

ISSN 0325-2809	Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, n° 11, p.: 41 - 69	1980
-------------------	--	------

ECOLOGIA DE LA CONTAMINACION DE LA CUENCA INFERIOR DEL RIO SALADO (*)

I Nota: Evaluación de coliformes fecales

*Federico Emiliani (**)*
Instituto Nacional de Limnología
J. Maciá 1933
3016 Sto. Tomé (S.Fe)
Argentina

RESUMEN

Se comprobó una concentración anormalmente alta de coliformes fecales (CF) en diversos sectores del río Salado y en sus afluentes. Se discuten las causas de esta anomalía: existen factores "crónicos" (descargas permanentes de residuos con alta concentración de CF) y factores "circunstanciales" (lavado pluvial de suelos contaminados con CF).

SUMMARY

Pollution ecology in the lower Salado river basin, I note: Fecal Coliforms evaluation.

An unusual high concentration of fecal coliforms (FC) was stated. While discharges of wastewater from dairy industries, hog houses, towns, etc., were a continuous source and the most important one of FC, significant inputs to this basin also occurred as an intermittent pollution from landwash runoff of agricultural areas.

(*) Trabajo presentado en la Reunión de Comunicaciones Científicas de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, nov. 1979 y en las V Jornadas Argentinas de Microbiología (I Simposium Nacional de Enterobacterias), en octubre 1980.

(**) Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

INTRODUCCION

La cuenca del río Salado puede conocerse, en parte, a través del trabajo de Gollán y Lachaga²¹, quienes señalaron sus caracteres fundamentales y los resultados de algunos análisis químicos. Las causas de la alta concentración de sales de las aguas de esta cuenca fueron atribuidas a los suelos salinos y al acuífero de fondo. Soldano⁴⁰, describió el curso de este río, como así también su régimen hidrológico para el período 1934-1941.

Maglianesi y Depetris²⁷, estudiaron diversos aspectos químicos de las aguas del río Salado, destacando su alta concentración de sales disueltas y su riqueza en compuestos nitrogenados inorgánicos. Previamente¹², se habían publicado análisis mineralógicos del material suspendido y de fondo.

También fueron publicadas las principales características meteorológicas y de los suelos de la cuenca del Salado^{8,11,31}. Otros autores²⁴, discutieron los resultados de los análisis de conductividad del río Salado y del Cululú en relación a las precipitaciones pluviales y al caudal. También se publicaron¹ interesantes consideraciones sobre las crecidas del río Salado.

Las características regionales de la producción agropecuaria y de industrias relacionadas se pueden encontrar en diversas comunicaciones^{29,37-39}. En una de ellas²⁹, se incluye también el censo realizado en 1980.

También se publicaron algunos estudios sobre microbiología y consideraciones sobre la contaminación del río Salado. En 1950 se aislaron especies del género *Vibrio*¹³. En 1963, Saballs y Getzrow⁴² publicaron el hallazgo de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en aguas superficiales (balnearios) y subterráneas de algunas localidades situadas en la cuenca de este río. En 1970 se dieron a conocer⁴⁹ las concentraciones de coliformes totales y fecales, enterococos y levaduras en cuatro puntos de muestreo en el río Salado y en El Vado. En 1971 se publicaron los resultados de otros análisis, destacándose la presencia de estreptococos fecales (*S. faecalis* y *S. faecium*), *aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacte aerogenes*, *E. coli*, clostridios sulfito reductores y del género *Salmonella*. También se encontró un gran número de enterobacterias resistentes a los antibióticos y sulfamidas. Este hecho reforzó la hipótesis de que la contaminación detectada en el último tramo era de origen humano^{46,47}.

En 1970 se publicaron⁴⁴ los resultados de la DBO₅ en muestras recolectadas desde Esperanza hasta Santo Tomé. Los valores oscilaron entre 2; 11 y 6,48 mg O₂/l, encontrando los valores más altos en invierno. Los datos permitieron suponer a los autores que la reaereación de este río era "muy satisfactoria".

Existen diversas publicaciones referentes a la calidad del agua subterránea. En 1942, Obras Sanitarias de la Nación (OSN^{34,35}) publicó los resultados de los análisis químicos de aguas subterráneas de diversas localidades situadas en la cuenca del río Salado, como así también los casos de tífus, relacionados con el consumo de agua. En 1970, Brodin^{4,5} dio a conocer los resultados de sus estudios hidrogeológicos realizados en Rafaela y en Esperanza. En 1975 se publicaron²³ los estudios sobre los recursos de agua subterránea y su aprovechamiento, incluyendo un mapa sobre la calidad química de estas aguas y algunas observaciones sobre las posibles causas de contaminación. En 1978, Bielsa *et al.*³

dieron a conocer la influencia de los rellenos sanitarios en la calidad del agua subterránea en Santo Tomé y Santa Fe. Posteriormente, en 1980, Ortolochipi³³ encontró que un elevado porcentaje (67,7 %) de muestras de agua subterránea, recolectada en el Dpto. Las Colonias, eran inaptas para el consumo humano (sea desde el punto de vista químico y/o bacteriológico).

Objetivo

El presente trabajo forma parte de un plan de investigaciones, actualmente en desarrollo en el Instituto Nacional de Limnología (CONICET), que tiene por objetivo el estudio ecológico de la contaminación en la cuenca inferior del río Salado.

El principal propósito de esta nota fue dar a conocer los resultados de una primera estimación de algunos aspectos bacteriológicos.

MATERIAL Y METODOS

El muestreo se realizó en 83 puntos - PM - (fig.nº 1 Cuadro nº 1), recolectándose 210 muestras en 38 campañas (SC) efectuadas desde abril 1978 hasta noviembre 1980. La zona estudiada está comprendida en la denominada cuenca lechera del "Centro Oeste Santafesino"³⁹.

El análisis de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) se realizó siguiendo la metodología y medios propuestos por Clark y Kabler⁹.

Las muestras se recolectaron en aguas superficiales, en la zona central de los cauces, con recipientes de vidrio (tipo "Pyrex") estériles y mantenidos aproximadamente durante 6 horas en un refrigerador portátil, antes de realizar las diluciones y siembras (por quintuplicado). Simultáneamente, se tomaron muestras para el análisis de la DBO_5 , oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, transparencia, profundidad y velocidad de la corriente. Los resultados de estas mediciones se darán a conocer en una próxima nota.

Por lo general, los datos de lluvias utilizados fueron los publicados en los "Boletín de Prensa, Secretaría de Información Pública, Dir.Gral. de Prensa". También se utilizaron los registros del F.C.Belgrano y observaciones personales realizadas en campaña.

El relevamiento y orientación de cursos de aguas residuales (fig.nº3) se realizó por vía terrestre y aérea.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los del relevamiento de efluentes están señalados en la fig.nº3. Dicho relevamiento no es exhaustivo (p.ej., no se consignan los establecimientos de cría intensiva de animales, pequeños mataderos, bañaderos de haciendas, etc.). Es necesario señalar que la mayoría provienen de las industrias lácteas y están asociadas a criaderos de cerdos, hasta los cuales conducen el suero por cañería o en camiones cisterna.

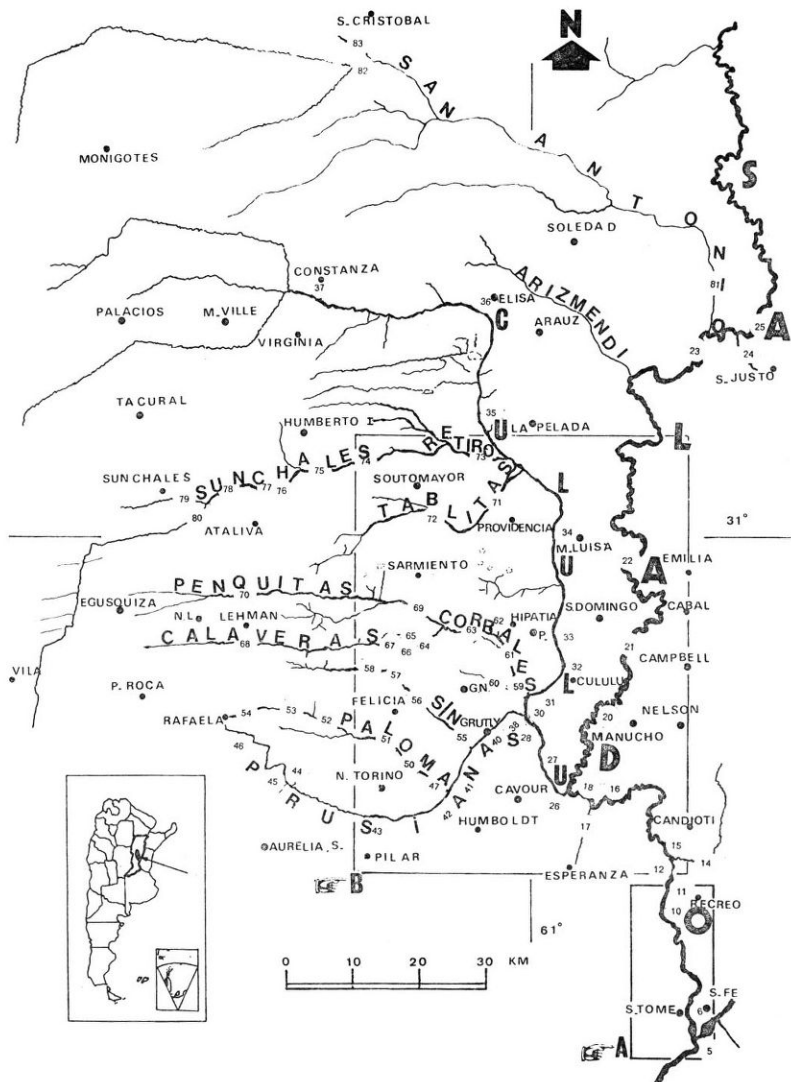


Fig. 1.- Cuenca inferior del río Salado y los puntos de muestreo.

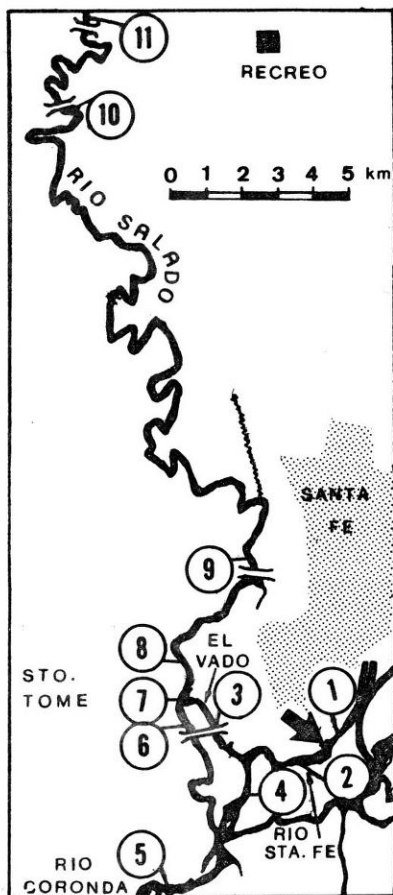


Fig. 2.- Zona A de la figura 1. La flecha indica el lugar desagüe de las cloacas, camiones atmosféricos e industrias alimenticias.

Cuadro 1.- Referencias de los puntos de muestreo (PM).

PM	L u g a r
	<u>Río Santa Fe (SF) - Río Salado (RS)</u>
1	SF, antes desagüe cloacal e industrial .
2	SF, después desagüe .
3	Río El Vado
4	SF, después del Vado
5	Río Coronda.
6	RS, p.c.l.* Sto. Tomé.
7	RS, después desembocadura del Vado
8	RS, antes desembocadura del Vado
9	RS, puente autopista Rosario-Santa Fe.
10	RS, puente Mihura.
11	RS, ruta 166, puente entre Recreo y Esperanza.
12	RS, después desembocadura del canal L. Paiva.
13	Canal L. Paiva, a 100 m de su desembocadura.
14	Canal L. Paiva, desde puente ruta 11.
15	RS, 200 m antes desembocadura canal L. Paiva.
16	RS, p.c.l. Esperanza, después desembocadura Zanjón 1° de Mayo.
17	Zanjón 1° de Mayo (desagüe de industrias, pluvial y de camiones atmosféricos).
18	RS, antes desagüe del zanjón 1° de Mayo.
19	RS, cerca del Balneario de Esperanza.
20	RS, p.c.l. Manucho, ruta 4.
21	RS, p.c.l. LLambi Campbell.
22	RS, p.c.l. Emilia ,ruta 62.
23	RS, puente ruta 61 , camino a Soledad, después desembocadura del A° S. Antonio.
24	Cañada de San Justo (desagüe de industrias y de camiones atmosféricos
25	RS, puente sobre ruta 2 , camino a Petronila, cerca Balneario "República del Salado".

* p.c.l. puente cercano a la localidad de ...

Cuadro 1.- (Continuación).

PM	L u g a r
	<u>Río Cululú</u>
26	p.c.l. Cavour.
27	en el "Paso de las Piedras", frente club "El Zar".
28	180 m después desembocadura A° Las Prusianas.
29	100 m antes de la desembocadura A° Las Prusianas.
30	440 m después desembocadura A° Los Corrales.
31a,b,c	100,1100 y 2500 m, respectivamente, antes desembocadura A° Los Corrales.
32	p.c.l. Cululú.
33	p.c.l. Progreso.
34a,b,c	Efluente y lagunas de tratamiento primario y secundario, respectivamente, de una industria láctea.
34d	p.c.l. Providencia.
35	p.c.l. La Pelada.
36	p.c.l. Elisa.
37	ruta 13, p.c.l. Constanza (Canal ppal. n° 1).

Arroyo Las Prusianas

38	200 m antes de su desembocadura en el R. Cululú.
39	Desagüe de industria láctea, antes de su vertido en el arroyo.
40	p.c.l. Grutly Sur.
41	p.c.T°* Tholmann (después desembocadura A° Las Palomas).
42	ruta 166, p.c.l. Humboldt.
43	ruta 10, p.c.l. Pilar
44	a 2 km, aprox. de ruta 168, puente cerca tambo Lionetto.
45	a 1 km, aprox. de ruta 168, puente cercano al Bche. Boca del Tigre.
46	a pocos metros puente FCCB (ciudad de Rafaela, canal Sur).

Arroyo Las Palomas

47a,b,c,d	Después de desagüe industrial, a 170, 210, 225 y 250 m, respectivamente.
48a,b	Desagüe de laguna anaerobia de criadero de cerdos y de industria láctea, respectivamente.
49	3 m antes del desagüe mencionado.
50	desde puente cercano al Tambo Flesia. p.c.T°. Flesia
51	ruta 10, p.c.l. N.Torino.
52	p.c.T°* Vega.
53	p.c. a la ex-cremería "Bella Italia".
54	puente sobre el Canal Norte (Ciudad de Rafaela).

* p.c.T°..Ea...= puente cercano al Tambo...Estancia (los nombres son los dados en las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar.

Cuadro 1.- (Continuación).

PM

L u g a r

Arroyo Sin Nombre (S/N)

- 55 p.c.Ea. Robles
56 p.c. à Industria láctea (antes de su desagüe).
57 ruta 10, p.c.l. Felicia, T° Dupertuis.
58 sobre camino de tierra, puente a 3 km, aprox. del PM 57.

Arroyo Los Corrales

- 59 200-500 m antes de su desembocadura en A° Las Prusianas.
60 Cañada Grutly Norte, puente ferroviario FCGB.
61 desde puente Peña.
62 desagüe de Industria láctea.
63 antes del desagüe anterior, desde puente inhabilitado.

Arroyo Las Calaveras

- 64 a 1 km PM 65, puente sobre camino de tierra.
65 ruta 10, p.c. desagüe industria láctea.
66 Desagüe Industria láctea.
67 3 m antes desagüe (PM 66).
68 ruta 34, p.c.l. Lehman

Arroyo Las Penquitas

- 69 ruta 10, p.c.l. Sarmiento
70 puente sobre ruta 34.

Arroyo Las Tablitas

- 71 p.c.l. Providencia, a 2 km aprox. desagüe Industria láctea.
72 p.c.Ea. La morocha.

Arroyo Retiro-Cañada Sunchales

- 73 ruta 301, puente Barranquitas (a 5 km de afluente s/n).
74 puente "Ballarini" (límite departamental; a 19 km PM 73)
75 a 9 km, aprox., de PM 74, después desagüe Cañada Humberto I (con
vertidos Industria Láctea).
76 puente sobre ruta 13, a 8 km PM 75.
77 p.s. ruta 8, a 1.5 km PM 76.
78 p.c.Ea. Verón, a 4.0 km PM 77.
79 p.c.l. Sunchales (a 7.5. km PM 78).
80 Canal Vila-Cululú (p.c.l. Sunchales).

Cuadro 1.- (Continuación).

L u g a r

Arroyo San Antonio

81	camino entre Petronila y Rincón del Quebracho (aprox. a 10 km de su desembocadura en el Río Salado).
82	ruta 13, después de confluir con el Canal ppal. n° 2 y una cañada s/n. Antes del desagüe Industria láctea.
83	ruta 13, cañada s/n, p.c.l. San Cristóbal.

A los resultados de la colimetría los podemos agrupar, para simplificar su análisis, en aquéllos resultantes de muestreos "intensivos" (realizados en un mismo día y a corta distancia entre sí) y en los obtenidos de muestreos "extensivos" (los que apartan de esas características).

Muestreos Intensivos

A estos, a su vez, los podemos clasificar en aquéllos realizados en función del tiempo (en el mismo PM, pero recolectando muestras a diferentes horas) y en aquéllos realizados en función del espacio. En el cuadro n° 2 se puede apreciar una clara variación horaria en la concentración de CF en los PM 27, 40 y 43, lo que sería típico de la contaminación originada por la actividad humana, con descargas instantáneas de vertidos³⁰.

Los muestreos realizados en función del espacio (Cuadro n° 3) SC: V, XIV, XIX, XXVIII, parte de la XXX y XXXVIII) pueden dar una idea del efecto de la dilución y/o muerte de los CF una vez vertidos en el curso de agua. La falta de un mayor número de datos (inclusive datos hidrológicos, caudal de los vertidos, etc.) no permite concluir sobre las causas de su disminución. De los diez factores ambientales que afectan la supervivencia de los CF¹⁰, hay dos que se manifiestan con toda su intensidad en los afluentes del río Salado: la radiación solar y las algas (Chamberlín¹⁰ demostró que el primer factor es el más importante). Por lo general, transcurridas algunas semanas después de los períodos de lluvias, esos afluentes son transparentes hasta el fondo (o poco menos). Esta transparencia permite el desarrollo de algas perifíticas, alfombrando el fondo de los cauces; también fue frecuente encontrar masas de algas flotantes.

Si etimológicamente eutrófico significa que "alimenta bien⁵⁰", el gran desarrollo algal en los afluentes del Salado es evidencia suficiente para clasificarlos como "eutróficos".

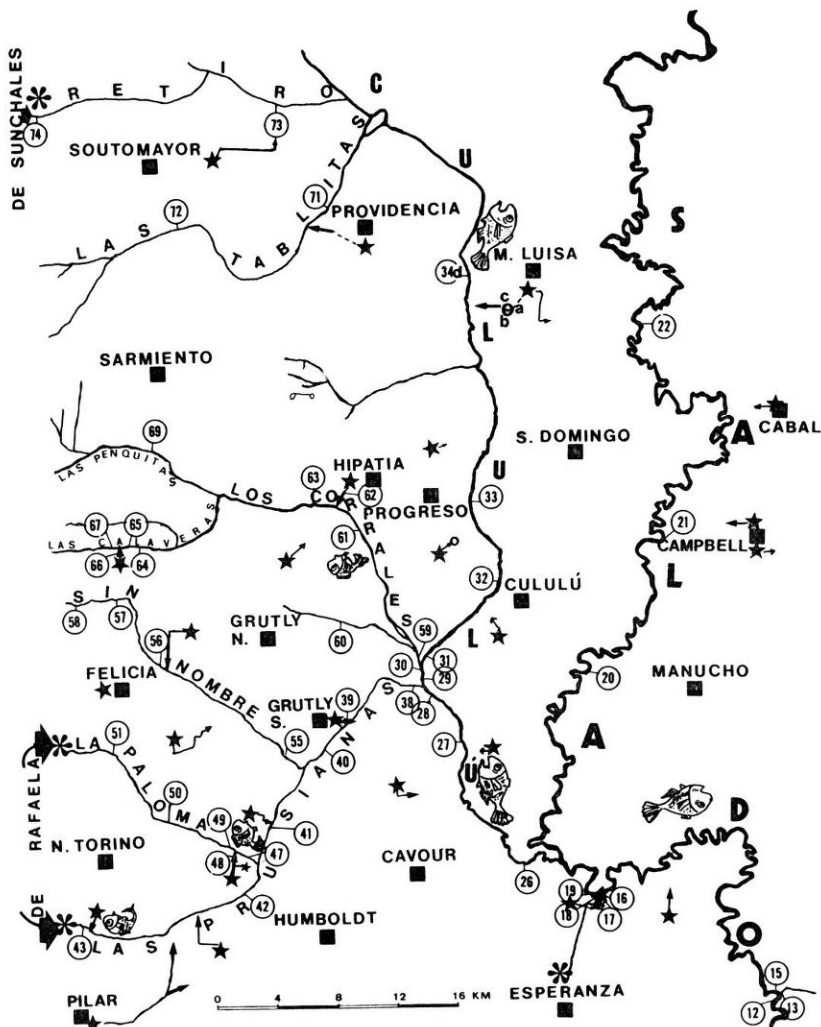


Fig. 3.- Zona B de la figura 1. Las estrellas indican establecimientos industriales. Las flechas indican la orientación de sus efluentes; los peces, donde se los ha visto pasar, muertos. Los asteriscos indican el inicio de canales donde desaguan un conjunto de efluentes. Cuando las flechas llegan al curso de agua, significa que los efluentes descargan directamente en él.

Cuadro No 2 : Variaciones horarias del NMP de coliformes fecales (CF, x 1000) en cinco puntos de muestreo (20, 27, 34, 40 y 43) y de su % en relación al NMP de coliformes totales (CT).

	10.30 ⁺	12.30	14.30	16.30	18.30
Las Prusianas (43)	49(29*)	35000(14,5)	79(10)	22(6,7)	49(2,2)
	17-130**	12000-100000	25-190	7-67	1,7-13
Las Prusianas (40)	49(15)	49(10)	130(12)	490(38)	70(3)
	17-130	17-130	35-300	170-1300	10-170
Cululú (34)	0,33(42)	0,33(67)	0,33(47)	0,08(24)	0,08(24)
	0,9-0,1	0,9-0,1	0,9-0,1	0,01-0,2	0,01-0,2
Cululú (27)	1,3(7,6)	4,9(2,9)	0,7(1,4)	0,7(32)	7,9(35)
	0,35-3,0	1,7-13,0	0,2-1,7	0,2-1,7	0,9-8,5
Salado (20)	0,33(42)	0,33(67)	0,13(5)	0,23(5)	0,11(2,4)
	0,07-0,7	0,04-0,5	0,03-0,3	0,07-0,7	0,03-0,25

+ Horas de Muestreo

* (CF/CT)x100

** Límites de confianza del NMP de CF (al 95%)

Cuadro n° 3.- Resultados de los análisis de colimetría en el río Salado y en sus afluentes (*).

N°SC	PM	CF x10 ³	(L)	%
I	7	9,30	(1,5-38)	10,0
	16	15,00	(3,0-44)	6,2
	20	0,43	(0,07-2,1)	28,7
	42	150,00	(30-440)	1,4
II	20	0,43	(0,07-2,1)	28,7
	23	0,43	(0,07-2,1)	46,2
	25	0,23	(0,07-0,7)	53,5
III	6	1,70	(0,43-4,90)	7,4
	11	0,49	(0,17-1,30)	1,5
	18	0,33	(0,93-0,11)	6,7
	19	0,23	(0,07-0,70)	4,5
	20	0,33	(0,11-0,93)	67,3
IV	20	2,20	(0,57-7,00)	15,7
	26	2,80	(0,90-8,50)	5,7
	42	0,49	(0,17-1,30)	1,5
V	1	0,23	(0,07-0,70)	4,7
	2	33,00	(11,0-93,0)	41,8
	3	3,30	(1,10-9,30)	67,3
	4	4,90	(1,70-13,0)	37,7
	5	0,79	(0,25-1,90)	10,0
	7	3,50	(1,20-10,0)	15,9
	8	1,10	(0,31-2,50)	13,9
VI	9	4,90	(1,70-13,0)	27,2
	10	2,80	(0,90-8,50)	1,2
	11	7,90	(2,50-19,0)	8,6
	13	0,79	(0,25-1,90)	10,0
	15	7,90	(2,50-19,0)	8,6
	20	0,02	(- - -)	4,1
VII	20	0,03	(0,01-0,09)	33,0
	42	7,00	(2,30-17,0)	1,4
VIII	20	0,14	(0,34-0,37)	4,2.
	42	49,00	(130-17,0)	10,0
	43	1700	(430-4900)	13,0

(*) Abreviaturas: N°SC = número de salida a campaña. PM = punto de muestreo. CF = coliformes fecales, número más probable/100 ml de agua. (L) = límites de confianza del orden del 95%. % = porcentaje de CF con respecto al NMP de Coliformes totales: (CF/CT) x 100.

Cuadro n° 3.- (Continuación).

N° SC	PM	C F x10 ³	(L)	%
IX	11	49,00	(17,0-130)	14,8
	16	70,00	(23,0-170)	8,9
	17	4900	(1700-13000)	9,1
	18	49,00	(17,0-130)	6,2
	20	17,00	(4,3-49,0)	48,6
	42	130,00	(35,0-300,)	19,0
	43	49,00	(17,0-130,)	10,0
X	6	7,90	(2,50-19,0)	34,3
	10	7,90	(2,50-19,0)	34,3
	16	3,30	(1,10-9,30)	25,4
	20	0,49	(0,17-1,30)	7,0
	43	290,00	(70,0-700,)	7,0
XI	10	22,00	(5,70-70,0)	12,9
	20	0,07	(0,01-0,17)	31,8
	43	0,79	(0,25-1,90)	16,0
XII	6	31,00	(11,0-89,0)	3,9
	11	79,00	(25,0-190,)	23,9
	18	7,90	(2,50-19,0)	56,0
	20	3,30	(1,10-9,30)	100,0
	43	49,00	(17,0-130)	6,2
	51	79,00	(25,0-190)	34,3
	57	49,00	(17,0-130)	62,0
65	160,00	(64,0-580)	100,0	
XIII	6	2,20	(0,57-7,00)	6,7
	11	0,79	(0,25-1,90)	4,6 ₃
	18	0,31	(0,11-0,89)	9x10 ₃
	20	0,13	(0,03-0,30)	11,8
	43	0,49	(0,17-1,30)	2,1
		14,00	(3,70-34,0)	15,0
XIV	47a	46,00	(16,0-120)	20,9
	47d	130,00	(35,0-300)	39,4
	48a	0,02	(- - -)	9x10 ₅
	48b	2300	(700 -7000)	46,9
	49	7,90	(2,50-19,0)	7,2
XV	6	0.79	(0.25-1.90)	16.0
XVIII	20	0,05	(0,02-0,13)	1,5
	21	0,03	(0,01-0,09)	6,7
	32	0,005	(0,00-0,01)	2,2
	33	0,05	(0,02-0,13)	3,8
	61	3,30	(1,10-9,30)	67,0
XIX	18	0,07	(0,01-0,17)	1,4
	20	0,05	(0,02-0,13)	1,5
	28	4,90	(1,70-13,00)	11,0
	29	0,049	(0,02-0,13)	10,0
	30	0,017	(0,005-0,046)	1,50
	31a	0,03	(0,01-0,09)	4,2
	31b	0,002	(0,000-0,007)	0,15
	31c	0,008	(0,001-0,002)	0,61
	38	11,0	(2,00-25,00)	2,2
	59	4,90	(1,70-13,00)	11,0

Cuadro n° 3.- (Continuación).

N° SC	PM	C F x 10 ³	(L)	%
XX	11	1,40	(0,37-3,40)	4,2
	18	0,70	(0,23-1,70)	15,0
	20	0,22	(0,06-0,70)	6,7
	26	1,70	(0,50-4,60)	7,4
	32	2,30	(0,70-7,00)	2,9
	34 d	0,46	(0,16-1,20)	0,6
	42	22,00	(5,70-70,0)	4,5
	43	31,00	(11,0-89,0)	0,9
XXI	40	49,00	(17,0-130)	3,8
	41	1100	(200,-2500)	22,0
	43	0,23	(0,07-0,70)	21,0
	45	330	(110,-930)	67,0
	47	17000	(5000,-46000)	22,0
	55	0,07	(0,01-0,17)	2,2
XXII	60	0,03	(0,01-0,09)	0,2
	61	70,00	(23,0-170)	41,0
	62	4900	(1700,-13000)	62,0
	63	0,03	(0,01-0,09)	6,7
	64	0,33	(0,11-0,93)	1,9
	68	0,79	(0,25-1,90)	34,0
	69	0,11	(0,02-0,25)	3,3
	70	1,70	(0,50-4,60)	5,1
XXIV	59	0,02	(0,005-0,07)	7,4
XXV	26	0,002	(- - -)	9x10 ⁻⁵
	32	0,17	(0,05-0,46)	7x10 ⁻³
	33	0,22	(0,06-0,70)	7,9
	34 d	0,11	(0,02-0,25)	3,3
	35	0,13	(0,03-0,31)	26,0
	71	2,20	(0,70-6,70)	2,0
	72	1,30	(0,35-3,00)	0,8
	73	0,20	(0,05-0,70)	1,8
	74	0,05	(0,005-0,10)	0,4
XXVI	20	0,05	(0,02-0,13)	2,1
	22	0,17	(0,05-0,46)	1,0
	23	0,13	(0,035-0,30)	3,9
	24	3300	(1100-9300)	67,0
	25	0,17	(0,05-0,46)	10,0
	81	0,03	(0,01-0,09)	0,2
XXVII	74	0,14	(0,04-0,34)	0,5
	75	0,5	(0,17-1,30)	1,0
	76	13,0	(3,50-30,0)	3,9
	77	17,0	(49,0-4,30)	4,2
	78	23,0	(7,00-70,0)	46,9
	79	4900	(1700-13000)	10,0
	80	0,49	(0,17-1,30)	38,0

Cuadro n° 3.- (Continuación).

N° SC	PM	C F $\times 10^4$	(L)	8
XXVIII	6	1,70	(0,43-4,90)	10,0
	11	1,70	(0,43-4,90)	10,0
	14	0,49	(0,17-1,30)	44,0
	16	1100	(200,-2500,)	7,0
	17	6300	(2100,-15000)	4,8
	18	0,79	(0,25-1,90)	2,9
	20	0,79	(0,25-1,90)	2,4
	22	0,28	(0,85-0,09)	3,5
34 d	0,79	(0,25-1,90)	16,0	
XIX	47	130000	(35000-300000)	24,1
	49	3,30	(1,10-9,30)	24,0
	50	2,80	(0,90-8,50)	12,2
	51	4,90	(1,70-13,0)	21,0
	52	23,00	(7,00-70,0)	4,7
	53	33,00	(11,0-93,0)	2,5
	54	33000	(11000-93000)	14,0
XXX	55	1,10	(0,31-2,50)	33,3
	56	0,79	(0,25-1,90)	38,0
	57	0,79	(0,25-1,90)	17,2
	58	0,46	(0,16-1,20)	4,2
	65	79,00	(25,0-190,)	3,0
	66	3300	(1100-9300)	30,0
	67	4,90	(1,70-13,0)	2,2
XXXI	26	0,49	(0,17-1,30)	10,0
	32	0,70	(0,23-1,70)	-
	33	0,79	(0,25-1,90)	16,1
	34 d	1,10	(0,31-2,50)	2,0
	35	0,13	(0,03-0,30)	5,6
	36	1,10	(0,31-2,50)	65,0
	73	0,49	(0,17-1,30)	3,9
	82	0,08	(0,02-0,19)	4,6
83	0,31	(0,11-0,89)	9,4	
XXXII (*)	26	790,00	(250,-1900)	-
	33	1100,0	(310,-2500)	-
	34 d	490,00	(170,-1300)	-
	35	31,00	(11,0-89,0)	-
	71	49,00	(130,-17,0)	-
73	490,00	(170,-1300)	-	
XXXIII	39	130000	(35000-300000)	37,0
	59	0,05	(0,017-0,13)	100,0
	61	49,00	(17,0-130,)	62,0

(*) Por haberse descompuesto el Baño a 44,5°C, sólo se señalan los Coliformes Totales

Cuadro n° 3.- (Continuación)

N° SC	PM	C F $\times 10^3$	(L)	%
	16	23000	(7000,-70000)	100
	18	0,33	(0,110-0,93)	4,2
	20	0,130	(0,035-0,30)	100
XXXIV	21	0,08	(0,025-0,19)	6,1
	26	0,33	(0,110-0,93)	100
	32	0,13	(0,035-0,30)	76
	33	0,23	(0,070-0,70)	70
	34 d	0,79	(0,250-0,79)	100
	26	7,00	(1,00-17,0)	5,4
	27	5,00	(1,70-13,0)	10,0
XXXV	32	4,90	(1,70-13,0)	15,0
	33	7,00	(2,3-17,0)	14,0
	34 d	3,30	(1,10-9,30)	6,7
	34a	700	(230-1700)	8,9
XXXVII	34b	22,	(5,7-70,0)	16,9
	34c	0,33	(0,11-0,93)	1,4

Dentro de este tipo de muestreo también está incluido el realizado en invierno de 1978 (fig. n° 2, Cuadro n° 3, SC:V). Los análisis indican que parte de la contaminación detectada en el tramo del río Salado, comprendido entre los ríos El Vado y Coronda, provenía de los desagües cloacales (e industriales) de la ciudad de Santa Fe y de la descarga de los camiones atmosféricos (de esa ciudad y de la de Santo Tomé), vertidos en el río Santa Fe sin tratamiento previo 20, 36, 43.

Estos vertidos llegaban a la zona mencionada a través de El Vado pues el nivel hidrométrico del Salado era inferior al del Santa Fe (lo que acontece frecuentemente). Estos resultados confirman a los obtenidos por otros autores 49 en 1970, pero resulta también evidente que el elevado número de CF en el punto de muestreo anterior a la desembocadura de El Vado y los registrados en otras oportunidades, en diferentes situaciones hidrológicas, permite suponer que los CF provienen, además, de otros vertidos, aguas arriba.

También se quiso tener una primera idea de la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales sobre la concentración de CF, según los métodos empleados en la zona: las denominadas "lagunas de oxidación" y las "lagunas anaerobias". Para el primer caso se eli-

gió el sistema existente en las cercanías de la localidad de Marfa Luisa (Cuadro nº 3, SC XXXVIII). El afluente de la industria láctea llegaba a la primera laguna (PM 34-b) a través de una cañería (PM 34-a). Después de un tiempo de permanencia (no determinado) pasaba a una segunda laguna (PM 34-c). La primera tenía la típica coloración roja, impartida por las "bacterias rojas del azufre" (frecuentes también en otros países 41); la segunda tenía una coloración verde, debida a las algas cianofitas. Las variaciones del número más probable (NMP) de CF (Cuadro 3, SC XXXVIII, PM 34-a, b y c) muestra a este sistema como efectivo en la reducción de CF, además de indicar que las aguas residuales de estas industrias tienen CF. También en otros países 25 se han encontrado CF en los afluentes de las industrias lácteas (entre 300.000 y 22.000.000 de E. coli/100 ml).

Tanto en nuestro país como en el exterior, hace ya varios años que se comprobó la abundancia de CF en los excrementos de animales 15, 16, 19, 26, especialmente en los de cerdo. Cuando sus excrementos son sometidos al conocido tratamiento de lagunas anaerobias, su número resulta insignificante 45. En efecto, en el desagüe de una laguna de este tipo (PM 48a) encontramos menos de 20 CF/100 ml, contrastando esta concentración con la existente en el efluente de una industria láctea, anexa a ese mismo criadero, con 2.300.000 CF/100 ml (PM 48-b).

Muestras Extensivos

Al resto de los muestreos los podemos clasificar con "exploratorios" o "extensivos". Fueron realizados para detectar algún eventual efluente y para estudiar el efecto de las lluvias.

La influencia de este factor sobre la calidad bacteriológica de las aguas es conocida. En nuestro país Ferramola y Monteverde 17 observaron aumentos en las concentraciones de *Pseudomonas* en coincidencia con los períodos de lluvia, en diversos ríos argentinos. En la reciente revisión de Geldreich 18, también se señala al lavado pluvial de los suelos como causante de la "violación" de las normas bacteriológicas de calidad de agua para balnearios y su inhabilitación durante los días subsiguientes. También se ha señalado 6 su incidencia circunstancial sobre la calidad bacteriológica de aguas subterráneas.

En la figura nº 4 hemos representado el NMP de CF en función del número de días sin lluvias (DSL) previos a la toma de muestras. Para esta relación se consideran principalmente los PM 32 y 33 del Cululú (se deshecharon resultados obtenidos en el PM 34 -por estar influenciados por los arroyos Retiro y Las Tablitas- y en el PM 36, frecuentemente afectado por el río Salado). Del río Salado se consideraron los PM ubicados aguas arriba del zanjón 10 de Mayo, especialmente el PM 20, que fue el más muestreado.

Si bien no hemos encontrado una estricta relación funcional entre la concentración del CF y el número DSL, demostramos que existe una tendencia: el NMP de CF tiende a incrementarse cuanto más cerca estuvo el día de muestreo al de las precipitaciones pluviales. Esta tendencia sería aún más clara si solamente se hubiesen elegido los puntos ubicados en el arroyo Cululú (por ser una cuenca más pequeña).

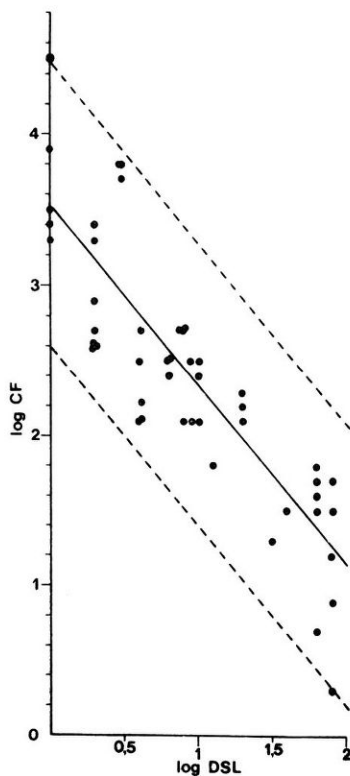


Fig. 4.- Relación entre la concentración de coliformes fecales (CF) y el número de días sin lluvias previos al día de muestreo (DSL). En línea segmentada, límites de confianza de la correlación (del orden del 95 %).

La ecuación de la recta de regresión resultó ser la siguiente: $\log CF = 3,51 - 1,2 \log DSL$. El coeficiente de correlación ($r = -0,858$) es altamente significativo y, según la tabla anova (cuadro nº 4) la incidencia del factor lluvia explica, aproximadamente el 74% de la variación de las concentraciones de CF en los lugares sujetos a "contaminación circunstancial". No se ha obtenido una mejor interpretación de las causas pues en este análisis estadístico no se ha tenido en cuenta la cuenca de drenaje, la intensidad

Cuadro No 4: Resultados del análisis de la varianza (concentración de CF en función del número de días sin lluvia previos al día de muestreo).

Fuente de variación	S.S.*	g.l.**	M.S.***
Total	48,1917	52	0,7729
Explicada	29,6090	1	29,6090
Residual	18,5827	51	0,2075

Coefficiente de correlación (r) = -0,858

F calculado = 142,7

Nivel de significación = 1% ($n_1 = 1; n_2 = 51$)

* Suma de los cuadrados

** grados de libertad

*** Suma de los cuadrados medios

de la precipitación, ni se ha hecho incidir el número de días sin lluvias previos a la última más cercana al día del muestreo, entre otros aspectos. Sobre estos dos últimos factores señalados se disponen de pocos datos como para justificar un análisis y cuantificar su incidencia en función del NMP de CF. Solamente a título ilustrativo podemos señalar que las concentraciones más altas se midieron cuando las precipitaciones ocurrieron después de varias semanas de sequía (hasta ocho), fueron prolongadas (más de dos días) y abundantes (más de 120 mm en 48 horas).

La importancia de esta probable acumulación de CF y su posterior arrastre hacia los cursos de agua por las lluvias, está indudablemente relacionado con el tiempo de supervivencia en el lugar donde son depositados. Esto no lo hemos analizado, ni en los excrementos ni en las depresiones donde se acumulan los vertidos. De acuerdo a numerosos trabajos en la literatura extranjera (p. ej. 22) ese tiempo resulta muy variable: dependiendo de numerosos factores ambientales, por lo general fluctúa entre menos de dos semanas hasta tres meses.

Mapa preliminar de la contaminación

El conjunto de los resultados obtenidos con ambos tipos de muestreo (intensivos y extensivos) y las observaciones realizadas en campaña (presencia de peces muertos, ubicación de industrias y establecimientos agropecuarios, etc.) nos permite aventurar una clasificación preliminar de la calidad bacteriológica de las aguas (figura nº 5). Los PM en los cuales la concentración de CF habitualmente fue superior a 200/100 ml, los denominados como sujetos a una contaminación "crónica". Estos PM se ubicaron principalmente en los arroyos Las Prusianas (fig. nº 6), Las Palomas, Sunchales-Retiro y sectores del río Salado y del Cululú, coincidiendo con la cercanía de descargas permanentes de aguas residuales, con elevado contenido de CF. En cambio, en los sectores donde el NMP de CF generalmente solo fue superior a 200/100 ml después de llover, fueron denominados como afectados a una contaminación "circunstancial". Generalmente coinciden con la ubicación de efluentes que no descargan directamente en los arroyos sino que se acumulan en represas, zanjas o en depresiones naturales del terreno. En estos casos, los CF pueden llegar a los cuerpos de agua por el lavado y arrastre de los suelos contaminados, acción realizada por las precipitaciones pluviales siguiendo el rumbo de las curvas de nivel.

Es de señalar que en ambos casos (crónica y circunstancial), las lluvias produjeron un aumento de CF debido, además, al lavado de los suelos sobre los cuales se depositan los excrementos de los vacunos criados en la zona.

En la figura nº 5 también hemos señalado sectores con contaminación "probable". Son tramos cuyo grado de contaminación aún no se ha podido determinar (mal estado de los caminos durante períodos de lluvia, zonas difícilmente accesibles por falta de caminos, poco caudales de agua como para remontar los cursos con botes a motor, etc.) pero nos permitimos suponer tal posibilidad por estar cercanos o entre contaminaciones crónicas o a acumulaciones con características similares a las mencionadas para el caso de contaminación circunstancial.

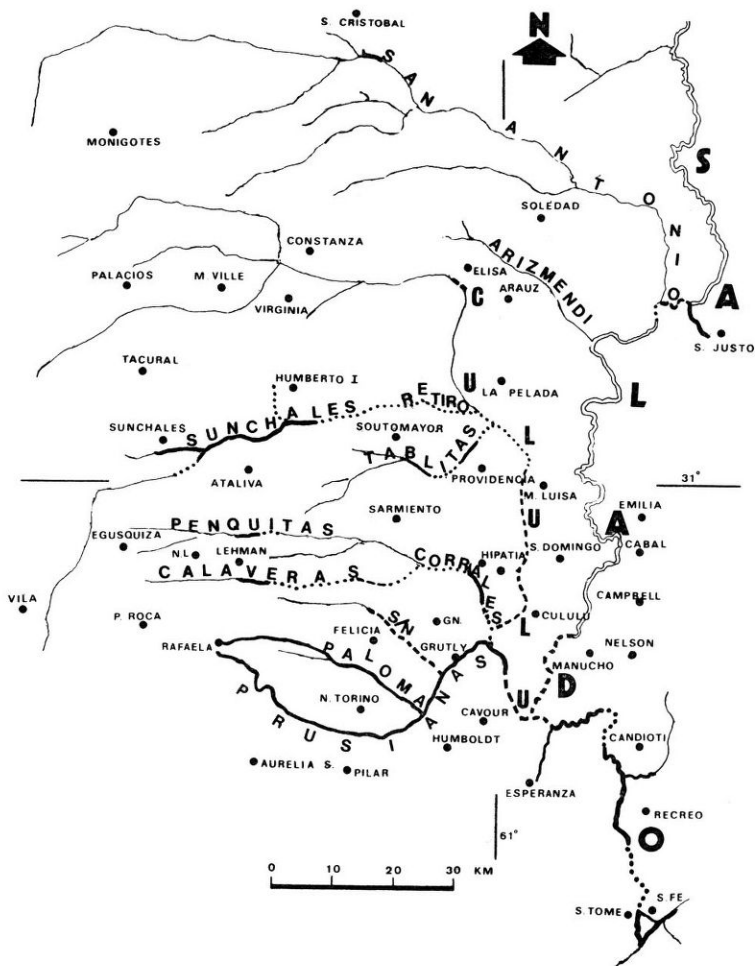


Fig. 5.- Mapa preliminar de la contaminación de la cuenca inferior del río Salado. Los cursos de agua en trazo grueso continuo indican contaminación crónica; en línea segmentada, contaminación circunstancial; en línea de puntos, contaminación probable; los sectores trazados en línea continua delgada corresponden a zonas en las cuales actualmente se desconoce su grado de contaminación o que no resultaron contaminadas.

La relación CF/CT

El porcentaje de CF con respecto a los CT (cuadro 3) varió ampliamente (entre 90×10^{-5} o/o y el 100 o/o). En algunos muestreos el o/o de CF fue alto donde se producían las descargas de aguas residuales y disminuía en los PM más alejados. Generalmente, sin embargo, el porcentaje resultó bajo o alto independientemente de lo señalado. Nuestro rango de variación supera ampliamente al encontrado por ORSANCO ³² en más de mil muestras recolectadas en seis puntos de muestreo. Ellos señalaron que los porcentajes más altos se encuentran en las proximidades del vertido de las aguas residuales y los bajos, al contrario. Nuestros resultados no confirman siempre esa aseveración. Tal discordancia y la mayor amplitud encontrada quizás se deba a la diferente naturaleza de los efluentes contaminantes, a la mayor diversidad de los biotopos muestreados como así también a la diferente metodología empleada.

Resulta llamativo que en algunos muestreos, aún en épocas de sequía y lejos del punto de vertido de aguas residuales, los CF si bien presentes en bajo número (p. ej. 49; 130/100 ml) constituyeron un alto porcentaje de la población de coliformes (hasta el 100 o/o). Quizás buena parte de este porcentaje pueda ser explicado como una contribución de la fauna del lugar (insectos, aves, tortugas, excrementos de ganado vacuno al vadear los arroyos, etc.). Seguramente, un estudio taxonómico de las especies bacterianas ayudará a aclarar el interrogante.

Discusión sobre la elección del indicador de contaminación

Actualmente, el NMP de CF como indicador de contaminación fecal es discutible ⁷. Para nosotros resultó útil pues el propósito no fue determinar únicamente contaminación de origen fecal, sino una contaminación inespecífica, cualquiera sea su origen y sea o no de interés sanitario. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los análisis demostraron que la concentración de CF era muy elevada en los efluentes de la zona estudiada (PM: 17, 24, 39, 48a - b, 62, 66, 79, 45, 34a).

Aquí resulta muy oportuno recordar que, además, no existe un concepto científico de contaminación ²⁸. De una manera general significa que algo se encuentra fuera de lugar, es decir, una alteración de las condiciones "normales" o típicas para un determinado cuerpo de agua. Teniendo presente tales aclaraciones, también consideramos que la elección del indicador no resultó inadecuada para este relevamiento general, debido a que nunca encontramos una concentración normalmente superior a los 200 CF/100 ml en los sectores lejanos a la continua presión antrópica y en los días de muestreo no influenciados por las lluvias. A título comparativo, se puede consultar el cuadro n° 5 en el cual se indican las medias geométricas de los análisis realizados durante el mismo período (y en otros anteriores) en aguas superficiales del cauce principal del río Paraná (en una estación de muestreo situada frente a la Toma de Aguas Corrientes-OSN, de la ciudad de Paraná, E. Ríos, Argentina).

Cuadro N° 5: Promedios (geométricos) del NMP de coliformes fecales en diversos cuerpos de agua.

RIO PARANA MEDIO	1978-1980 (*)	.....	80,5	★ (4,3)
RIO SALADO	PM 20 al 25	.....	211	(27)
	PM 6 al 15	.....	4330	(100)
	1971-1972 (**)	.....	5172	(100)
RIO CULULU	PM 29 al 35	.....	199	(35)
	PM 26 al 28	.....	1073	(83)
ARROYO LAS PRUSIANAS	PM 38 al 46	.....	51417	(96)
ARROYO LAS PALOMAS	PM 47 al 64	.....	125157	(100)
ARROYO LOS CORRALES	PM 61	.....	58600	(100)
	PM 59	.....	13	(0)

* y ** ver Bibliografía, referencias N° 14 y 48, respectivamente.

★ Porcentajes de muestras con una concentración superior a 400 CF/100 ml.

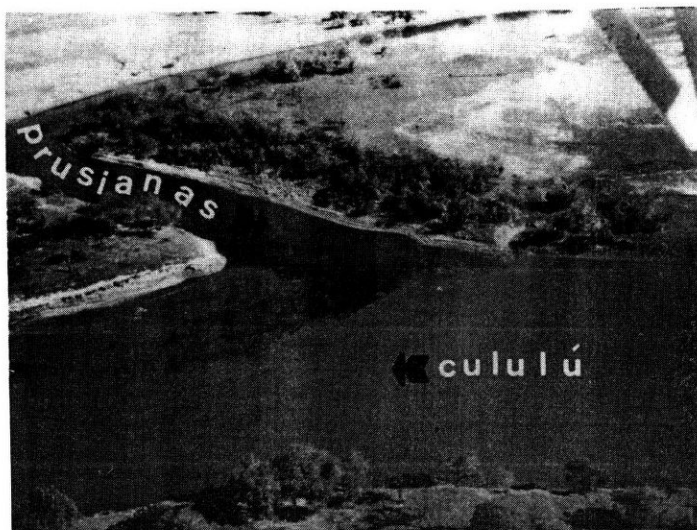


Fig. 6.- Fotografía aérea de la zona de confluencia de los arroyos Las Prusianas y Cululú, donde es posible apreciar la distinta coloración de las aguas.

Aunque resulte obvio, conviene aclarar que, debido a las conocidas limitaciones del indicador elegido, pueden coexistir o existir zonas con otro tipo de contaminación, sea bacteriológica como química.

En lo que respecta a la concentración (200 CF/100 ml), fue elegida por considerar que el actual uso (y el denominado "mejor uso") es la de balneario. En nuestro país no conocemos que se hayan establecido normas de calidad bacteriológica para aguas naturales destinadas a la recreación. En otros países generalmente se recomiendan concentraciones no superiores a la señalada (para una discusión completa del tema ver Cabelli 7).

De todas formas, considerando las normas generalmente aceptadas en el exterior, nuestros análisis son insuficientes (sea en función del número de muestras como con respecto a la periodicidad del muestreo) para determinar la aptitud de las aguas analizadas para su uso como balnearios. Si bien obviamente ése no fue el objetivo de este trabajo, los datos expuestos permiten abrigar pocas esperanzas de que una mayor frecuencia de muestreos dé resultados totalmente opuestos, de tal forma que puedan ser recomendables para el uso mencionado, los sectores de agua que hemos clasificado como sujetos a contaminación "crónica". Por ejemplo, un pequeño balneario, ubicado en uno de esos sectores (Balneario "El Algarrobo" o "Del Ñato", cercano a Grutly Sur) fue abandonado por sus propios usuarios (hace más de 10 años) sin necesidad de ningún análisis de laboratorio: simplemente por los colores y olores nauseabundos de sus aguas.

CONCLUSIONES

En diversos puntos de muestreo, situados en la cuenca inferior del río Salado hemos comprobado concentraciones anormalmente altas de CF. Estos son debidas a factores crónicos (descarga permanente de líquidos residuales con alta concentración de CF) y a factores circunstanciales (lavado pluvial de suelos contaminados con CF).

Hay indicios según los cuales no se podrían recomendar como balnearios determinados sectores de cursos de agua, de acuerdo a normas habitualmente aceptadas. Por lo tanto resulta evidente la necesidad de encomendar la realización de estudios específicos para poder concluir al respecto.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento al Sr. Juan Carlos Romero y al Lic. Luis Kieffer (ambos del Instituto Nacional de Limnología) por la importante colaboración prestada.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Anónimo. 1978. Consideraciones sobre la actual crecida del Salado. El Litoral, 7 de diciembre 1978, p. 9.
- 2- Bado, A. y V. Bernaola. 1934. The composition of the waters of the River Plate and of the Paraná River. *Verh. Int. Ver. Limnologie*, 7: 583-591.

- 3- Bielsa, L.O.; B.L. de Abramovich y R.F. de Vigil. 1978. Influencia de los rellenos sanitarios en la calidad del agua subterránea. *Rev.Fac.Ing.Qca. UNL*, 48: 193-206.
- 4- Brodin, I.A.A. 1970. Rafaela (Sta.Fe), Estudio Hidrogeológico. *Saneamiento*, 34 (219): 352-356.
- 5- Brodin, I.A.A. 1970. Estudio Hidrogeológico en Esperanza (Prov. Sta. Fe). *Saneamiento*, 34 (220): 503-508.
- 6- Bromel, M.; Saylor, G.; Goles, F.; J.Zimerman y K. Johnson. 1978. Bacteriological analyses of lake Metigoshe, water and sediments. *Agric.Exp.St., North Dakota State Univ., Bull.* 507 (14 p.).
- 7- Cabelli, V. 1978. New Standards for Enteric Bacteria (p.: 233-271). En: *Water Pollution Microbiology*, vol. 2 (Mitchell, Ed.) Wiley, N.York (442 p.).
- 8- Cáceres, L.M. 1980. Caracterización climática de la Prov. de Santa Fe. *Min.Agr. y Gan.Prov.Sta.Fe, Dpto. de Aguas* (16 pág. + anexo s/n).
- 9- Clark, H.F. y P.W. Kabler. 1964. The physiology of the coliform group (p. 202-229). En: *Principles and Applications in Aquatic Microbiology* (Heukelekian & Dondero, Ed.). Wiley, N. York (452 p.).
- 10- Chamberlin, Ch.E. y R. Mitchell. 1978. A Decay Model for Enteric Bacteria in Natural Waters (p. 325-348). En: *Water Pollution Microbiology*, Vol. 2 (Mitchell, Ed.), Wiley, N. York (442 p.).
- 11- De Petre, A.; L.M. Espino; M.A. Seveso y S. Perman. 1977. Carta de suelos del Dpto. Las Colonias. *Dir.Gral. de Suelos y Aguas Min. Agric. y Gan. de Santa Fe, S.Fe* (124 p.).
- 12- Depetris, P.J. 1978. Mineralogía de algunos sedimentos fluviales de la Cuenca del Plata. *Rev.Asoc.Geol.Arg.*, 23(4): 317-325.
- 13- Durieux, J.E. 1950. Vibrios en aguas superficiales de la Rep. Argentina. *Rev.OSN*, 14(135): 87-91.
- 14- Emiliani, F. 1981. Aspectos ecológicos de los indicadores de contaminación en el río Paraná medio, I: el grupo coliforme (inédito).
- 15- Ferramola, R. y J.J.Monteverde. 1938. Distribución de los gérmenes del grupo Coli-aerógenos en las heces de algunas aves del país. *Bol.OSN*, 2 (12): 611-614.

- 16- Ferramola, R. y J.J.Monteverde. 1938. La incubación a 44° C como medio para evidenciar la presencia de *B.coli*. *Bol. OSN*, 3(15): 265-168.
- 17- Ferramola, R. y J.J.Monteverde. 1940. Organismos del género *Pseudomonas* en las aguas del país (II nota). *Bol. OSN*, 6(36): 613-619.
- 18- Geldreich, E.E. 1977. Microbiology of water. *Jour.Water Poll. Control Fed.*, 49: 1222-1245.
- 19- Geldreich, E.E.; R.H.Bordner; C.B.Huff y H.F.Clark y P.W.Kabler. 1962. Type distribution of coliform bacteria in the feces of warm-blooded animals. *Jour. Water Poll.Control Fed.*, 34: 295-301.
- 20- Guerra Bruché, A.E. 1949. Sugestiones sobre la solución del desagüe cloacal de la ciudad de Santa Fe. *Rev. OSN*, 13(133): 99-115.
- 21- Gollán, J. y D.A. Lachaga. 1939. Aguas de la Prov. de Santa Fe *Inst.Exp. de Inv. y Fomento Agric.-Ganadero* (Pub. Técnica nº 12), Santa Fe (386 p.).
- 22- Guy, E.E. y T.A.; Visser. 1979. Adsorption and survival patterns of *Escherichia coli* and *Streptococcus bovis* in six New Zelan soils. *N.Z. Journal of Agricultural Research*, 22: 341-348.
- 23- INCYTH & INST.FED.GEOCIENCIAS Y RECURSOS NATURALES. 1975. Recursos de agua subterránea y su aprovechamiento en la llanura pampeana y en el valle del Conlara. Tomo I: Realización de los trabajos y recopilación de los resultados. *Inst.Fed.Geociencias y Rec.Nat.*, Hannover (76 p. + anexos y 2 mapas fuera de texto).
- 24- INCYTH & INST.FED.GEOCIENCIAS Y RECURSOS NATURALES. 1975. Recursos de agua subterránea y su aprovechamiento en la llanura pampeana y en el valle del Conlara. Tomo II: Llanura pampeana, Hidrogeología. *Inst. Fed.Geociencias y Rec.Nat.*, Hannover (251 p.).
- 25- Kristensen, K.K. 1974. Hygienic aspects of dairy effluent disposal. *Annual Bull. Int.Dairy Fed.*, (77): 43-50.
- 26- Leigurada, R.H.; H.Z.R.de Palazzola y O.A.Peso. 1950. Bacterias del contenido intestinal de algunos peces del Río de la Plata. *Rev. OSN*, 14(136): 2-8.
- 27- Maglianesi, R.E. y P.J. Depetris. 1970. Características químicas de las aguas del río Salado inferior (Sta.Fe, Arg.). *Physis*, 30(80): 19-32.
- 28- Margalef, R. 1974. Ecología. *Omega*, Barcelona (952 p.).

- 29- Martines Aguirre, L.R. y M.R.Rubio. 1980. Ley Federal de Carnes n° 18811; Estado actual de su aplicación. *Dir.Gral. de Economía Agropecuaria, Min.Agric. y Gan.de Sta.Fe*(34p).
- 30- Nemerow, L.N. 1977. Aguas residuales industriales. *Blume*, Madrid (574 p.).
- 31- Orellana, J.A. y L.J.J. Priano. 1978. Origen y distribución de los suelos santafesinos. *FAVE*, 1(3): 129-166.
- 32- ORSANCO. 1971. Total Coliform: Fecal Coliform ratio for evaluation of raw bacterial quality. *Jour. Water Poll. Control Fed.*, 43: 630-640.
- 33- Ortolochipi, A.S. 1980. Examen bacteriológico de las aguas del Departamento Las Colonias. *Min.Agric. y Ganad., Div. Análisis de Aguas*, Sta. Fe (14 p. y 2 mapas fuera de texto).
- 34- OSN. 1942. El problema del agua potable en el interior del país. Tomo I: Proyecto de ley. Plan General de Obras. *Min.Obras Públicas, OSN*, Buenos Aires (672 p).
- 35- OSN. 1942. El problema del agua potable en el interior del país. Tomo II: Análisis químicos. *Min.Obras Públicas, OSN*, Buenos Aires (260).
- 36- OSN. 1951. Composición del líquido cloacal de la ciudad de Santa Fe. *Rev.OSN*, (141): 276 - 279.
- 37- Romano, L.A. y P.E. Weidmann. 1971. Relevamiento reproductivo en tambos de la cuenca lechera santafesina. *FAVE*, 1(1): 13-26.
- 38- SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1973. Reseña Estadística. *Sec.Estado Agric. y Ganad., Dir.Nac. de Fiscalización y Comercialización Ganadera, Area de Trabajo de Lechería*, Buenos Aires (42 p.).
- 39- SECRETARIA DE INFORMACION PUBLICA. 1980. Posibilidades de desarrollo de la industria lechera. *Bol. de Prensa (Supl. n° 38)*, Santa Fe (8 p.).
- 40- Soldano, F.A. 1947. Régimen y aprovechamiento de la red fluvial argentina, I: el río Paraná y sus afluentes. *Cimera*, Buenos Aires (278 p.).
- 41- Sletten, O. y R.H. Singer. 1971. Sulfur bacteria in red laggons. *Jour.Water Poll. Control Fed.*, 43(10): 2118-2122.
- 42- Saballs, J. y B.Getzrow. 1963. Aporte al estudio y distribución de las pseudomonas aeruginosas en aguas superficiales y profundas de la provincia de Santa Fe. *An. de Sanidad*, 6 (1-4): 53-62.

- 43- Senillosa, R.P. 1937. Las Obras Sanitarias de la ciudad de Santa Fe. *Bol.OSN*, 1(5): 454-463.
- 44- Stangenberg, M. y A. Lenardon. 1970. Determinación de BOD en algunas aguas superficiales de las zonas de Santa Fe. *Rev.Fac.Ing.Qca.UNL, Sta. Fe*, 39: 435-439.
- 45- Taber, W.A. 1976. Wastewater microbiology. *Ann.Rev.Microbiol.*, 30: 263-277.
- 46- Tessi, M.A. 1974. Factores de resistencia a los antibióticos y sulfamidas de enterobacterias aisladas de las aguas y sedimentos de la cuenca del Paraná medio (Zona Santa Fe). *Rev.Asoc.Arg.Microbiol.*, 6(2): 62-74.
- 47- Tessi, M.A.; M.C. Lura; P.G. Godoy; M.L. Minetti; R.C. Rafaghelli de Ramón y A.L. Mir. 1971. Resistencia a los antibióticos y sulfamidas de enterobacterias presentes en las aguas y sedimentos de la zona Santa Fe-Paraná (Cuenca del Paraná medio). *Rev.Fac.Ing.Qca. UNL, Sta. Fe*, 40: 69-79.
- 48- Tessi, M.A.; M.C. Lura; P.G. Godoy; M.L. Minetti; R.F. Rafaghelli de Ramón y A.L. Mir. 1971. Bacterias indicadoras de contaminación de las aguas y sedimentos de la cuenca del Paraná medio (Zona Santa Fe-Paraná). *Rev. Fac.Ing.Qca., UNL, Sta. Fe*, 40: 81-98.
- 49- Tessi, M.A. y A.L. Mir . 1970. Determinación de microorganismos en el agua y sedimento de la cuenca del Paraná medio (Zona Santa Fe-Paraná). *Rev. Fac. Ing.Qca.*, 34: 149-168.
- 50- Verneaux, J. 1976. Fondements biologiques et écologiques de l' etude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques (p.:229-285). Pesson, Ed. *Gauthier Villars*, Paris (286 p).