

Calidad sanitaria de las aguas de la playa de Puntarenas*

por

Tillmann Brunker** y Bernal Fernández**

(Recibido para su publicación el 2 de setiembre de 1965)

En el año 1932 la Comisión sobre Balnearios de la Asociación Americana de Salud Pública manifiesta en su informe (11):

A pesar de la escasez de datos epidemiológicos, es inevitable llegar a la conclusión de que el bañarse en aguas contaminadas con aguas negras puede causar enfermedad, por lo que deben ser establecidas medidas razonables de control de salud pública.

Este punto de vista no ha sido modificado al correr de los años (4, 5, 7, 9) llegándose también a establecer normas para la clasificación sanitaria de las aguas de baño marinas (6, 9).

Muchas ciudades costeras se han limitado a quitar los sólidos de las aguas negras; sin embargo, el simple tamizado o el pasarlas a través de un ciclo en el tanque séptico no las convierte en inocuas (1), pudiendo producir contaminaciones peligrosas en las aguas donde sean descargadas. Así, por ejemplo, se sabe que *Escherichia coli* y *Salmonella typhosa* pueden sobrevivir por períodos superiores a un mes en el agua de mar (2, 3, 12, 13).

La Ciudad de Puntarenas, puerto principal de Costa Rica en el litoral Pacífico, contaba con 20.000 habitantes, al realizarse este trabajo, población que casi se ve duplicada en los meses de enero a marzo por el turismo, atraído al balneario de mar más accesible en el país. Esta ciudad se presenta como una lengua

* Este trabajo es parte de la tesis presentada por el autor principal para completar los requisitos para optar al título de Licenciado en Microbiología y Química Clínica en la Universidad de Costa Rica.

** Departamento de Microbiología, Universidad de Costa Rica.

de arena, dirigida de este a oeste (Figs. 1, 2). Corresponde el sector occidental de la ciudad al centro comercial y turístico, y comprende un área de 3 km de largo por un ancho máximo de 550 m, con una elevación media de 2.30 m sobre el nivel del mar. La zona de la playa utilizada como balneario está comprendida entre las estaciones de muestreo N° 2 y N° 10 (Fig. 2).

Las viviendas de este puerto, en su mayor parte, han estado provistas de tanque séptico o de pozo negro; pocas han estado servidas por la red de cloacas establecida, que se consideró inadecuada (10).

En 1956 el Ministerio de Salubridad Pública hizo un estudio (10) con miras a mejorar la condición sanitaria del puerto. Recomendó establecer 14 redes de colección que recogerían los efluentes de los tanques sépticos que obligatoriamente se instalarían, y los transportarían a 14 cajas de almacenamiento, de 4000 galones de capacidad cada una, colocadas a lo largo de la línea de agua del estero (Fig. 2). Dichas cajas estarían provistas de válvula de aletón para permitir su evacuación automática (al bajar la marea) a través de tubos de dilución que penetrarían unos 50 m en el estero.

Motivó nuestro trabajo la observación del desplazamiento paralelo a la playa de una corriente de agua procedente del estero y el considerar la posibilidad de que ésta estuviese contaminada con los efluentes de la red de cloacas de Puntarenas.

Al iniciarse este estudio estaban funcionando los circuitos 1 a 5, aunque en forma incompleta, ya que no se habían instalado aún más que tres tuberías de dilución.

El grupo coliforme ha sido reconocido casi universalmente como indicador de contaminación fecal de las aguas, tanto dulces como marinas (8). En la escogencia del número máximo de coliformes permisible para catalogar las aguas del balneario, adoptamos la clasificación propuesta por la Ciudad de Nueva York (9), ya que el límite de 1000 coliformes por 100 ml que ésta establece se justifica por cuanto no hay evidencia epidemiológica bien definida de que aguas de mar contaminadas a niveles inferiores hayan producido enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

Como estaciones de muestreo se escogieron 10 puntos topográficamente bien definidos a lo largo de la playa y a una distancia media de 250 m el uno del otro, la primera cerca del extremo oeste de la playa en el lugar denominado "La Punta", y la décima frente a la estación del Ferrocarril Eléctrico al Pacífico (Fig. 2).

Del 10 de enero al 19 de julio de 1961 se procedió a recolectar, los días miércoles de cada semana*, una serie de muestras de agua del balneario de mar. A las 8 a. m. se recolectaba la muestra de la estación N° 1, lo que se hacía penetrando en el mar hasta "altura de cintura", profundidad media utilizada

* Exceptuando los días 29 de marzo, 12 de mayo y 21 de junio.

por los bañistas, y de los 30 cm superiores del agua se llenaba parcialmente una botella estéril de 180 ml de capacidad, con tapa de rosca. Esta operación se repetía en las otras nueve estaciones, durándose en toda la jornada poco menos de una hora. Las muestras se protegían del calor y del sol guardándolas en una bolsa de lona humedecida en agua.

Dentro de los 15 minutos siguientes a la obtención de la última muestra se comenzaba a inocular cantidades de 1.0, 0.1 y 0.01 ml de cada una de ellas, por quintuplicado, en tubos de 18 × 150 mm con tapa de rosca, conteniendo 10 ml de caldo lauril triptosa (Difco B241) estéril y campana de Durham.

Estas cantidades de inóculo fueron determinadas en prueba previa, como apropiadas para cubrir el rango normal de coliformes en esas aguas.

El tiempo requerido para transportar el material inoculado al laboratorio fue de 11 horas, durante las cuales los cultivos estuvieron a una temperatura media de 26°C, siendo posteriormente incubados a 37°C por 19 horas adicionales. Por lo demás, las muestras se trataron en un todo según lo señalado en "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage" (3), haciendo uso de la alternativa de emplear caldo lauril triptosa para la prueba presuntiva con el objeto de disminuir el crecido número de falsos positivos que se presentaron en muestreos de prueba. Para la prueba confirmatoria se empleó el medio eosina azul de metileno de Levine (Difco B-5).

En el presente trabajo se empleó la tabla de Hoskins (8) para computar el número más probable de coliformes.

Aunque en "Standard Methods" (3) se exige solamente la prueba presuntiva para la determinación de la calidad bacteriológica de las aguas que no serán destinadas al consumo humano, se empleó en todos los casos la prueba completa con el propósito de respaldar mejor nuestros resultados, ya que existe poca experiencia en el análisis de la calidad sanitaria de aguas marinas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Por el método descrito se analizó un total de 250 muestras de agua, o sea, 25 por cada estación. En la figura 3 se observa que el promedio de coliformes de las 10 estaciones (o sea, toda la extensión del balneario) excedió en tres ocasiones el nivel permisible fijado en el total de 25 muestreos. En dos de estos tres casos (muestreos 8 y 22), el alto promedio fue determinado principalmente por el elevado recuento de coliformes en la 10ª estación (más de 9200 coliformes por 100 ml); y en el tercero (muestreo 20), corresponde a un alto recuento en casi todas las estaciones.

Al considerar si un agua es sanitariamente aceptable, no basta el conocimiento de que en ella se haya determinado un promedio bajo de coliformes a través de un período dado. No debemos perder de vista el que en una o varias ocasiones durante ese período el número de coliformes pueda haber sobrepasado los límites aceptados desde el punto de vista de salud pública, siendo necesario también determinar la frecuencia con que dichos límites se excedieron. Así, por ejemplo, podemos ver en el cuadro 1 que en la estación 9 el número de

coliformes sobrepasó el nivel de "1000 por 100 ml" en un 16 por ciento de los casos, estando el promedio de coliformes para esta estación dentro de los límites aceptables (720 coliformes/100 ml, fig. 4); en cambio, aún cuando la estación 10 arroja un promedio no aceptable (1200 coliformes/100 ml) el nivel de "1000 por 100 ml" se excedió sólo en un 12 por ciento de los casos.

CUADRO 1

Distribución porcentual, por categoría y estación, de la frecuencia de muestras positivas por coliformes en un total de 25 muestreos

Estación Nº	Coliformes por 100 ml				
	0	1 a 99	100 a 999	1000 a 2399	2400 o más
1	4	32	56	0	8
2	0	52	44	0	4
3	0	40	48	0	12
4	4	20	72	0	4
5	8	20	64	0	8
6	4	24	68	4	0
7	4	28	64	4	0
8	4	16	72	4	4
9	0	12	72	8	8
10	4	32	52	0	12
Promedio	3%	28%	61%	2%	6%

Como se observa en el cuadro 1, la mayor frecuencia de muestras positivas por coliformes se encuentra en las categorías de "1-99" y "100-999" coliformes por 100 ml, es decir, dentro del límite considerado sanitariamente seguro (9); la frecuencia en la categoría de "2400 o más" fue apenas de un 12 por ciento en las dos estaciones que la presentan más alta, siendo el promedio de todas las estaciones un 6 por ciento.

En la figura 4 se presentan los resultados obtenidos por muestreo en las diez estaciones, no pudiéndose observar en ellos un comportamiento consistente, excepción hecha de que los promedios de los 25 muestreos señalan un aumento progresivo de la contaminación fecal a partir de la estación Nº 6 y hasta

la N^o 10, excediéndose en esta última el límite permisible para balnearios de mar (9). En cada estación de muestreo se registró, por lo menos una vez, una cantidad de coliformes en exceso del límite de 1000 por 100 ml.

Al no existir cloacas que caigan directamente al agua de la playa, este aumento se puede explicar como debido a que las aguas que salen del estero portando el efluente de la red de cloacas (en marea vaciante) viran primero hacia el sur y luego, gradualmente, hacia el noroeste, yendo a chocar en la playa en la vecindad de las estaciones N^o 9 y 10 (Fig. 2).

Además de la dirección de las corrientes, creemos que otra explicación para el aumento de coliformes en dicha zona consiste en que en ella el oleaje es más violento, produciéndose una resuspensión del material orgánico sedimentado que ha sido arrastrado a lo largo del litoral. También es posible que ambos fenómenos operen a la vez.

Nuestros datos sugieren una posible correlación entre la iniciación de las lluvias copiosas (mes de junio) y el aumento de coliformes (Fig. 3).

De 3750 tubos de caldo lauril triptosa que fueron sembrados a través de este trabajo, 1505 presentaron gas en la prueba presuntiva; de éstos, 1230 resultaron positivos en la prueba confirmatoria y 1225 en la prueba completa. Partiendo del número de tubos positivos en la presuntiva, podemos calcular que el porcentaje de positividad en la confirmatoria fue de un 81.7 por ciento y en la completa de un 81.3 por ciento. De suerte que, nuestros resultados hubieran sido esencialmente iguales si la determinación del número más probable de coliformes se hubiese llevado hasta la prueba confirmatoria solamente.

Por considerarlo de interés, determinamos la relación entre el número de coliformes computados mediante las pruebas completa y presuntiva tanto por estación (cuadro 2) como por muestreo (cuadro 3); en la relación porcentual (basada en los promedios aritméticos) entre el número de coliformes por prueba completa y el número de ellos por presuntiva, los límites son más estrechos por estación (77 a 32, cuadro 2) que en la misma relación hecha por muestreo (100 a 14, cuadro 3). De lo anterior concluimos que las circunstancias que determinan el número de falsos positivos presuntivos son de carácter general, afectando toda la extensión de la playa en determinado momento, más bien que de carácter local, alterando sólo pequeños sectores.

El análisis de nuestros datos no permitió establecer una relación entre los diversos tipos de marea y el número de coliformes.

El trecho de playa comprendido entre los puntos 1 a 8 es el sector que presenta las características sanitarias más favorables y a su vez corresponde a la zona de baño más popular. Según las normas aplicadas por la Ciudad de Nueva York para las aguas de balneario (9), la playa del balneario de Puntarenas debe ser calificada según nuestros datos como "aguas de playa aprobadas, pero sujetas a recalificación basada en repetidas observaciones posteriores".

Dado que al llevarse a cabo este estudio estaban funcionando únicamente cinco de las catorce redes de colección de efluente de tanques sépticos, es nuestra opinión que el grado de contaminación aumentará cuando se llegue a descargar la totalidad de las aguas negras al estero en forma masiva a la media marea

CUADRO 2

Relación porcentual entre el número más probable completo y el número más probable presuntivo, por estación de muestreo

Estación de muestreo	MPN—P Promedio de 25 muestreos	MPN—Ct Promedio de 25 muestreos	$\frac{\text{MPN—Ct}}{\text{MPN—P}} \times 100$
1	670	430	64
2	480	370	77
3	700	450	64
4	480	260	54
5	860	450	52
6	520	250	48
7	970	310	32
8	750	420	56
9	970	720	74
10	1900	1200	63

MPN—P = N° más probable según prueba presuntiva

MPN—Ct = N° más probable según prueba completa

bajante. Juzgamos necesario reevaluar la calidad sanitaria de las aguas de este balneario en un futuro cercano.

AGRADECIMIENTO

Nuestro reconocimiento al Ferrocarril Eléctrico al Pacífico el cual, a través de su Gerente Ing. Guillermo Lara Bustamante, nos brindó transporte y alojamiento en Puntarenas, facilitando así este trabajo.

RESUMEN

Se recolectaron semanalmente, durante 25 semanas, muestras de agua del balneario de mar de la Ciudad de Puntarenas en 10 puntos definidos de la zona más popular entre los bañistas. Las muestras fueron sujetas a determinación del número más probable de coliformes según técnicas estandar.

Se observó una tendencia, tanto en los casos aislados como en el promedio, hacia la elevación del número de coliformes en las estaciones Nos. 9 y 10. Esto puede deberse a que las corrientes de la zona son tales que desvían el agua contaminada del estero hacia la playa en esos puntos, y posiblemente también a que, al ser el oleaje más marcado en esta zona, se produzca resuspensión del barro del fondo con el consiguiente aumento de bacterias. Se demuestra, además, que la prueba confirmada es satisfactoria para la determinación del número más probable de coliformes bajo las condiciones en que se efectuó el presente trabajo. Clasificamos el balneario de Puntarenas como "aguas de baño aprobadas pero sujetas a recalificación basada en repetidas observaciones posteriores".

CUADRO 3

Relación porcentual entre el número más probable completo y el número más probable presuntivo, por muestreo

Muestreo N°	MPN—P Promedio de 10 estaciones	MPN—Ct Promedio de 10 estaciones	$\frac{\text{MPN—Ct}}{\text{MPN—P}} \times 100$
1	200	180	90
2	1400	290	21
3	200	170	85
4	970	180	19
5	160	150	94
6	300	180	60
7	85	82	96
8	2500	2100	84
9	250	180	72
10	700	220	31
11	59	51	86
12	660	360	55
13	410	77	19
14	75	72	96
15	280	240	86
16	170	120	71
17	600	220	37
18	81	14	17
19	2000	270	14
20	2900	2900	100
21	1200	830	70
22	4200	1700	40
23	850	710	84
24	220	220	100
25	360	340	94

SUMMARY

During a period of 25 weeks, water samples were collected weekly from the bathing beach of the City of Puntarenas at 10 well-defined points. Most probable numbers of coliforms were obtained employing standard techniques.

A trend was observed, both in isolated instances as well as in the averages, toward greater numbers of coliforms at sampling points N° 9 and 10. This we attribute to a deflection of the contaminated stream, originating at the brackish water basin, by the ebb tide current in such a manner that the contaminated flow of water impinges on the beach at such points; this may also be due to resuspension of sludge by the more pronounced wave action observed in this area.

The confirmed test is shown to be satisfactory for the determination of the most probable number of coliforms under the conditions of this survey.

In view of our results and applying the standards established by the City of New York, we classified the waters of the bathing beach of Puntarenas as "approved, but subject to reclassification in light of continuing observation".

REFERENCIAS

1. BABBITT, H. E., & E. R. BAUMAN
1958. *Sewerage and sewage treatment*. 8th ed., 790 pp., New York: John Wiley and Sons, Inc.
2. BEARD, P. J., & N. F. MEADOWCROFT
1935. Survival and rate of death of intestinal bacteria in sea water. *Am. J. Pub. Health* 25: 1023-1026.
3. BUSWELL, A. M., W. L. MALLMANN, J. F. NORTON, W. D. HATFIELD, H. A. LEVERIN, & M. C. SCHWARTZ
1946. *Standard methods for the examination of water and sewage*. 9th ed., 286 pp. New York: Am. Public Health Assoc.
4. ELLIS, D.
1932. The dilution of sewage in the sea. *J. Roy Tech. Coll.*, 2: 698-707.
5. GEIGER, J. C., C. G. HYDE, & A. B. CROWLEY
1939. A unique and effective determination of the extent and degree of pollution by sewage of the west and north shores of the city and county of San Francisco. *Sewage Works J.*, 11: 811-818.
6. IMHOFF AND FAIR
1956. (Citado en 1).
7. MOORE, B.
1954. A survey of beach pollution at a seaside resort. *J. Hyg.*, 52: 71-86.
8. PRESCOTT, S. C., S. E. A. WINSLOW, & M. H. MCCRADY
1946. *Water bacteriology*. 6th ed., 368 pp. New York: John Wiley and Sons, Inc.
9. ROMER, H.
1956. The health department's role in New York harbor pollution control. *Sewage and Industrial Wastes*, 28: 1495-1503.
10. ROVIRALTA, G.
1956. *Cloacas de Puntarenas*. Informe presentado por la Sección de Aguas Negras del Departamento de Ingeniería de Salubridad Pública a la Municipalidad de Puntarenas, 6 pp.
11. SCOTT, W. J., H. F. FERGUSON, W. H. CARY, S. DEM. GAGE, E. S. TISDALE, E. G. EGGERT, C. G. GILLESPIE, & R. MESSER.
1932. Swimming pools and bathing places. A report of the joint committee on bathing places of the American Public Health Association and the State Sanitary Engineers, presented to the A.P.H.A. at the sixty-first annual meeting in Washington, D.C., *A.P.H.A. Yearbook for 1932*: 40-49.
12. VACCARO, R. F., M. P. BRIGGS, C. L. CAREY, & B. H. KETCHUM
1950. Viability of *Escherichia coli* in sea water. *Am. J. Pub. Health*, 40: 1257-1266.
13. ZOBELL, C. E.
1941. The occurrence of coliform bacteria in oceanic water. *J. Bacteriol.*, 42: 284.

Fig. 1. Localización geográfica de la Ciudad de Puntarenas.

Fig. 2. Plano de la sección occidental de la Ciudad de Puntarenas mostrando la localización de las 10 estaciones de muestreo y de las 14 descargas del sistema de cloacas.

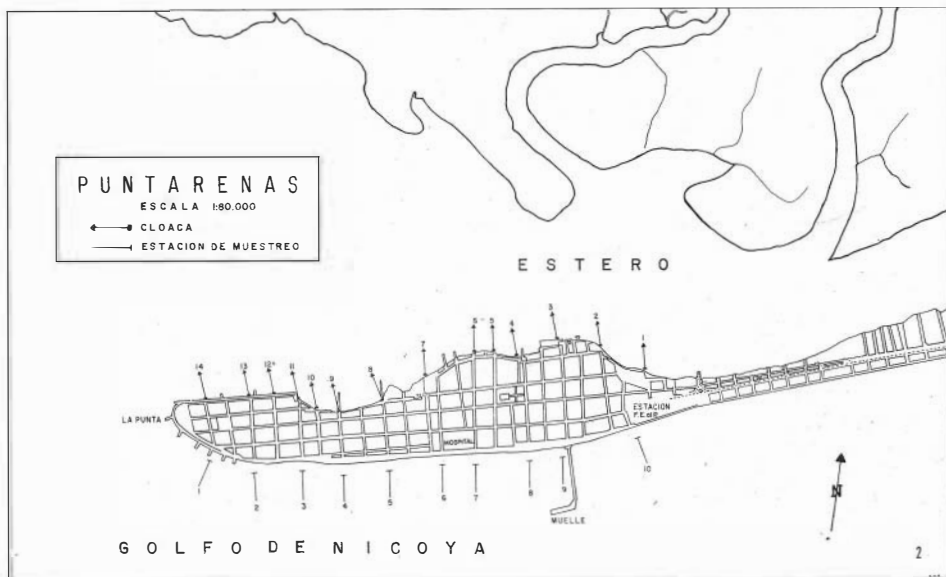
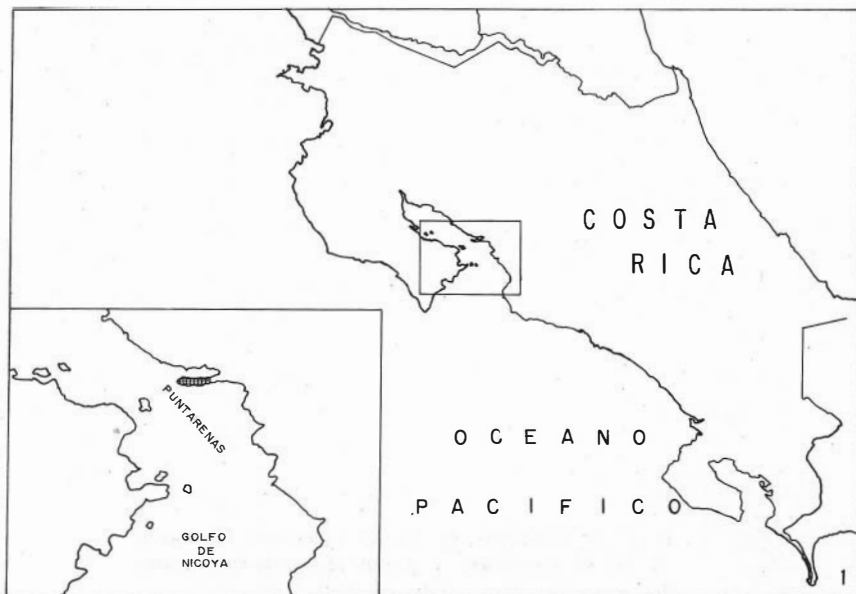
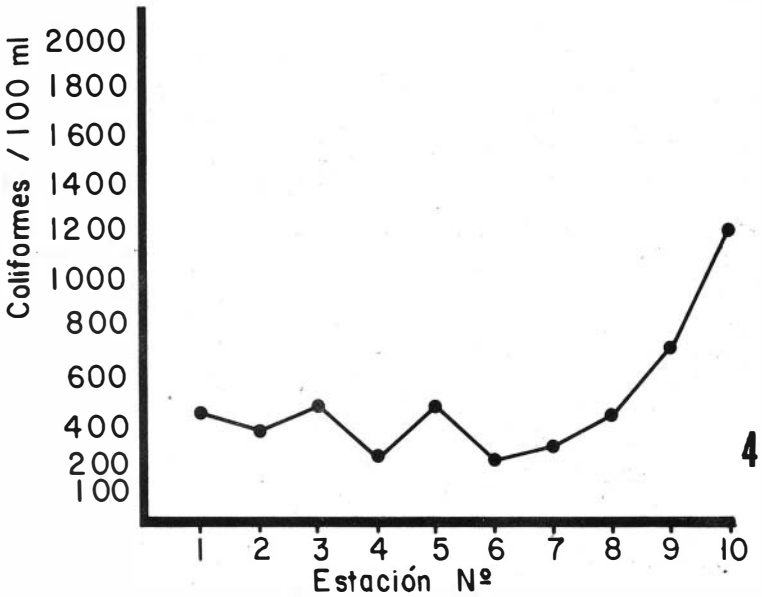
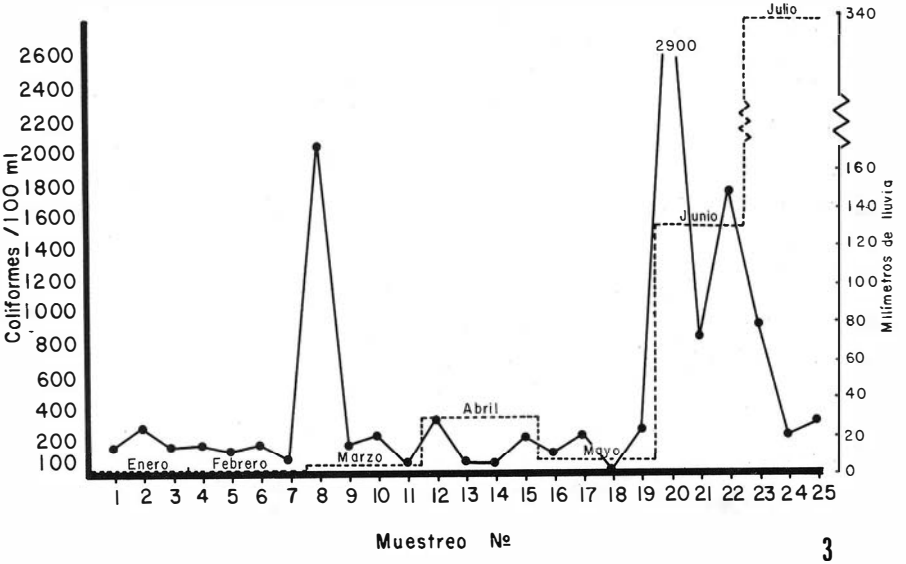


Fig. 3. Nivel de coliformes en los 25 muestreos (promedio de las 10 estaciones) y precipitación pluvial durante los meses de enero a julio de 1961.

Fig. 4. Nivel de coliformes en las 10 estaciones (promedio de 25 muestreos).



PROMEDIO DE LOS MUESTREOS