

**ESTUDIO DE LA CONTAMINACION
MICROBIOLOGICA Y SU RELACION
CON LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS,
EN LA BAHIA DE CARTAGENA
(SECTOR LAGUITO-CASTILLOGRANDE)**

Luz Angela Castro S., Quimica

División de Contaminación Marina, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, A.A. 982, Cartagena de Indias D.T. y C., Colombia

ABSTRACT

Due to the bacteriological, physical and chemical pollution problems commonly presented in the Cartagena bay, specially at the Laguito and Castillogrande sectors, the CIOH - Capitanía de Puerto of Cartagena has come to the need of monitoring the bay waters. To do so, were established several stations and gathered data at different time of year so it can be compare and be determined the most critical places and season.

Therefore the present study deal with the evaluation of the bacteriological pollution level of the bay and its relationship with physico-chemical parameters. This evaluation is based on the monthly measurements which began on august 1994 (Wet season) and ended in january of 1995 (Dry season) over five stations located in the Laguito, Internal bay and Castillogrande Beaches.

For each data set was measured the total number of bacterias and the number of bacteria 100ml (MPN), faecal and total coliform (TC+FC), as well as phisico-chemical analysis, such as pH, salinity, DBO5, nutrients, suspended solids, etc.

During the research was found the Laguito station, as the most critical due to its high level of coliforms and nutrients, always indicating domestic wastes from residential districts, therefore can be considered as an area with severe restrictions for primary and secondary recreation, any how all stations in general try todepuring during january (dry season).

RESUMEN

Debido a los problemas de contaminación de tipo microbiológica que se presentan periódicamente en la bahía de Cartagena, especialmente en el sector del Laguito y Castillogrande, el CIOH y la Capitanía de Puerto de Cartagena se vieron en la necesidad de hacer un monitoreo de aguas, tratando de cubrir las diferentes épocas climáticas del año, en estaciones de muestreo que se establecen para el efecto, buscando determinar cuál es la época y los lugares más críticos, así como la evolución del fenómeno en el tiempo.

Por consiguiente, el presente estudio trata de la evaluación del grado de contaminación microbiológica y su relación con los parámetros fisicoquímicos. Dicha evaluación se realiza con monitoreos mensuales a partir del mes de agosto (Epoca lluviosa), hasta el mes de enero del siguiente año (Epoca seca), en cinco estaciones localizadas en la zona de el Laguito (parte interna, el Laguito parte externa) y la zona de playas de Castillogrande.

Para cada uno de los monitoreos se efectuó el conteo total de colonias y el número más probable (N.P.M.) de coliformes, al igual que los análisis fisicoquímicos tales como pH, salinidad, sólidos suspendidos, nutrientes, DBO5, oxígeno disuelto.

Dentro de los resultados más importantes se encontró que la estación de muestreo más crítica durante casi todo el año, en cuanto a calidad de aguas se refiere es la del Laguito ya que sus niveles tanto de coliformes como de nutrientes siempre indicaron la presencia de aguas negras o aguas residuales, es decir, que es una área con restricciones para aguas de uso de recreación primaria y secundaria, sin embargo, en general todas las estaciones tratan de autodepurarse en el mes de enero, época seca del año.

1. INTRODUCCION

En la actualidad el agua es uno de los recursos naturales con mayor riesgo de contaminación. La contaminación por diversas causas trae entre otras consecuencias, problemas de salubridad, alteración de la flora y fauna generando alta morbilidad por enfermedades hídricas.

Es de todos conocido, que en nuestro país el fenómeno de la contaminación se ha extendido vertiginosamente afectando diversas vertientes hidrográficas y cuerpos de agua marina.

Un criterio de calidad de agua para uso recreativo se define como una relación cuantificable de Exposición-Efecto, basada en evidencias científicas entre el nivel de algún indicador de la calidad del agua en cuestión y los riesgos potenciales para la salud asociados con el uso del agua con fines recreativos.

Es práctica común de las ciudades costeras descargar sus aguas residuales sin tratamiento al cuerpo de agua más cercano o más conveniente y usualmente se dan mínimas consideraciones a las consecuencias ambientales principalmente por la falta de recursos económicos.

Frecuentemente, las aguas residuales crudas o sin tratamiento se descargan por medio de emisarios muy cerca a las playas de recreo. Este es el caso de Cartagena que presenta la desembocadura de varios emisarios submarinos dentro de la bahía, los cuales revierten sus aguas hacia el litoral en una época del año, generando problemas de tipo sanitario para la población local y turística.

Para cumplir con los criterios de sanidad establecidos para playas de recreo, debe presentarse una reducción de organismos patógenos, bien sea a través de dilución física o por mortalidad en el medio marino hostil.

Los problemas asociados con las descargas de aguas servidas cerca del litoral además de ser estéticos, pueden representar riesgos ecológicos, riesgos para la salud pública y muchas veces traen consecuencias económicas al restringir el turismo.

En 1974, La Organización Mundial de la Salud (OMS) convocó a una reunión de trabajo de un grupo de expertos europeos para establecer Guías y Criterios de Calidad para Recreación en Playas y Aguas Costeras (WHO, 1975) en Bethoven, Holanda y llegó a la conclusión que los límites superiores recomendados para

organismos indicadores deberían expresarse en términos globales de órdenes de magnitud, en vez de términos rígidos de niveles específicos. Sin embargo, las áreas de recreación altamente satisfactorias deberán mostrar consistentemente colonias de E. Coli menores de 100 por 100 ml y para ser consideradas aguas aceptables para recreación de contacto primario no se deben encontrar colonias mayores a 1000 E. Coli por 100 ml.

Muchos investigadores han estudiado la supervivencia de las bacterias en el mar y han concluido que su decaimiento puede ser el resultado de cualquier, o una combinación de varios factores fisicoquímicos y biológicos interrelacionados incluyendo:

- Presencia de sustancias tóxicas en aguas marinas.
- La absorción de bacterias y su floculación y/o sedimentación.
- La acción destructiva de la luz solar.
- La presencia de bacteriófagos.
- La utilización de bacterias por parte de protozoos y otros predadores como alimentos.
- Los efectos competitivos y antagónicos de otros microorganismos.

Y sin embargo, no se puede determinar consistentemente que factor sólo puede ser el de mayor importancia.

La bahía de Cartagena en sus distintos sectores recibe efluentes de aguas industriales y servidas que afectan notoriamente la explotación pesquera o los sitios de recreación.

2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La región de Cartagena está localizada sobre la costa del Caribe colombiano entre latitud 10°26'N - 10°16'N y longitud 75°30' W - 75°36' W.

La Bahía en su extremo sur, presenta una fuente significativa de aguas fluviales provenientes del Canal del Dique, que aporta aguas del río Magdalena. También presenta dos entradas de renovación de aguas oceánicas, Bocachica y Bocagrande. Esta configuración le da el calificativo de estuario. Sus dimensiones son aproximadamente de 82 Km² de espejo de agua y una profundidad promedio de 21 metros aproximadamente.

La circulación superficial de las aguas ricas en sedimentos y arcillas, en la época de lluvias, es notoria debido a la pluma turbia que ingresa por el canal del Dique hacia el norte de la bahía de Cartagena impulsada por la fuerza de la descarga.

Por el sector de Bocachica se aprecia la entrada de aguas oceánicas, que empujan las aguas turbias del canal del Dique sobre la zona de Mamonal, encerrándolas en un sector del extremo sur de la Bahía.

En la época de vientos, las aguas del Dique son represadas temporalmente en el extremo sur de la Bahía, bajo el efecto del roce del viento en la superficie. Esto induce en profundidad, una corriente de compensación orientada de sur a norte.

La desaparición de estas aguas del Dique se hace por mezcla progresiva con las aguas de la Bahía y por consiguiente la depuración de la misma.

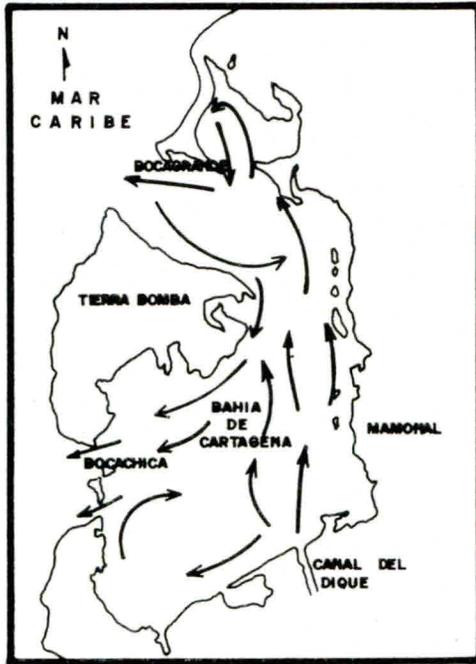


Figura 1. Comportamiento de las Corrientes Superficiales. Epoca húmeda.



Figura 2. Principales Emisarios y Efluentes

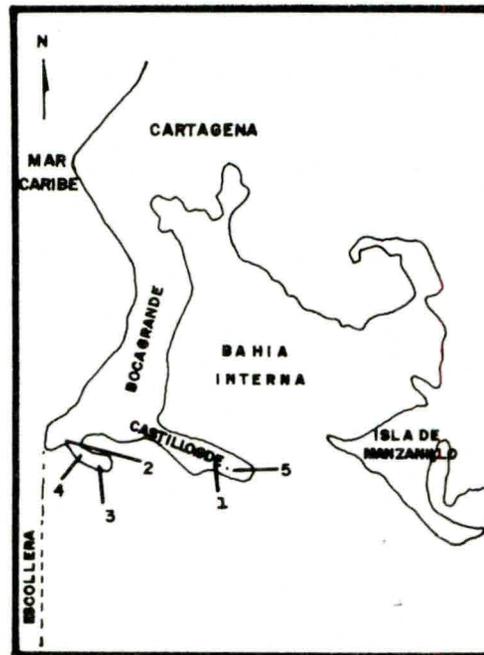


Figura 3. Posición de las Estaciones

3. POSICION Y DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Para el presente estudio se realizaron muestreos en cinco (5) estaciones localizadas en los puntos que han presentado a través de los años contaminación microbiológica. Estas estaciones son:

ESTACION No.	LOCALIZACION GEOGRAFICA	UBICACION
1	Lat. 10° 23' 40" Long. 75° 33' 12"	Playas Castillogrande
2	Lat. 10° 23' 58" Long. 75° 33' 54"	Laguito Interior
3	Lat. 10° 23' 44" Long. 75° 33' 50"	Playas Hotel Hilton
4	Lat. 10° 23' 51" Long. 75° 34' 00"	Laguito exterior
5	Lat. 10° 23' 51" Long. 75° 32' 57"	Punta Club Naval

4. MATERIALES Y METODOS

En el presente estudio se analizaron una serie de parámetros físico-químicos y microbiológicos durante muestreos entre los meses de agosto a diciembre de 1994 y enero de 1995 de aguas superficiales. Microbiológicos como Coliformes Fecales y Coliformes Totales. Físico-químicos tales como DBO₅, Oxígeno Disuelto, Nutrientes (Amonio, Nitritos, Nitratos, Fosfatos, Silicatos), Sólidos Suspendidos, salinidad e insitu temperatura y pH.

4.1. ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Toma de muestra

La toma de la muestra se realizó a una distancia de unos 30 metros de la playa más cercana y una profundidad de 0,5 a 1 metro, utilizando una bomba de succión a la que se le colocó un portafiltro de 5 a 10 pulgadas de polipropileno.

Método

El método utilizado corresponde a filtración por membrana (F.M.) y Número Más Probable (NMP). Se determina el recuento de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF); por los métodos de inmunofluorescencia (IF).

4.2. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Toma de muestra

La toma de la muestra se realizó a una distancia de unos 30 metros de la playa más cercana a una profundidad de 0,5 a 1 metro, utilizando botellas plásticas de 500 ml y botellas de vidrio DBO de 200 ml. aproximadamente.

Métodos

Los métodos para la determinación de los parámetros físico-químicos en el laboratorio corresponden a las técnicas dadas por Strickland y Parsons, y Standard Methods. Las otras determinaciones fueron:

- Salinidad se determinó por refractometría.

Medidas Insitu

- Temperatura aire.
- Temperatura agua superficial.

5. RESULTADOS

Observando los resultados en cada uno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, se puede decir que durante la época de muestreo, (Agosto/94, Enero/95), la salinidad presentó variaciones en un rango de 22‰ a 35‰ a excepción del mes de noviembre cuando sus salinidades bajaron a valores de 7‰ a 16 ‰ superficialmente. Este descenso se debe básicamente a la influencia de los aportes de aguas dulces provenientes del Canal del Dique y por supuesto a las lluvias locales del mes de noviembre donde se observó el máximo pico de precipitación pluviométrica.

En cuanto al resultado de los coliformes totales y fecales vemos que las variaciones hasta octubre para casi todas las estaciones presentaron altibajos con rangos por encima de los límites permisibles para aguas de contacto primario, a excepción de la estación más cercana a descargas de emergencia con aporte de aguas de alcantarillado donde se mantiene muy por encima del límite superior, como es el caso en la estación interior del Laguito, y teniendo un descenso fuerte en la época de el mes de diciembre cuando comienza la época seca. Esto además coincide con los cambios de circulación de las aguas que durante esta época comienza a experimentar renovación de aguas oceánicas, las cuales entran por Bocachica y llegan hasta la bahía interna.

Un parámetro muy importante que nos ayuda a verificar la calidad del agua, es el oxígeno disuelto, cuyos valores dentro del tiempo de trabajo fueron variables, presentando un mínimo en la misma época de máxima precipitación pluviométrica, por consiguiente un alto consumo del oxígeno disuelto por la materia orgánica aportada por las descargas del alcantarillado, el cual aumenta su caudal y llegan a la Bahía interna. En los meses siguientes se observó otra variación en los valores de oxígeno disuelto, es decir, que aumentó en la época en que disminuyeron las lluvias, y disminuyó empezando la etapa del inicio de la época seca, debido a que las corrientes de fondo que aumentan y entran con aguas oceánicas, producen una

fuerte remoción de todo el material del fondo, materia orgánica (M.O), consumiéndose el oxígeno presente.

El estudio de los sólidos suspendidos nos ayuda a corroborar el comportamiento de algunos parámetros como por ejemplo la salinidad, los coliformes etc., los cuales presentan sus valores mayores en el mes de octubre y disminuyen fuertemente en el mes de noviembre, haciendo creer que posiblemente las aguas de esta zona en noviembre son mayormente afectadas por lluvias locales, mientras que en octubre son afectadas por el Canal del Dique. Los sólidos en suspensión aumentan nuevamente en diciembre y enero, que es cuando por efectos de las corrientes de fondo se remueven las partículas.

Simultáneamente se puede apreciar el comportamiento de los nutrientes, los cuales presentan un gran aumento entre los meses de octubre y noviembre coincidiendo con la época de lluvias locales, las cuales aportan materia orgánica de residuos domésticos consumiéndose el oxígeno presente. Sin embargo, en el mes de diciembre, que corresponde a la época seca, caracterizado por el comienzo de fuertes brisas, y en el cual se debería presentar valores cercanos a los límites inferiores, existe una concentración relevante, que no proviene de nuevos aportes, sino de la remoción del fondo, siendo este el momento, en que la bahía comienza su etapa de autodepuración bajando las concentraciones de microorganismos patógenos, aumentando la salinidad etc. y haciendo nuevamente aptas las playas de la bahía interna para uso primario, repitiendo el ciclo hasta cuando regrese la época húmeda.

Obviamente este ciclo se vería interrumpido en el momento en el cual las aguas negras depositadas sean debidamente tratadas y/o cambien su lugar de destino final, como es lo programado para un futuro.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos en este trabajo se puede concluir que Cartagena posee una época crítica en cuanto a contaminación microbiológica se refiere, dentro de la Bahía Interna durante los meses de agosto a noviembre, época de lluvias. Dicha contaminación proviene de las aguas negras que durante varios años se vienen depositando directamente a la Bahía sin ningún tratamiento previo.

En los meses de septiembre y octubre se presenta un mayor efecto sobre la zona de estudio de las aguas provenientes del Canal del Dique (mayor cantidad de sólidos en suspensión), mientras que en el mes de noviembre el mayor efecto proviene de lluvias locales y aumento de las descargas domésticas que provocan un descenso fuerte en la salinidad llegando a valores entre 7 y 16 ‰, asimismo se presenta un gran consumo de oxígeno, disminución de silicatos y aumento en los niveles de nitritos, nitratos y ortofosfatos.

Se encontró una alta correlación entre el comportamiento de todos los parámetros físico-químicos y la hidrodinámica de la Bahía definiéndose la dirección de las corrientes en las diferentes épocas climáticas que hace que interactuen aguas internas de la Bahía de baja calidad con aguas oceánicas limpias. Este proceso a su vez modela la contaminación microbiológica del sector de estudio de la bahía de Cartagena, el cual presenta sus valores más altos en la época de lluvias y baja dinámica oceánica y sus valores más bajos en la época de vientos.

TABLA 1. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la estación 1 Castillogrande Bahía de Cartagena (Ago./94 - Ene. /95).

PARAMETRO	T °C	pH	S ‰	S.S. T mg/L	O.D. ml/L	DBO ₅ mg/L	C.T. NMP	C.F. NMP	Nutrientes Marinos µg-at/L				
									NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SiO ₃
TIEMPO													
Ago 24	30	8.52	25.0	144	7.13	3.12	240	43	4.23	0.38	1.10	0.26	11.1
Ago 30	29	8.47	29.5	152	7.03	2.19	1100	43	2.41	0.38	1.30	0.18	29.7
Sep. 21	31	8.54	25.0	40	7.46	2.36	2400	460	10.3	0.42	1.05	0.55	47.4
Oct. 5	30	8.64	25.0	196	8.78	3.76	2400	1100	6.76	0.33	0.50	0.55	16.2
Oct. 19	28	8.56	22.0	124	7.37	2.18	2400	93	3.41	0.25	1.50	0.97	9.07
Nov. 17	30	8.51	16.0	20	5.51	3.50	23	23	2.88	0.82	2.75	0.62	4.0
Dic. 15	29	8.43	34.0	91	8.22	2.58	1100	43	4.18	1.51	2.60	0.22	2.36
Ene 10	28	8.25	35.0	73	5.97	0.94	240	43	2.76	0.33	1.10	0.70	1.00

TABLA 2. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la estación 2 Laguito Interior Bahía de Cartagena (Ago./94 - Ene. /95).

PARAMETRO	T °C	pH	S ‰	S.S. T mg/L	O.D. ml/L	DBO ₅ mg/L	C.T. NMP	C.F. NMP	Nutrientes Marinos µg-at/L				
									NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SiO ₃
TIEMPO													
Ago 24	30	8.62	25	92	5.80	5.12	2400	2400	2.05	0.35	1.90	1.03	7.58
Ago 30	30	8.37	29	232	6.53	2.08	1100	93	1.58	0.35	2.21	0.33	27.6
Sep. 21	31	8.58	25	228	7.14	2.27	2400	93	5.26	0.26	0.25	0.48	39.8
Oct. 5	30	8.73	25	180	7.45	3.54	2400	1100	1.35	0.20	0.25	0.44	19.5
Oct. 19	30	8.73	25	180	7.45	3.54	460	93	1.35	0.20	0.25	0.44	9.50
Nov. 17	29	8.64	10	120	6.72	2.0	43	23	1.74	2.05	3.80	0.59	11.3
Dic. 15	29	8.49	32	129	7.50	2.76	460	73	11.8	1.51	22.6	0.63	5.07
Ene 10	30	8.25	35	53	5.77	1.40	150	75	1.52	0.25	0.56	0.55	4.64

**TABLA 3. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la estación 3 Hotel Hilton.
Bahía de Cartagena (Ago./94 - Ene. /95).**

PARAMETRO	T °C	pH	S ‰	S.S. T mg/L	O.D. ml/L	DBO ₅ mg/L	C.T. NMP	C.F. NMP	Nutrientes Marinos µg-at/L				
									NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SiO ₃
TIEMPO													
Ago 24	30	8.57	25	96	6.47	2098	2400	1100	0.05	0.43	1.05	0.22	4.21
Ago 30	29	8.56	25	160	8.00	2.49	460	240	205 2	0.38	1.43	0.29	36.9
Sep. 21	31	8.62	21	80	7.86	2.68	2400	240	1.55	0.08	0.20	1.07	49.5
Oct. 5	30	8.56	25	164	8.60	3.25	2400	1100	2.94	0.43	0.60	0.55	15.8
Oct. 19	29	8.53	22	204	8.17	4.57	2400	75	5.17	0.30	0.40	1.20	9.5
Nov. 17	30	8.48	11	42	6.32	2.00	240	43	3.64	1.41	2.50	0.66	6.6
Dic. 15	29	8.46	35	66	8.22	2.58	23	23	3.59	1.56	2.70	0.30	3.7
Ene 10	28	8.33	35	87	6.07	1.06	240	43	1.82	0.41	1.80	0.29	0.28

**TABLA 4. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la estación 4 Laguito Externo.
Bahía de Cartagena (Ago./94 - Ene. /95).**

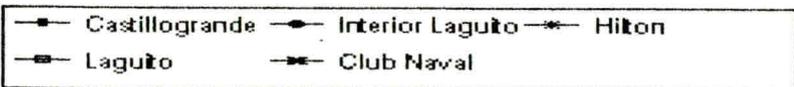
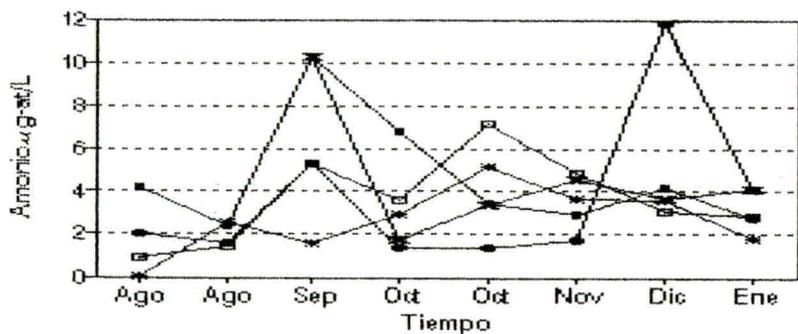
PARAMETRO	T °C	pH	S ‰	S.S. T mg/L	O.D. ml/L	DBO ₅ mg/L	C.T. NMP	C.F. NMP	Nutrientes Marinos µg-at/L				
									NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SiO ₃
TIEMPO													
Ago 24	30	8.53	22	92	5.83	1.32	2400	2400	0.94	0.53	1.50	0.26	4.78
Ago 30	30	8.47	25	232	7.20	1.87	460	43	1.41	0.46	0.90	0.33	32.1
Sep. 21	31	8.58	21	48	7.78	2.60	2400	1100	5.26	0.29	0.70	0.74	56.4
Oct. 5	30	8.58	25	204	8.26	4.21	2400	460	3.58	0.23	0.95	0.33	16.5
Oct. 19	29	8.48	22	148	7.40	2.21	1100	93	7.11	0.41	2.05	1.12	18.9
Nov. 17	30	8.48	7	32	6.32	2.00	2400	1100	4.88	1.23	2.60	1.88	7.14
Dic. 15	29	8.50	35	88	8.35	2.56	2400	1100	3.06	1.54	2.95	0.26	3.43
Ene 10	28	8.35	35	93	6.05	8.23	240	43	2.82	0.30	1.00	0.25	3.50

TABLA 5. Características fisicoquímicas y microbiológicas de la estación 5 Club Naval

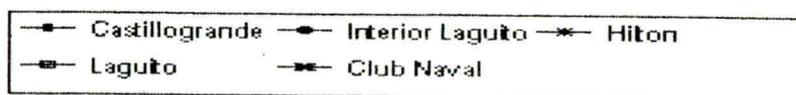
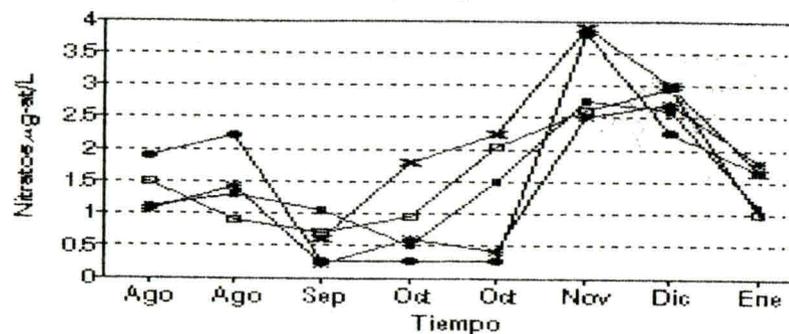
Bahía de Cartagena (Ago./94 - Ene. /95).

PARAMETRO	T °C	pH	S ‰	S.S. T mg/L	O.D. ml/L	DBO ₅ mg/L	C.T. NMP	C.F. NMP	Nutrientes Marinos µg-at/L				
									NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SiO ₃
TIEMPO													
Sep. 21	31	8.60	21	108	7.78	4.54	460	240	10.3	0.34	0.60	0.85	43.9
Oct. 5	30	8.52	25	156	8.44	3.42	2400	75	1.70	0.41	1.80	0.48	14.9
Oct. 19	28	8.52	22	176	7.23	3.17	1100	43	3.35	0.35	2.25	1.34	6.78
Nov. 17	30	8.51	10	12	6.31	2.00	2400	93	4.58	0.38	3.90	0.59	3.21
Dic. 15	29	8.54	31	105	8.40	2.75	2400	43	3.65	1.62	3.00	0.44	6.00
Ene 10	28	8.34	35	90	5.89	1.02	460	93	4.11	0.30	1.65	0.22	3.35

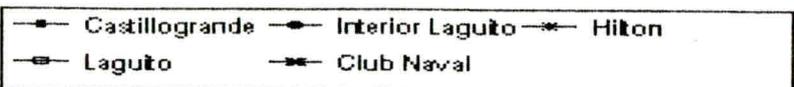
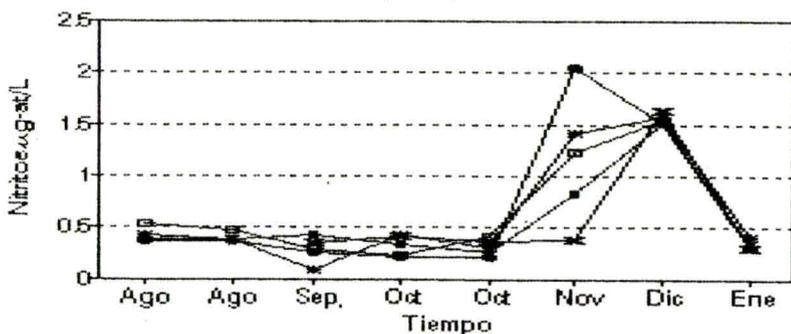
AMONIO (NH4)



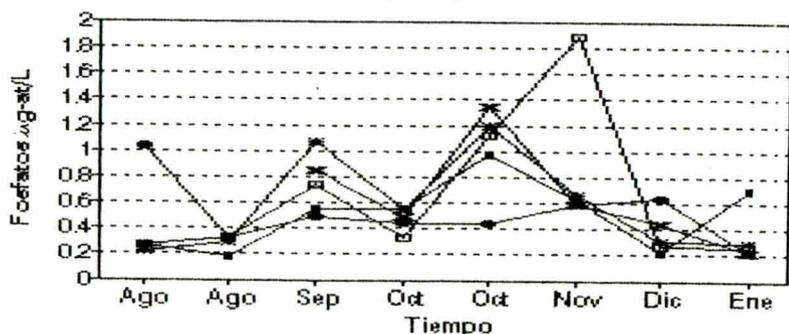
NITRATOS (NO3)



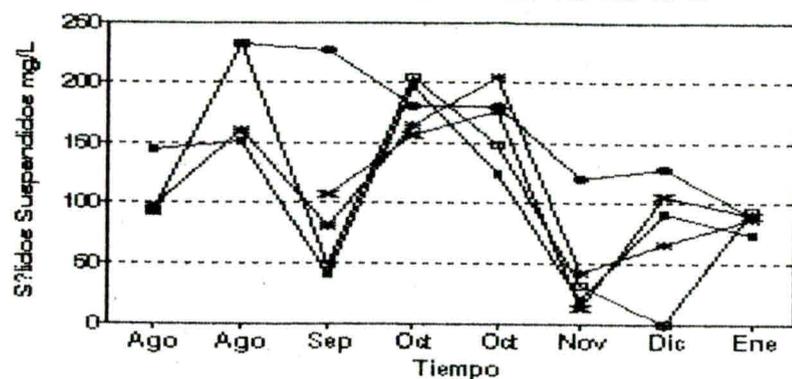
NITRITOS (NO2)



FOSFATOS (PO4)

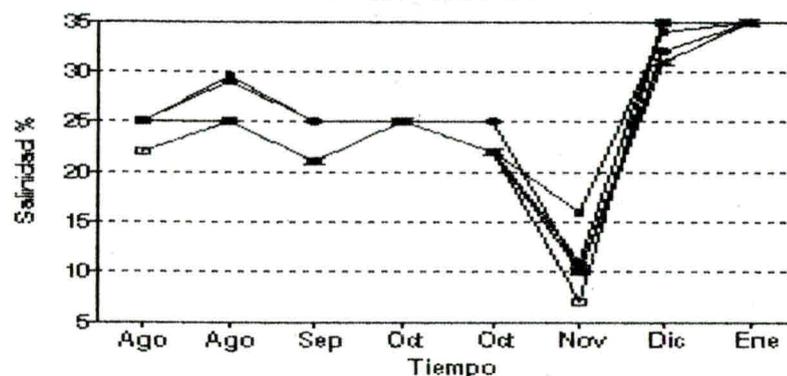


SOLIDOS SUSPENDIDOS



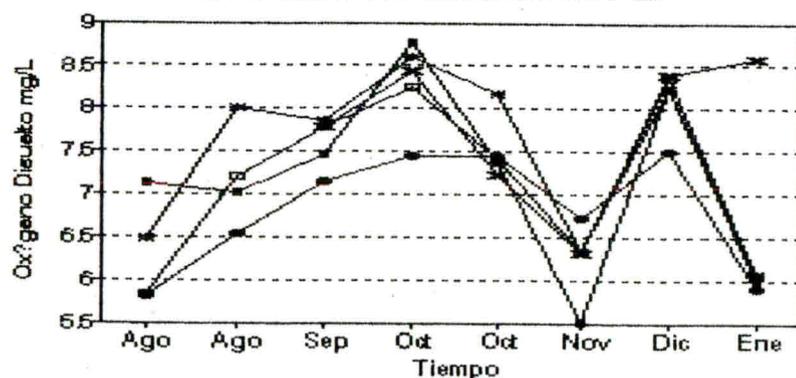
● Castillogrande ● Interior Laguito * Hilton
 ■ Laguito ■ Club Naval

SALINIDAD

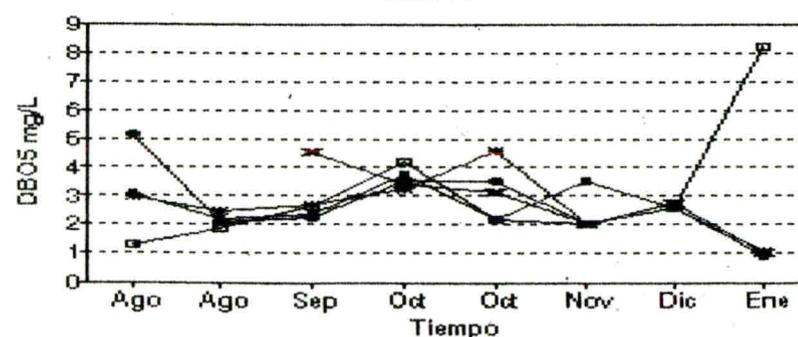


● Castillogrande ● Interior Laguito * Hilton
 ■ Laguito ■ Club Naval

OXIGENO DISUELTO

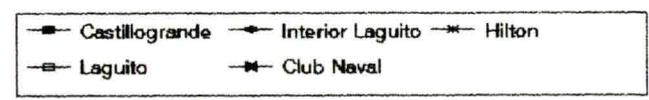
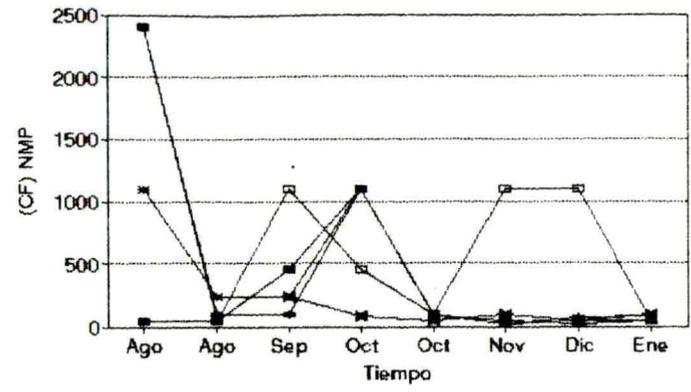


● Castillogrande ● Interior Laguito * Hilton
 ■ Laguito ■ Club Naval

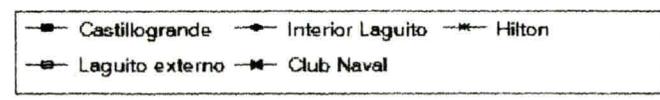
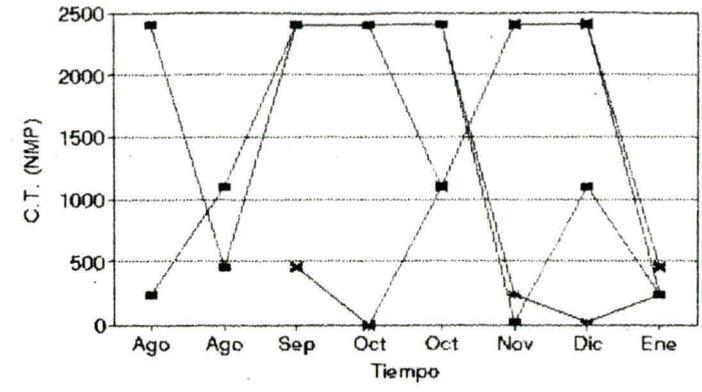
DEMANDA BIOQUIMICA OXIGENO
DBO5

● Castillogrande ● Interior Laguito * Hilton
 ■ Laguito ■ Club Naval

COLIFORMES FECALES

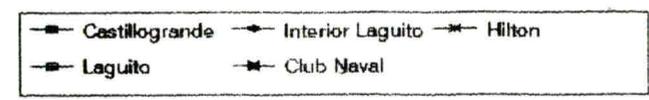
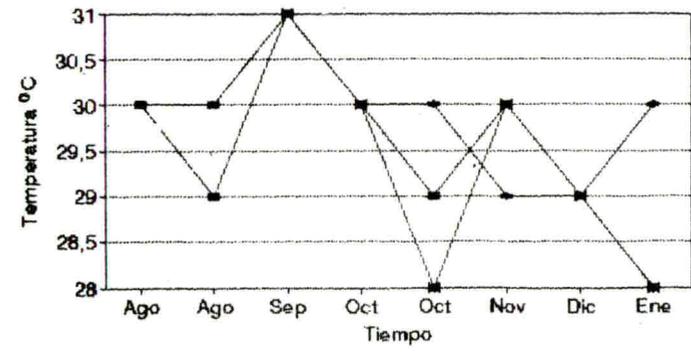


COLIFORMES TOTALES

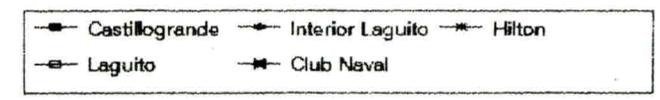
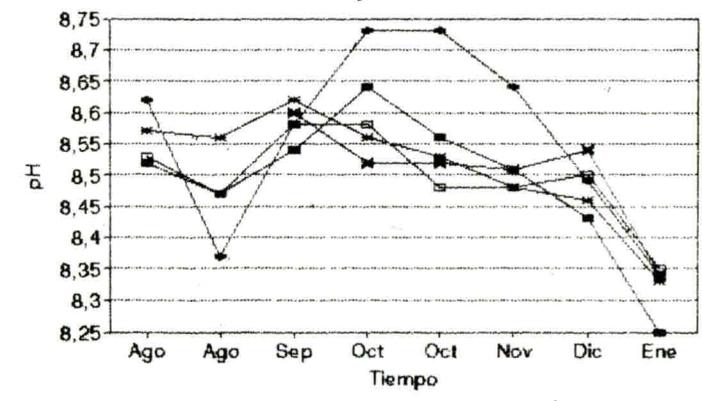


TEMPERATURA

(°C)



pH



7. BIBLIOGRAFIA

- Salas, Henry J. (1994): Emisarios Submarinos alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe, Centro Paramericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) Lima, Perú.
- Piñón, A., Baena, O. Rodríguez, T., Barón, A.(1984): Estado actual del sistema de Bahía interna, caños y lagos y Ciénaga de Tesca. Origen de su deterioro y alternativas de recuperación. INDERENA., Unidad de Investigación y Control Ambiental, Cartagena.
- Urbano, Jorge. (1992): Estado actual de la Bahía v/s contaminación. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). Bol. Cient. 10:3-9.
- Ludwig, Russell G., (1988): Evaluación del Impacto Ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos, Centro de Investigaciones de Monitoreo y Evaluación. King's College London, Universidad de Londres. OMS.
- Salas, Henry J. (1994): Historia y Aplicación de Normas Microbiológicas de Calidad de agua en el Medio Marino. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) Lima Perú.