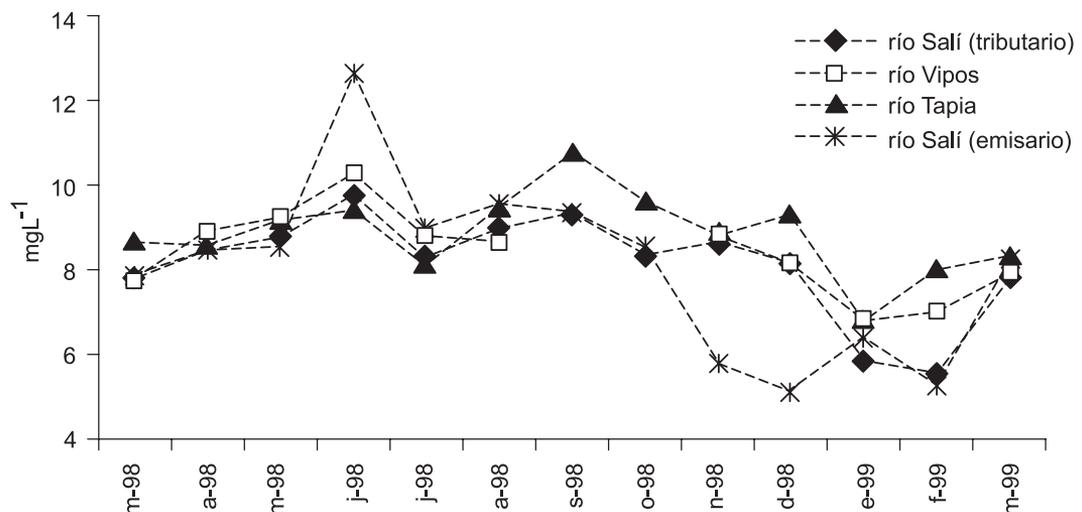


Figura 11. Fluctuaciones de los valores mensuales de oxígeno disuelto durante el periodo 1998-99.

de todos los ríos, se presentó por debajo de los límites permitidos para aguas aptas para el consumo ($< 4 \text{ mgL}^{-1}$) excepto en los meses de abril de 1998, enero y marzo de 1999 (excluyendo en este último mes al río Tapia). Los ríos Salí (tributario) y Vipos sobresalieron por sus registros elevados, no obstante, en enero, el valor máximo del tributario triplicó al del Vipos.

Con respecto al aporte de los sólidos totales al embalse, el río Tapia, en general, se destacó con una contribución alta ($> 940 \text{ mgL}^{-1}$). Sin embargo el río Salí tributario si bien se mantuvo casi todo el periodo estudiado con registros moderados a bajos, el máximo, observado en febrero de 1999, fue cinco veces superior a los valores encontrados en el Tapia. Gran parte de los sólidos quedan retenidos en el embalse provocando su colmatación (Kruse *et al.*, 1994). En el Salí emisario se obtuvo sólo en agosto un registro alto al extraerse agua desde zonas más profundas del embalse. Ésto se debió a la escasez de lluvias que provocó un descenso de la cota del lago afectando a la provisión de agua para potabilización y riego. En el río Vipos se encontró el registro mínimo de sólidos totales de este relevamiento correspondiente al mes de abril de 1998. Villagra de Gamundi, *et al.*, *op. cit.*, comentan que en el periodo 1987-88 el río Salí tributario fue el que realizó el principal aporte de los sólidos suspendidos provo-

cando la colmatación del lago y su escasa transparencia.

Las aguas de todos los ríos pueden calificarse como “duras” debido a que los registros elevados de Ca, en general, fueron muy superiores al umbral de dureza que corresponde a 20 mgL^{-1} (Wetzel, 1981).

En el río Tapia los valores de sulfato encontrados superaron ampliamente el máximo permitido (200 mgL^{-1}) para las aguas de consumo de acuerdo al Código Alimentario Argentino (De La Canal y Asociados, 2004) y en una oportunidad hubo un registro elevado en el río Salí (tributario). Ésto puede ser atribuido a los bancos de yeso o bochas de la formación del río Salí (Bossi, 1969). También en el Salí emisario se observó, en general, registros elevados de sulfato. La Organización Mundial de la Salud sugiere que la concentración límite no sea superior a 250 mgL^{-1} de sulfato. Para las normas americanas la concentración aceptable es de 200 mgL^{-1} y la máxima admisible de 400 mgL^{-1} (Rodier, 1990).

La relación de monovalente/divalente ($\text{Na}+\text{K} / \text{Ca}+\text{Mg}$) osciló entre 0,63 y 3,07 para todos los ríos (Golterman, 1975), en 1987-88 se obtuvieron valores máximos superiores llegando hasta 13,25 con el sodio como predominante (Villagra *et al.*, *op. cit.*). En los ríos Salí, tanto tributario como emisario se observó un predominio de los

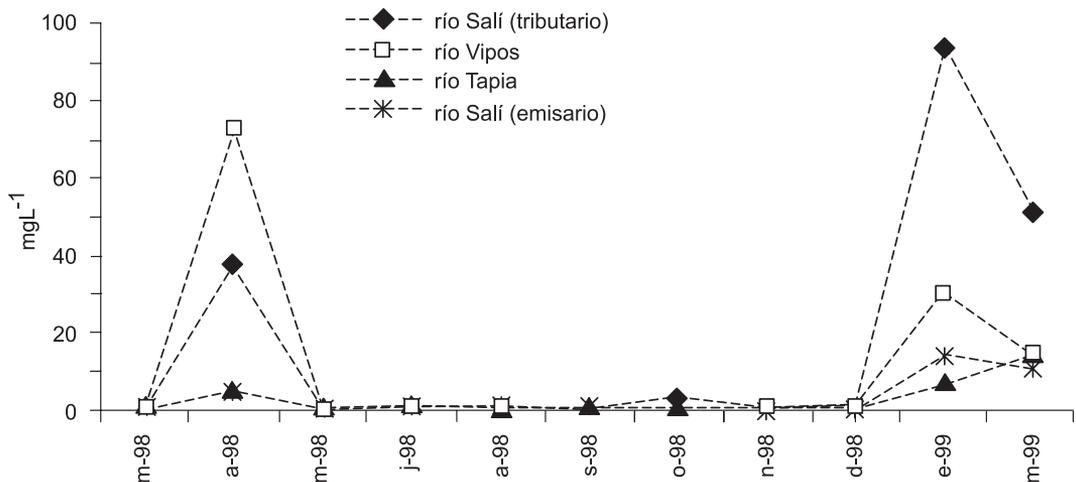


Figura 12. Distribución anual durante el periodo 1998-99 de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5).

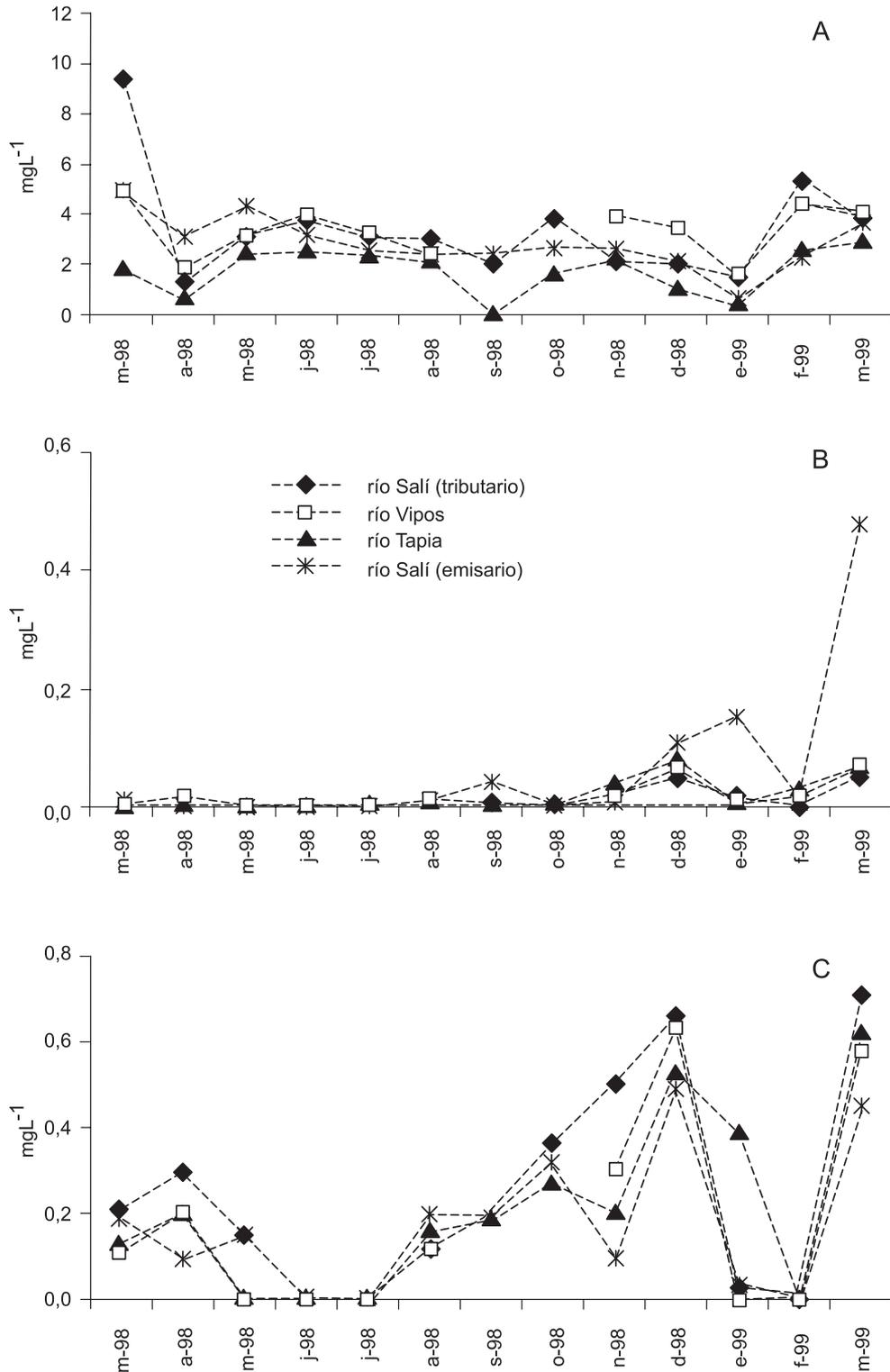


Figura 13 A-C. Variación anual (1998-99) de los compuestos nitrogenados: A: Nitrato, B: Nitrito, C: Amonio.

iones monovalentes especialmente del sodio, mientras que en Tapia y Vipos fueron superiores los divalentes con el calcio como ion dominante. Los tenores de potasio encontrados en todos los ríos, presentaron los valores esperables en las aguas naturales, es decir que no sobrepasaron los 10-15 mgL⁻¹ (Rodier, 1990). Sólo en el mes de octubre se encontraron valores cercanos a 10 mgL⁻¹ en el río Salí tanto tributario como emisario y en el Vipos.

Los valores de manganeso se mantuvieron dentro de los permitidos como concentración límite (De La Canal y Asociados, 2004) excepto para el río Salí emisario en los meses de agosto, octubre, diciembre y enero y en los ríos Tapia y el tributario Salí para marzo de 1998. Las normas americanas y europeas indican como concentración máxima 0,05 mgL⁻¹ y la francesa señala el límite en 0,1 mgL⁻¹ (Rodier, 1990). Las elevadas concentraciones de manganeso producen

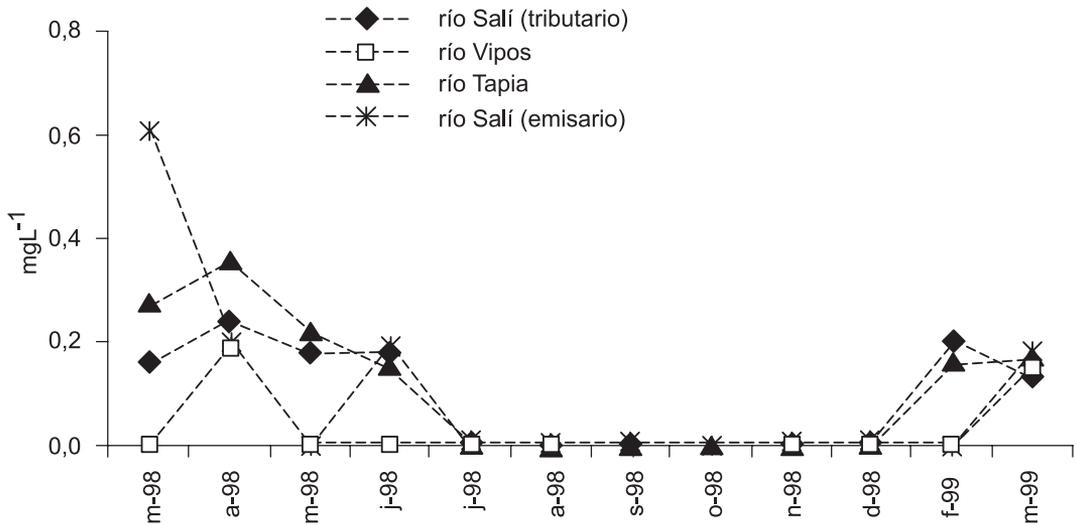


Figura 14. Fluctuación anual de los valores de ortofosfato durante el periodo 1998-99.

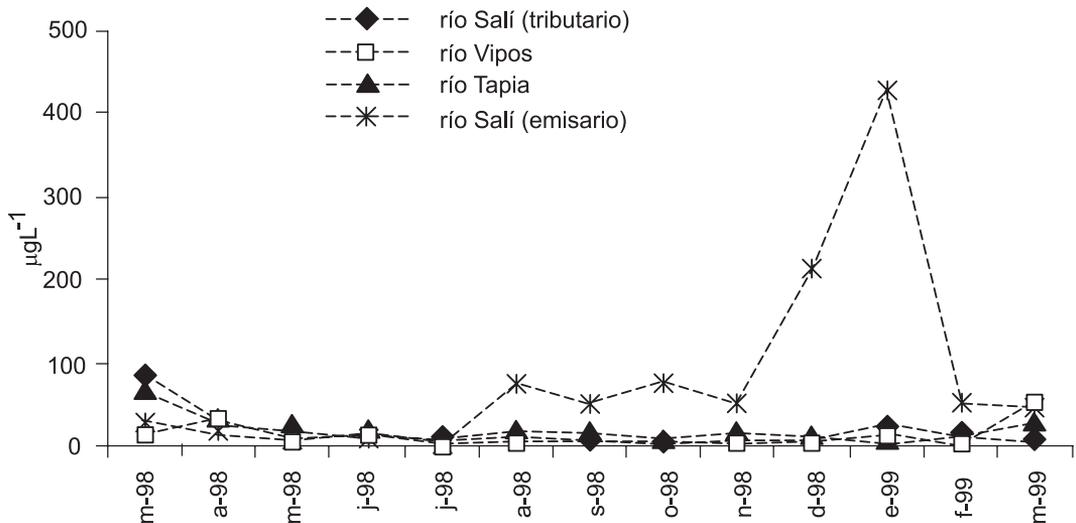


Figura 15. Variación anual del manganeso durante el periodo 1998-99.

problemas organolépticos provocando la turbidez y sabor desagradable.

Los registros de ortofosfato se encontraron dentro de los valores admisibles para el agua de consumo, es decir 1 mgL^{-1} , aunque también se pueden admitir concentraciones de hasta 5 mgL^{-1} cuando la contaminación es de origen antrópico (Rodier, 1990).

El $\text{NO}_3\text{-N}$ se mantuvo por debajo de los 5 mgL^{-1} , tenores que normalmente contienen las aguas superficiales influenciadas por las actividades humanas. En marzo de 1998 se registró un valor elevado lo que eventualmente indicaría polución por desechos humanos, de animales o por fertilizantes. En todos los ríos se observó desde octubre hasta diciembre de 1998 y en marzo de 1999 que el nitrógeno amoniacal superó las concentraciones típicas de las aguas superficiales $0,20 \text{ mgL}^{-1}$ (De La Canal y Asociados, 2004). En el periodo correspondiente a los años 1987-88 entre los compuestos nitrogenados sólo se destacó el nitrato del río Tapia con un registro de 2 mgL^{-1} mientras que el nitrito y el amonio no superaron los $0,12 \text{ mgL}^{-1}$ y $0,05 \text{ mgL}^{-1}$ respectivamente (Villagra de Gamundi, *et al.*, *op. cit.*).

La DBO_5 se mantuvo por debajo de los límites permitidos para el agua de consumo (De La Canal y Asociados, 2004).

Los plaguicidas organoclorados, lindano y metoxicloro, fueron los que se encontraron con mayor frecuencia y, en general, los valores obtenidos no superaron los límites de calidad establecidos por la reglamentación local para agua de consumo (Chaile *et al.*, 2000). Sin embargo, ya que el uso de estos compuestos está restringido por ley, debería realizarse un control más estricto para las ordenanzas vigentes sean respetadas.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Miguel Lillo por el apoyo brindado para la realización los viajes de campo y al Centro de Investigaciones y Transferencia en Química Aplicada (CIQ) de la Fac. de Cs. Naturales de la UNT por la ejecución de los análisis químicos y de manera especial al Sr. M. Montserrat Aróz por las determinaciones de manganeso. Asimismo, al equipo de Obras Sanitarias de Tucumán (ex Aguas del Aconquija S.A.) por la realización de los análisis químicos del mes de enero. También, al Ing. Agr. C. M. Lamas Jefe de la Sección Agrometeorología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres por los datos climatológicos brindados. Al Geol. A. Gutiérrez por la valiosa colaboración brindada en la compaginación y diagramación de las figuras.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA. 1989. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 17th. Ed. Amer. Publ. Health Assoc. Washington.
- APHA. 1992. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 18th. Ed. Amer. Publ. Health Assoc. Washington.
- Arias Verdes, J.A., C. Riera Betancourt, D. Rojas Companioni, N. Cabrera Cruz & G. Dierkmeier Corcuela. 1992. Plaguicidas Organoclorados, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (Serie Vigilancia). Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 96 pp.
- Bossi, G. 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del valle de Choromoro. Acta Geol. Lilloana 10 (2). 61 pp.
- Butí, C. & A. Miquelarena. 1995. Ictiofauna del Río Salí superior, departamento Trancas, Tucumán, República Argentina. Acta Zool. Lilloana 43 (1): 21-44.
- Consejo Federal de Inversiones (CFI). 1962. *Recursos hidráulicos superficiales*. Serie Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina (1^º Etapa) 4 (2). 79 pp.
- Chaile, A. P.; N. C. Romero; M. J. Amoroso, M. del V. Hidalgo & M. C. Apella. 1999. Plaguicidas organoclorados en el Río Salí. Tucumán, Argentina. Rev. Bol. de Ecol. 6: 203-209.
- Chaile, A. P.; N. C. Romero; M. J. Amoroso; M. del V. Hidalgo & M. C. Apella. 2000. Presencia de plaguicidas organoclorados en el Río Salí, Tucumán, Argentina. XVIII Congreso Nacional del Agua, Santiago del Estero, Argentina: 259-260.
- Chapman, D. & K. Kimstach. 1992. The selection of water quality variables. 51-119. In: Chapman, D. (ed.). Water Quality Assessments. Chapman & Hall. Great Britain. 585 pp.
- De La Canal & Asociados. 2004. Código Alimentario Argentino. Cap. XII: 982-1079.
- Díaz Rueda, O. 1988. Plan de estudios integrados de la cuenca río Salí-Dulce. Comité de cuenca Ríos Salí- Dulce, 1: 401 p.

- II: planillas y planos. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.
- Garrido, H. B. 2005. Población y tierra en la cuenca de Trancas provincia de Tucumán (República Argentina). Cuadernos de Desarrollo Rural 54. 31 pp.
- Golterman, H. L., 1975. *Physiological Limnology*. Elsevier Scientific Publishing Company. 489 pp.
- Kruse, E.; R. Casanova & A. Fresca. 1994. Proceso de colmatación en embalses del noroeste argentino. *Tankay* 1: 14-16.
- Manoff, I. 1939. Las aguas salitrosas del río Salí, su origen y sus efectos. Boletín Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes 29: 17.
- Rodier, J. 1990. Análisis de las aguas. Ed. OMEGA. Barcelona. 1059 pp.
- Santillán de Andrés, S. E. & R. Ricci. 1966. La región de la Cuenca de Tapia-Trancas. Serie Monográfica 15. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Tucumán. 69 pp.
- Santillán de Andrés, S. E. & R. Ricci, 1980. Geografía de Tucumán. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Tucumán. 175 pp.
- Tracanna, B. C. & S. N. Martínez De Marco, 1997. Ficoflora del río Salí y sus tributarios en áreas del embalse Dr. C. Gelsi (Tucumán- Argentina). *Natura Neotropicalis* 28 (1): 23-38.
- Vervoorst, F. B., 1981. Mapa de las comunidades vegetales de la Prov. de Tucumán. En R. F. Laurent y E. M. Terán. 1982. Lista de los anfibios y reptiles de la provincia de Tucumán. *Miscelanea*, 71: 8-9.
- Villagra de Gamundi, A.; C. Seeligmann de Sosa Gómez; B. C. Tracanna & C. Locascio de Mitrovich. 1993. Sobre la limnología fisicoquímica del río Salí y sus tributarios en áreas próximas al embalse El Cadillal (Tucumán, Argentina). *Miscelánea* 91. FML. 18 pp.
- Wetzel, R. G., 1981. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona, 679 pp.