

ISSN 0325-2809	Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral n° 12, p.: 8-18	1981
-------------------	--	------

**ASPECTOS ECOLOGICOS DE LOS INDICADORES BACTERIANOS DE
CONTAMINACION EN EL RIO PARANA MEDIO ***
III nota: Bacterias Hiper-psicrotróficas y el Índice de polución "20/37°C"

Federico Emiliani
Instituto Nacional de Limnología
José Maciá 1933
3016 Santo Tomé
Argentina

RESUMEN

Durante 1977-79, variaron entre 820 y 18500 ufc/ml; \bar{x} = 6200. Este valor está comprendido dentro de las fluctuaciones de los promedios registrados durante 1927-1937. El rango del Índice fue de 0,8-8,3 (\bar{x} = 3,6). Se discute su aplicación al río Paraná medio debido a su correlación con la temperatura del agua ($r=0,742$). El autor propone un nuevo Índice: ufc oligotrófica/ufc hipertróficas, aparentemente más relacionado con la calidad del agua. Este, fluctuó entre 5,3-60,0 (\bar{x} = 18,0) y concuerda mejor con los resultados obtenidos utilizando otros indicadores de contaminación. Las ufc "Hiper-psicrotróficas" mantuvieron una correlación estadísticamente significativa con el caudal, transparencia, seston y la Demanda Bioquímica de Oxígeno, resultando un $R = 0,720$. El análisis de las correlaciones parciales sugiere que su presencia está principalmente asociada al lavado pluvial de los suelos.

* Trabajo presentado en las "I Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral", Santa Fe (Argentina), agosto de 1981.

SUMMARY

Ecological aspects of bacterial indicator of pollution in the middle Paraná river, III: Hyper-psychrotrophic bacteria and the "20/37°C" Pollution Index

Hyper-psychrotrophic bacteria maintained a correlation statistically significant with flow, transparency, seston and, with BOD which gave an $R = 0,720$. The analysis of the partial correlations shows that its presence is principally associated to runoff. During 1977-1979 they varied between 820 and 18500 cfu ml⁻¹; $\bar{x} = 6200$. This value is included within the fluctuations of the averages recorded between 1927-1937. The Index range was 0.8 - 8.3 ($\bar{x} = 3.6$), but its use for the middle Paraná river is discussed due to its correlation with water temperature ($r = -0.742$). The author suggests a new Index: cfu Oligotrophic/cfu Hypertrophic which apparently is more related to water quality. This Index fluctuates between 5.3 - 60.0 ($\bar{x}=18.0$) and it better agrees with the results obtained through other indicators of contamination.

INTRODUCCION

Uno de los primeros indicadores utilizados para establecer la pureza bacteriológica del agua fue el número de microorganismos que podían manifestarse como colonias en medios de cultivo agarizados e incubados entre 20-22°C. La presencia de una cantidad elevada era adjudicada a la contaminación de las aguas por residuos vegetales, lavado de suelos, etc., es decir: "informaba sobre la cantidad de materia orgánica en descomposición y utilizable para la nutrición bacteriana²⁴" llegada hasta el cuerpo de agua procedente de diversos orígenes.

Más tarde se consideró que la mayor parte de estas bacterias no eran patógenas para el hombre y, por lo tanto, su número carecía de importancia sanitaria. Posiblemente, por esta razón, si bien en los primeros análisis realizados en el río Paraná^{2,15} se consignaba la concentración de éstas, posteriormente fue reemplazado por el recuento a 37°C. Este último tipo de evaluación se juzgó más valioso pues indicaba la presencia de especies potencialmente patógenas (por lo menos se podían desarrollar a la misma temperatura del cuerpo humano) y/o de contaminación por deyecciones animales o humanas.

Por otra parte, algunos autores (p.ej., Streeter²³) constataron que en el agua pura había diez veces más gérmenes a 20-22°C que a 37°C; en cambio, en aguas poluídas esa relación solía ser menor. Por lo tanto, se concedió más valor a esta relación que a los distintos recuentos²⁴ y fue llamada "índice de polución²²"; de acuerdo con los límites fijados por el Ministerio de Salud Británico, la relación 20/37 en aguas superficiales de buena calidad es superior a 10/1, siendo en aguas muy contaminadas igual a 1/1.

El significado de "Bacterias Hiper-psicrotróficas"

Para poder interpretar los estudios realizados hasta el presente sobre este tema y compararlos entre sí, es necesario tener en cuenta una serie de factores metodológicos y utilizar una terminología adecuada.

En la nota anterior⁹, expliqué que el denominado "recuento a 35 (o a 37°C)" era, en realidad una estimación de la población caracterizable como "Hipertrófica, mesófila y de rápido desarrollo". Ahora es necesario aclarar a qué se refieren los autores cuando transcriben los resultados de los "recuentos a 20°C" (o temperaturas similares).

Con respecto a la temperatura clasificaban²¹ como psicrófilas a las bacterias que tenían un óptimo entre, aproximadamente, 10-20°C. Sin embargo, Morita¹⁴ estableció que para clasificarlas como tales, era necesario demostrar su desarrollo a 0°C (o menos); si solamente se sabía que podían hacerlo por encima de esa temperatura (hasta la "óptima") únicamente se podía indicar su "carácter *psicrotrófico*".

Por otra parte, la población bacteriana estimada en medios de cultivo con una concentración de nutrientes superior a los 5 g/l es "Hipertrófica"⁷.

Entonces, en base a la temperatura de incubación y al medio de cultivo empleado, denominé "Hiper-psicrotrófica" a las ufc de la presente nota.

El tiempo de incubación empleado para detectar a este grupo de bacterias es mucho más variable que el utilizado para el mesófilo⁹. En el cuadro n° 2, del artículo de Emilia-ni⁵, es posible comprobar que ese parámetro osciló entre 2 y 21 días. Si bien la APHA¹ aconseja incubaciones de 20±0,5°C durante 48±3 hs, en nuestro país la totalidad de los análisis de esta población fueron realizados con incubaciones de 5 días (entre 18 y 20°C).

Antecedentes y Objetivos

En los últimos años se han desarrollado numerosos trabajos sobre los efectos de diversos contaminantes en la hidrosfera. Sin embargo, se han dado a conocer pocos estudios donde relacionan la calidad bacteriológica del agua con parámetros físicos y químicos, particularmente en ambientes lóticos. Tales estudios, prácticamente inexistentes en Argentina, tienen ahora una importancia adicional en vista de la represa proyectada en el río Paraná medio³, pues, conociendo la calidad bacteriológica actual de sus aguas y de los factores ambientales que pueden incidir en sus variaciones será posible evaluar adecuadamente el impacto que, sobre ese aspecto, puede significar la mencionada obra, comparando con los resultados de los análisis que se realicen durante y después de ella.

Los principales objetivos de la presente nota fueron:

- Evaluar el denominado "índice de polución".
- Dar a conocer las variaciones de las concentraciones de este grupo y estimar sus posibles causas.

MATERIAL Y METODOS

El río estudiado fue el Paraná medio, en el mismo punto de muestreo que el señalado en la primera nota⁸. Recolecté las muestras desde el 13 de abril 1977 hasta el 27 de marzo 1979, totalizando 29. Los números de las muestras del Cuadro 1 están en orden cronológico y entre cada uno de aquéllos consecutivos existe un lapso de 15 días, aproximadamente.

Los análisis físicos y químicos (Cuadro n° 2) se realizaron de acuerdo con las técnicas habituales en el INALI^{1,4}.

Análisis bacteriológico

Utilicé un medio de cultivo tipo "A", es decir "Hipertrófico", según la clasificación de Emiliani⁷ y denominado "Plate Count Agar" por sus fabricantes¹⁸. Efectué las siembras *in situ*, a bordo del barco-laboratorio "Keratella" (INALI), por quintuplicado y por el método de la doble capa. La temperatura de incubación fue de $20 \pm 2^\circ\text{C}$; realicé las lecturas cada 24 hs, hasta que la curva de crecimiento se asintonizara. Para poder comparar los resultados así obtenidos, con los de otros autores, los agrupé en recuentos con 48 hs de incubación y con más de 48 hs (cuadro 1).

Análisis estadístico

En primer lugar verifiqué, por el conocido criterio de Pearson, la hipótesis de distribución normal para cada parámetro: si X^2 observado era menor de X^2 tabulado (al nivel de significación $\alpha = 0,05$) consideré que las divergencias entre las frecuencias teóricas y las observadas no eran significativas. Todos los parámetros necesitaron de la transformación logarítmica o de \sqrt{y} , según, también, el número de datos considerados.

Para estimar el grado de asociación entre cada par de variables calculé el coeficiente de correlación lineal simple (r). Para conocer su significancia utilicé las conocidas tablas de Fisher y Yates.

Para examinar la relación conjunta entre las bacterias y todas las demás variables, determiné el coeficiente de correlación múltiple (R). Para estimar el porcentaje de la varianza bacteriana explicada por la combinación lineal de los demás parámetros calculé el coeficiente de determinación (R^2 multiplicado por 100).

Para medir la parte de la correlación entre las bacterias y otra variable que no fuera simplemente reflejo de sus relaciones con otro par de variables, determiné el coeficiente de correlación parcial.

RESULTADOS Y DISCUSION

El índice de polución "20/37°C"

Fluctuó entre 0,8 y 8,3 (Cuadro 1) con un promedio $\bar{x} = 3,6$. Por lo tanto, las aguas analizadas no serían de buena calidad. Sin embargo, desde hace tiempo¹⁹, la interpretación de tal índice ha sido cuestionada. Topley *et al.*²⁴ consideran que la importancia que se le ha dado es un error pues "puede variar dentro de límites muy amplios y con absoluta independencia de la cantidad de contaminación". Emiliani *et al.*¹⁰ demostraron que el tiempo de almacenamiento influye significativamente sobre este índice; Ferramola¹¹ y otros investigadores²⁰ observaron que mantiene una relación inversa con la temperatura del agua. En los cuadros 1 y 2 es posible comprobar que esta última afirmación es también válida para el río Paraná: el coeficiente de correlación lineal (r) entre el índice 20/37 y la temperatura es $-0,742$ (altamente significativo, al 99 %). Esta correlación era de esperar pues una de las principales causas de las variaciones de la población detectable a 37°C es la temperatura del agua⁹.

La breve revisión que antecede permite concluir que el denominado "índice de polución" depende más bien de la temperatura que del grado de contaminación orgánica.

Cuadro 1

Variaciones de la concentración de unidades formadoras de colonias (ufc) Hiper-psicrotróficas, de los índices de polución y de las ufc Hipertróficas incubadas a 3°C en el río Paraná medio (1977-1979).

n° de muestra	ufc/ml según el tiempo de incubación *		índices de polución		ufc/ml a 3°C*
	48 hs	> 48 hs	20/37**	Oligotróficas ^o hipertróficas	
1	4750	18500	-	-	-
4	10360	16000	-	-	-
6	4800	6100	-	-	-
7	1400	2600	-	-	-
8	1100	2400	-	-	-
9	682	1520	8,2	26,7	-
10	540	820	5,9	60,0	170
11	870	1593	3,9	10,9	180
12	350	1110	6,2	15,1	-
13	-	2000	8,3	25,4	290
14	1870	2270	1,8	6,0	710
15	1050	1923	2,1	8,1	-
16	6030	8100	5,1	16,8	620
17	1400	3700	1,3	7,1	900
18	1300	2400	2,4	-	<100
19	1300	2500	3,6	-	110
20	1700	4100	1,9	-	130
21	5400	13800	2,5	8,7	560
22	2000	>3640	-	21,0	690
23	3200	11200	-	-	-
26	-	4500	-	-	-
30	2600	13600	-	-	-
35	1600	7200	-	-	-
36	3400	6182	2,1	5,3	-
37	3100	8200	1,2	6,3	300
39	-	6800	0,8	10,3	-
40	3600	8800	2,2	16,8	400
41	3400	10000	4,2	26,8	-
42	1400	8400	4,7	32,9	-

* Cada valor es la media de 5 repeticiones

** De Emiliani⁹.

^o Datos inéditos (Emiliani 1977-1979)

Entonces sería equivalente al "Índice psicrotrófico, I_p^{12} " pues también indica la proporción de bacterias que pueden nutrir y desarrollarse a 20°C pero no a 37°C (sobre un medio y tiempos de incubación determinados). Si de acuerdo con Guerrero *et al.* ¹² se acepta que la mayoría de las colonias que crecen a 37°C ("mesófilas", m) pueden hacerlo a 20°C, pero parte de éstas ("psicrotróficas", p), no a 37°C, resulta $I_p \approx (p/m) + 1$. En el río Paraná, fluctuó entre 1,8 - 9,2 ($\bar{x} = 4,6$).

Como ambas poblaciones son "Hipertróficas?", un índice más relacionado con la calidad del agua estaría determinado por la relación existente entre bacterias "Oligotróficas" e "Hipertróficas" (según la terminología y técnicas explicadas anteriormente?), si bien aún no he encontrado suficientes evidencias experimentales que sustenten tal hipótesis.

Cuadro 2

Variaciones de los parámetros físicos y químicos registrados durante el muestreo bacteriológico (rfo Paraná medio, 1977-1979).

n° de muestra	t	Q	S	V	T	PO ₄	DBO ₅
1	23,6	17200	460,2	1,33	10,0	0,056	-
4	19,2	13500	282,1	0,95	20,0	0,048	-
6	17,3	14400	105,8	0,79	27,0	0,050	-
7	16,9	12400	104,8	1,22	37,0	0,064	0,50
8	18,1	11850	68,0	1,03	45,0	0,045	-
9	17,0	11500	65,8	0,75	46,0	0,050	0,54
10	18,1	11280	55,7	1,20	50,0	0,026	0,57
11	20,9	11040	60,9	1,12	36,0	0,031	0,79
12	20,9	11260	116,0	1,43	34,0	0,051	0,94
13	21,4	11560	109,7	0,78	30,0	0,013	0,89
14	26,6	11880	99,7	1,19	38,0	0,025	1,25
15	23,0	11300	71,1	1,14	39,0	0,041	0,86
16	25,0	12400	191,2	1,32	24,5	0,183	1,20
17	28,0	13900	127,1	1,36	24,0	0,144	1,32
18	28,5	16460	81,4	1,33	22,0	0,073	0,72
19	26,5	17400	195,3	1,45	12,0	0,066	0,53
20	26,5	17030	445,0	1,29	6,0	0,079	1,00
21	25,5	13900	561,0	1,54	6,5	0,111	1,15
22	26,2	16200	370,7	1,45	9,0	0,102	1,06
23	21,3	12290	541,0	1,33	8,0	0,158	1,53
26	14,0	10305	100,6	1,29	19,0	0,068	0,60
30	16,8	14236	139,9	1,31	10,0	0,051	0,64
35	22,5	10280	91,9	0,95	47,0	0,032	1,00
36	23,5	11930	89,7	1,19	30,0	0,032	0,74
37	25,0	14470	78,4	1,43	29,0	0,099	1,30
39	28,0	14873	446,6	1,45	10,0	-	-
40	25,5	15864	301,7	1,57	10,0	-	-
41	25,5	16760	321,0	-	11,0	-	-
42	23,3	15611	406,6	1,33	12,0	-	-

Abreviaturas: t = temperatura (en °C); Q = caudal (m³/s); S = seston (mg/l); V = velocidad (m/s); T = transparencia (Secchi, en cm); PO₄ = fosfatos (en mg/l); DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno, 5 días (en mg O₂/l).

En el 65 % de los casos (Cuadro 1) este nuevo índice fue superior a 10, fluctuando entre 5,3 y 60 (\bar{x} = 18). Estos valores son compatibles con los obtenidos utilizando otros indicadores de contaminación que señalaban una polución "nula a pobre"^{8,9}. Este índice tiene objetivos conceptualmente similares al "Índice auxotrófico" de Guerrero *et al.*¹² pero los resultados no son concordantes debido al medio de cultivo (tipo "Eutrófico" según Emiliani⁷) y al tiempo de incubación (10 días) empleados para detectar las ufc "protótrofas".

Cuadro 3

Matriz de correlaciones simples entre las unidades formadoras de colonias Hiper-psicrotróficas (A) y algunos factores abióticos (°)

	Q	T	t	S	PO ₄	DBO
A	** 0,455	*** -0,659	0,178	*** 0,698	** 0,445	** 0,459
Q	—	*** -0,710	** -0,538	*** 0,610	0,396	0,043
T	—	—	-0,352	*** -0,899	*** -0,516	-0,222
t	—	—	—	0,396	-0,060	** 0,503
S	—	—	—	—	** 0,508	** 0,484
PO ₄	—	—	—	—	—	** 0,482

(°) Abreviados según se explica en el cuadro 2.

** Probabilidad de independencia de dos variables $\leq 5\%$ pero $> 1\%$.

*** Probabilidad de independencia de dos variables $\leq 1\%$.

Influencia de factores ambientales

Aparentemente, las variaciones de esta población estuvo asociada a los diversos parámetros (Cuadro 3): seston (S), transparencia (T) y materia orgánica (DBO₅). La covariación conjunta de la variable A (bacterias) con las otras variables mencionadas resultó:

$$R_{A, T S DBO} = 0,720$$

El coeficiente de determinación múltiple indica que el conjunto de esos factores ambientales pueden explicar el 52 % de las variaciones registradas en la población bacteriana.

La correlación parcial entre bacterias y nutrientes, manteniendo constante las variables físicas, no resulta estadísticamente significativa:

$$R_{A DBO, T S} = 0,210$$

En cambio, la relación entre bacterias y el factor físico más significativo (el seston) permanece estadísticamente así, aún dejando constante los nutrientes:

$$R_{A S, DBO PO_4} = 0,579$$

Estos resultados indican que las bacterias y los nutrientes estuvieron correlacionados meramente por su común asociación al seston, pues eliminando el efecto de este factor, la correlación no resulta significativa.

Del mismo modo, si de la primera ecuación reemplazamos la DBO por otro factor físico como el caudal (Q), el coeficiente de correlación múltiple prácticamente no varía:

$$R_{A.T.S.Q} = 0,710$$

Los resultados sugieren la posibilidad de que la asociación encontrada entre este grupo de bacterias y los factores ambientales (mencionados en Cuadro 3) fue consecuencia de un mismo factor ecológico: las lluvias en el valle aluvial del río Paraná. Tal hipótesis se basa en que ellas no solamente producen un mayor caudal sino que arrastran y/o disuelven partículas de suelo, disminuyendo la transparencia del agua. De acuerdo con este razonamiento, las correlaciones posibles de determinar, a través de otra serie de muestreos, resultarán más o menos significativas (que las encontradas en esta oportunidad) según la distancia entre el lugar donde se producen las lluvias y el de muestreo, tipo de suelo que las recibe, etc.

En otras palabras, los resultados llevan a plantear la hipótesis de que el contenido de bacterias Hiper-psicótróficas en el río Paraná medio se debe, principalmente, a factores climáticos y edáficos, factores que condicionan la posibilidad e intensidad de su vertido al río. Las "hipertróficas mesófilas", en cambio, estaban mejor relacionadas con las condiciones *del ambiente que las recibía* (por su mayor sensibilidad a la temperatura y al estado trófico del agua)⁹.

Análisis comparativo

En el Cuadro 4 comparo los datos publicados en las conocidas "Memorias" 15-17 con los del Cuadro 1. Es posible inferir que la concentración de las ufc Hiper-psicótróficas no manifestó una tendencia a aumentar, tal como encontré para el grupo coliforme⁸.

Cuadro 4

Variación del número de unidades formadoras de colonias (ufc ml) Hiper-psicótróficas en el río Paraná medio (1927-1937) *.

<i>Años</i>	<i>ufc</i>	<i>Años</i>	<i>ufc</i>
1927	4500	1932	3420
1928	5770	1933	3800
1929	7500	1934	4000
1930	5000	1935	3000
1931	3760	1937	7700
		1977/9	6200**

* De: "Memorias del Directorio" (OSN 14,15,16).

** Del Cuadro 1

Esto concordaría con el hecho de que los factores que condicionan la presencia de ambas poblaciones son distintos: sobre la primera no ha tenido mayor relevancia la creciente presión antrópica y sí, en cambio, sobre la segunda⁸.

El Cuadro 5, elaborado con los datos publicados por Rai y Hill²⁰, permite comparar la concentración de las ufc hipertróficas entre el río Paraná y otros grandes ríos.

Cuadro 5
Concentración de bacterias hiper-psicrotróficas
(ufc/ml) en los ríos más grandes del mundo

Ríos (Estación de muestreo)	Número de muestras	ufc ml ⁻¹			*** C.V.
		mínimo	máximo	promedio	
* Nilo (Cairo)	13	1 540	297 000	46 200	174
* Mississippi (St.Louis)	13	4 300	25 000	9 700	58
** Paraná (Paraná)	29	820	18 500	6 200	77
* Amazonas (Manaus)	13	11	506	115	121

* De: Rai y Hill²⁰

** Del Cuadro 1

*** Coeficiente de variación (en %)

Otros componentes de la población hipertrófica

Si bien no formó parte de los objetivos, creí interesante dar a conocer el porcentaje de esta población que se desarrolló a una temperatura más cercana a la de una "psicrófila". A 30°C, solamente encontré un 0,04 % y un 31,3 % (\bar{x} = 10,8 %) con respecto a la que evalué a 20°C (\pm 2°C).

Los aspectos ecológicos de la parte esporulada de esta población fueron comunicados en otra nota⁶.

Aspectos metodológicos

Del Cuadro 1, resulta evidente que el tiempo de incubación aconsejado por la APHA¹ no es adecuado para detectar la población hiper-psicrotrófica: a las 48 hs solamente es posible estimar entre el 16,7 y el 82,4 % (\bar{x} = 46,2 %) de las ufc detectables cuando la curva se asintotiza.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA. 1971. Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA, AWWA, WPCF, New York (874 p.).
2. Bado, A. y V. Bernalola. 1935. The composition of the waters of the River Plate and of the River Paraná. *Verh.Int.Ver.Limnol.*, 7: 583-591.
3. Beretta, M.A. 1979. Concepción general del proyecto Paraná medio. *Universidad*, 94: 95-112.
4. Drago, E. y M. Vassallo. 1980. Campaña limnológica "Keratella I" en el río Paraná medio: características físicas y químicas del río y ambientes lenfíticos asociados. *Ecología*, 4: 45-54.
5. Emiliani, F. 1976. Influencia de factores metodológicos sobre el recuento de bacterias acuáticas, II: tiempo de incubación. *Rev.lat.amer.Microbiol.*, 18: 209-215.
6. Emiliani, F. 1981. Relationships of Spores to a Lotic Environment (middle Paraná river, Argentina). *Rev.Lat.amer.Microbiol.*, 23: 12-16.
7. Emiliani, F. 1981b. La selección del medio de cultivo en ecología acuática bacteriana. *Ecología*, 6: 45-54.
8. Emiliani, F. 1981c. Aspectos ecológicos de los indicadores bacterianos de contaminación en el río Paraná medio, I: el grupo coliforme. *An.Sanidad*, 14(1): 115-138.
9. Emiliani, F. 1981d. Aspectos ecológicos de los indicadores de contaminación en el río Paraná medio, II: Hipertróficas mesófilas, *FAVE*, 2(2): en prensa.
10. Emiliani, F.; M.O. García de Emiliani y M.V. Vasallo. 1977. Aspectos ecológicos de las muestras de agua almacenadas. *Rev.Asoc.Cienc.Nat.Litoral*, 8: 93-99.
11. Ferramola, R. 1939. Bacteriología de las aguas dulces. *Colegio Libre de Estudios Superiores*, Buenos Aires (100 p.).
12. Guerrero, R.; F. Roda; C. Abella y F. Torella. 1975. Optimal growth temperatures and media parameters of bacterial communities from lakes of different trophic states. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 2620-2626.
13. Kuznetsov, S.I.; G.A. Dubinina y N.A. Lapteva. 1979. Biology of oligotrophic bacteria. *Ann. Rev. Microbiol.*, 33: 377-387.
14. Morita, R. 1975. Psychrophilic bacteria. *Bacteriol. Rev.*, 29 (2): 144-167.
15. OSN. 1928. Memorias del Directorio correspondientes a 1927. *Obras Sanitarias de la Nación*, Buenos Aires (688 p.).

17. OSN. 1940. *Memorias del Directorios correspondientes a los años 1935-1937. Obras Sanitarias de la Nación*, Buenos Aires (1072 p.).
18. Oxoid. 1971. *The Oxoid Manual of Culture media, ingrediens and other laboratory services. Oxoid, London* (368 p.).
19. Prescott, S.C.; C.E. Winslow y M.H. Mc Crady. 1964. *Water Bacteriology. Wiley, New Yord* (320 p.).
20. Rai, H. y G. Hill. 1978. *Bacteriological studies on Amazonas, Mississippi and Nile waters. Arch. Hydrobiol., 81(4): 445-461.*
21. Rheinheimer, G. 1974. *Aquatic microbiology. Wiley, Londres* (184 p.).
22. Sallovitz, M. y M. Sallovitz. 1951. *Tratado de Ingeniería Sanitaria (5º edición). El Ateneo, Buenos Aires.* (438 p.).
23. Streeter, H.W. 1931. *The effect of sewage discharge on streams. Sewage works J., 3: 713-721.*
24. Topley, W.W.; G.S. Wilson y A.A. Miles. 1949. *Bacteriología e Inmunidad (tomo 2). Salvat, Barcelona* (2088 p.).

AGRADECIMIENTOS

Los datos del Cuadro nº 2 fueron suministrados por el Prof. Edmundo Drago y el Lic. Miguel Vassallo (ambos del Instituto Nacional de Limnología).