



## **CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA APORTADA POR EL RÍO SAN PEDRO AL GOLFO DE MONTIJO, VERAGUAS**

**José J. Him F. y Aura Johnson**

Centro Regional Universitario de Veraguas, Universidad de Panamá, Santiago de Veraguas, Panamá.

E-mail: jjhimf@yahoo.com

### **RESUMEN**

Con el propósito de determinar el nivel de contaminación bacteriológica y físico-química que aporta el río San Pedro al Golfo de Montijo, se obtuvieron muestras de agua de la desembocadura del río. El área estudiada no presenta contaminación físicoquímica en cuanto a ciertos parámetros estudiados (SST, pH, DBO, OD). Sin embargo, hay señales de alerta en cuanto a concentraciones de detergentes detectadas durante los meses de abril y mayo ( $0.95 \text{ mg/dm}^3$ ) en la mayoría de las estaciones de muestreo. Igualmente, son preocupantes las concentraciones detectadas de nutrientes, sobre todo de nitratos en la época lluviosa, cuyas concentraciones promedios oscilaron entre  $1.084 \text{ mg/dm}^3$  y  $2.444 \text{ mg/dm}^3$ . Los hallazgos de coliformes fecales en todas las estaciones de muestreo sugieren la presencia de heces de humanos y/o de animales, las cuales pueden estar siendo descargadas directa o indirectamente al río.

### **PALABRAS CLAVES**

Golfo de Montijo, contaminación físico - química, coliformes fecales, estuarios.

### **ABSTRACT**

In order to determine the level of bacteriological and physicochemical pollution delivered to the Gulf of Montijo by San Pedro River, samples were collected from the mouth of the river outlet. The area did not show pollution as to certain physicochemical parameters studied (TSS, pH, BOD, OD). However, there are

warnings signs about detergent concentrations detected during the months of April and May ( $0.95 \text{ mg/dm}^3$ ) in most sampling stations. Similarly, there is concern on the nutrient concentrations detected, especially nitrates in the rainy season, which average concentrations ranged between  $1.084 \text{ mg/dm}^3$  and  $2.444 \text{ mg/dm}^3$ . The findings of fecal coliforms in all sampling sites suggest the presence of human feces and / or animals, which can be downloaded directly or indirectly into the river.

## **KEYWORDS**

Montijo Gulf, physicochemical pollution, fecal coliforms, estuaries.

## **INTRODUCCIÓN**

El Humedal del Golfo de Montijo forma parte del Sistema Internacional de Sitios Ramsar, los cuales son considerados como hábitat acuáticos cuya existencia es indispensable para mantener los ciclos de vida de especies de flora y fauna, tanto a nivel regional como global (ANCÓN, 2001). En el Golfo de Montijo se encuentra el 13,7 % de los manglares del país, lo que corresponde a unas 23,439 hectáreas (INRENARE, 1994). Las actividades humanas a lo largo de los diferentes ríos que desembocan al Golfo han alterado el sistema de corrientes, aumentado los niveles de sedimentación e incorporado agentes químicos extraños al ecosistema. Aunado a esto, está la sobrepesca ejercida por grandes embarcaciones ajenas a la región, que amenazan la estabilidad poblacional de un gran número de especies (ANCON, 2001).

El Golfo de Montijo ha sido escenario de investigaciones durante los últimos años, pero en su mayoría son de carácter biológico y pesquero. En tal sentido, vale la pena mencionar los trabajos de Vega (1994), quien realizó un inventario preliminar de peces en al área, reportando 334 ejemplares pertenecientes a 19 familias y 55 especies. Por su parte, Aparicio y Quintana (1997), al estudiar la alimentación natural de los peces del Golfo, encontraron una incidencia parasitaria en los principales grupos de peces de importancia comercial capturadas en el área, siendo los nemátodos el grupo más común y frecuente en la mayoría de las especies. Esto podría ser un indicador de la contaminación que se esta llevando a cabo en el Golfo.

Estuarios como los de este río, reciben una gran cantidad de contaminantes provenientes de río arriba, lo que ha provocado que se hallan convertido en el vertedero final de sustancias descargadas en forma deliberada o accidental por las actividades humanas (Kennish, 1995). En este trabajo se estudió el aporte del Río San Pedro al Golfo de Montijo en lo que se refiere a contaminación físico – química y microbiológica.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El Golfo de Montijo se localiza en la Costa del Pacífico, al sur de la provincia de Veraguas, República de Panamá, desde los 7°35'45" a los 7°50'45" de latitud norte y desde los 80°58'45" a los 81°13'30" de longitud oeste (Fig. 1). Tiene un perímetro costero (considerado desde Punta Brava hasta Punta Arenas) de casi 116 km y una profundidad máxima de aproximadamente 16 m. En el interior del Golfo se localiza la Isla Leones y otras islas menores. Desemboca en este Golfo, el Río San Pedro, por el cual remontan algunas embarcaciones pequeñas hasta el Puerto de Montijo. Otros ríos que desembocan en el Golfo son: San Pablo, Lagartero, Tigres, Café, Cañazas, San Antonio, Sábalo, Piña, Ponuga, Pocrí, Suay, Tebario, Angulo, Negro, Palo Seco, Torio, Quebro y Arenas (Diccionario Geográfico de Panamá, 1974).

El Río San Pedro figura entre los grandes afluentes que conforman una serie de canales y esteros en el Golfo, creando uno de los ecosistemas más ricos y complejos del país. Este río, cuyo curso total es de aproximadamente 52.5 km, nace en el distrito de Cañazas, provincia de Veraguas. A través de su curso recibe las aguas de los ríos San Pedrito, Bacay, Aclita, Martín Grande y Cubívora. En las cercanías de sus márgenes se localizan algunos poblados como San Pedrito, El Hormigal, San Pedro de La Horqueta y Los Balsas (Diccionario Geográfico de Panamá, 1974).

En la desembocadura del Río San Pedro, se establecieron 5 estaciones de muestreo cuyas coordenadas aparecen en el Cuadro 1. Las estaciones de muestreo fueron visitadas durante siete meses, comprendidos entre abril de 2003 y febrero de 2004. Las visitas se hicieron una vez al mes en horas de la mañana a bordo de embarcaciones pesqueras. En total se trabajaron tres meses de la época seca y cuatro de la lluviosa. En cada estación se colectaron varias muestras de las aguas superficiales en recipientes de vidrio pequeños debidamente esterilizados. Las muestras de cada estación, luego de ser homogenizadas en recipientes de un litro, fueron transportadas (en termo con hielo) hasta el laboratorio para ser sometidas a análisis bacteriológico y físico-químico. Para la determinación del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno, se colectaron muestras en dos botellas de vidrio de 300 mL en cada estación.

Cuadro 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN DE MUESTREO	COORDENADAS
1	07 <sup>o</sup> 57' 04,8" N; 081 <sup>o</sup> 02' 05,9" W
2	07 <sup>o</sup> 56' 52,1" N; 081 <sup>o</sup> 02' 22,9" W
3	07 <sup>o</sup> 56' 14,2" N; 081 <sup>o</sup> 02' 42,8" W
4	07 <sup>o</sup> 55' 51,9" N; 081 <sup>o</sup> 02' 54,7" W
5	07 <sup>o</sup> 55' 21,4" N; 081 <sup>o</sup> 03' 18,7" W

Los sólidos suspendidos totales fueron determinados por filtración al vacío, según APHA (1992), empleando un equipo de filtración con frita de placa porosa y filtros circulares de microfibra de vidrio. La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en mg/L se obtuvo empleando la siguiente fórmula:

$$SST /_{mgL^{-1}} = \frac{(P_2 - P_1)1000}{V}$$

donde:  $P_1$  es el peso del filtro preparado seco en mg,  $P_2$  es el peso del filtro más el residuo seco en mg,  $V$  es el volumen de muestra filtrada en  $cm^3$ .

Para la determinación de pH, fósforo, fosfatos, nitratos y oxígeno disuelto, se empleó un fotómetro multiparámetro marca HANNA modelo C 206. Para el oxígeno disuelto se tomó la muestra colectada en una de las botellas de DBO. La concentración de detergentes se determinó empleando un kit para detergentes en aguas salobres marca HACH, modelo DE-2 que incluye discos. Para la determinación del DBO se usó el método estándar de incubación por 5 días a temperatura ambiente. Para la determinación de coliformes fecales (CF) se aplicó la técnica modificada del sistema Petrifilm 3 M, según Buhler y Luth (1993).

Los datos fueron sometidos a una prueba de comparaciones múltiples (Tukey) para determinar diferencia verdaderamente significativa (DVS) entre las medias de cada parámetro por mes y una prueba *t* para comparar los registros de los parámetros por época. Debido a que los datos de nitratos no satisfacían las hipótesis de análisis de varianza (homogeneidad, normalidad e independencia), se le aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Por último, se reagruparon los datos por estación de muestreo y se les aplicó un análisis de varianza para determinar diferencias entre ellas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La concentración media de los SST varió entre 10.8 mg/dm<sup>3</sup> (en el mes de abril) y 50.67 mg/dm<sup>3</sup> en el mes de junio (Fig. 1a). La prueba Tukey (Cuadro 2) reveló cuatro grupos en los cuales no hay diferencia significativa. La media del mes de junio resultó ser significativamente mayor a las demás. Los valores promedios de los meses de enero, junio y agosto exceden los valores estándares establecidos (25 mg/dm<sup>3</sup>) para este tipo de ecosistema, no así el resto de los meses. Se encontró diferencia significativa entre épocas del año ( $P < 0,05$ ) observándose mayor concentración en la época lluviosa.

Cuadro 2. Resultados de la prueba Tukey para SST entre meses.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
JN	50.67	I
AG	29.80	II
EN	27.38	III
FE	23.93	IV
MY	23.69	V
JL	16.00	VI
AB	10.80	VII

El pH fue un poco más alcalino en los meses de la estación seca que en la lluviosa (Fig. 1b). La prueba de Tukey (Cuadro 3) reveló tres grupos homogéneos, observándose diferencia entre los meses de lluvia y los de la época seca. La comparación entre épocas indicó diferencia significativa entre las mismas ( $P < 0,05$ ). En términos generales, los valores de pH se mantuvieron dentro de los valores aceptables (6,5-8,5) para este tipo de aguas.

Las fluctuaciones de las concentraciones de fósforo y fosfato presentaron un comportamiento similar (Figuras 1c y d). Las concentraciones medias mensuales de fósforo (Fig. 1c), variaron de  $0.064 \text{ mg/dm}^3$  (en abril) a  $0.156 \text{ mg/dm}^3$  (en julio), pero no mostraron diferencia significativa en la prueba ANOVA ( $P > 0.05$ ). La variación de las concentraciones medias mensuales de los fosfatos (Fig. 1d) oscilaron en un ámbito entre  $0.190 \text{ mg/dm}^3$  (en abril) y  $0.478 \text{ mg/dm}^3$  (en julio), pero la diferencia entre las mismas no es significativa, de acuerdo con la prueba Tukey ( $P > 0.05$ ).

En lo que respecta a los nitratos, las concentraciones medias variaron en un ámbito general entre cero y  $2,444 \text{ mg/dm}^3$  (Fig. 1e). Esta diferencia se considera estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ), según la prueba de Kruskal-Wallis. La comparación entre épocas mostró diferencia significativa para los nitratos ( $P < 0,05$ ), no así para el fósforo y los fosfatos ( $P > 0,05$ ). Estos resultados contrastan con los de Chial & Villarreal (1995), quienes presentan diferencias en los meses

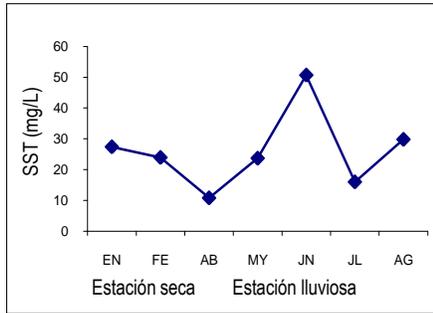
de afloramiento que ocurren en el Golfo de Panamá (durante los meses de marzo-abril) y atribuyen estas diferencias al aporte de los ríos durante el inicio de las lluvias.

Durante la época seca, en ninguna estación se detectó nitratos, mientras que en la lluviosa, en varias estaciones se detectaron concentraciones considerables en reiteradas ocasiones, debido posiblemente a las aguas servidas provenientes del área de influencia y al uso de fertilizantes en actividades agrícolas, los cuales son lavados por las aguas de escorrentía producidas por las lluvias.

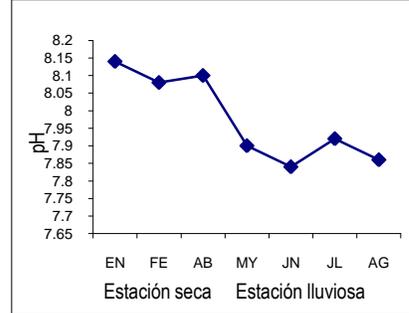
Cuadro 3. Resultados de la prueba Tukey para pH entre meses.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
EN	8.14	
AB	8.10	
FB	8.08	
JL	7.92	
MY	7.90	
AG	7.86	
JN	7.84	

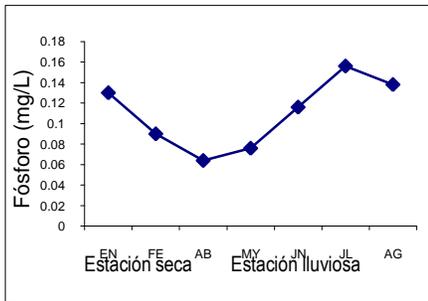
Son preocupantes las concentraciones detectadas de nutrientes, sobre todo de nitratos en la época lluviosa, cuyos promedios oscilaron entre 1.084 y 2.444 mg/dm<sup>3</sup>, lo cual constituye un serio peligro, ya que, en presencia de otras sustancias, podrían provocar un aumento de la vegetación acuática o de la población de algas, dando lugar al fenómeno de eutroficación, con la subsiguiente disminución del oxígeno disuelto. La presencia de fosfatos y nitratos es indicativa de la actividad agrícola de las áreas adyacentes al río, sobretodo del uso de fertilizantes.



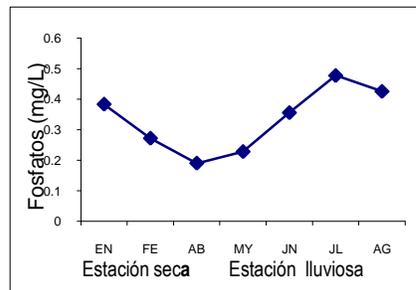
a. Variación mensual de las concentraciones medias de SST.



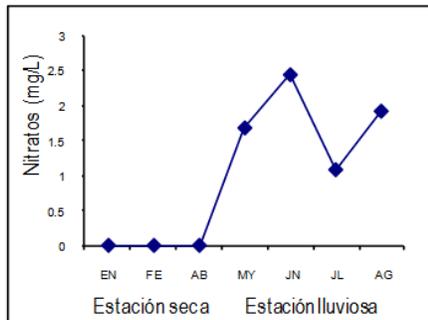
b. Variación mensual de los valores de pH.



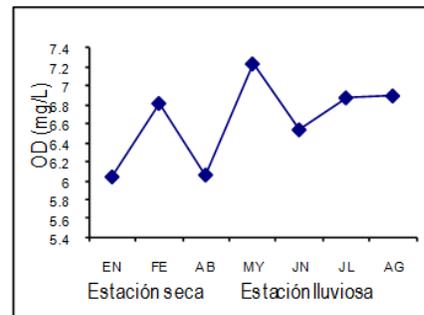
c. Variación mensual de la concentración media de fósforo.



d. Variación mensual de la concentración media de fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ).



e. Variación mensual de la concentración media de nitratos ( $NO_3^-$ ).



f. Variación mensual de la concentración media de oxígeno disuelto.

Fig. 1. Comportamiento de los factores físico – químicos durante los meses muestreados.

El comportamiento del oxígeno disuelto mostró variaciones durante los periodos muestreados (Fig. 1f). La estadística (Tukey) mostró tres grupos homogéneos (Cuadro 4). El máximo valor se detectó durante el mes de mayo (7.24 mg/dm<sup>3</sup>), más este valor no es significativamente diferente a los detectados en los meses de agosto, julio y febrero. Igualmente el nivel promedio mínimo se detectó en enero (6.040 mg/dm<sup>3</sup>), pero entre éste y los niveles encontrados en los meses de abril y junio no hay diferencia significativa. En todos los meses y estaciones muestreadas, tanto en la época seca como en la lluviosa, las concentraciones de oxígeno disuelto sobrepasan los 5 mg/L, lo cual es indicativo que las aguas de la zona estudiada permiten el sustento de la biota. El análisis estadístico reveló diferencia significativa entre épocas (P < 0,05), siendo la época lluviosa la que registró mayores concentraciones promedios. Esto podría sugerir que las abundantes lluvias provocan una mayor cantidad de oxígeno disuelto.

Cuadro 4. Resultados de la prueba Tukey para oxígeno disuelto entre meses.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
MY	7.24	1
AG	6.90	1
JL	6.88	1
FE	6.82	1
JN	6.54	2
AB	6.06	3
EN	6.04	3

Las concentraciones de detergentes en todos los meses y estaciones muestreadas (Fig. 2) estuvieron por debajo de 1,0 mg/dm<sup>3</sup>. Sin embargo, durante los meses de abril y mayo, en la mayoría de las estaciones, se detectaron concentraciones entre 0,60 y 0,95 mg/L, los cuales son valores altos. La media de estos meses resultaron ser significativamente mayores que la media del resto de los meses, entre los cuales no se encontró diferencia significativa (Cuadro 5). El análisis estadístico por época no reveló diferencia significativa entre la época seca y la lluviosa (P > 0,05). Se puede decir que hay señales de alerta debido a las concentraciones de detergentes detectadas durante los meses de abril y mayo en la mayoría de las estaciones de muestreo, las cuales variaron en un ámbito de 0.60 a 0.95 mg/dm<sup>3</sup>, valores considerados altos; pues de acuerdo con el Reglamento Técnico

DGNTI-COPANIT 35-2000 que rige las descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas en Panamá (MICI, 2000), el valor máximo permisible para las aguas servidas es de  $1,0 \text{ mg/dm}^3$ . Lo que hace suponer que los valores para las aguas de la zona estudiada deben ser mucho menores.

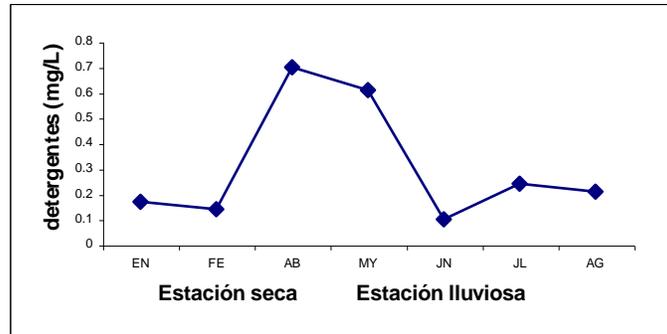


Fig. 2. Variación mensual de las concentraciones promedio de detergentes ( $\text{mg/dm}^3$ ).

Cuadro 5. Resultados de la prueba Tukey para detergentes entre meses.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
AB	0.70	I
MY	0.61	I
JL	0.24	II
AG	0.21	II
EN	0.17	III
FE	0.14	III
JN	0.10	III

Las medias de las concentraciones mensuales de  $\text{DBO}_5$  no muestran gran variabilidad. Las concentraciones medias oscilaron entre  $2.16 \text{ mg/dm}^3$  (junio y agosto) y  $2.86 \text{ mg/dm}^3$  (febrero y mayo). Al aplicar una ANOVA a los datos agrupados en meses se obtuvo una ( $F = 3.67$ ,  $P = 0.0082$ ), pero una prueba Tukey demostró que todos los meses eran iguales en cuanto a la concentración de DBO (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados de la prueba Tukey para la DBO<sub>5</sub> entre meses.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
FE	2,860	
MY	2,860	
AB	2,560	
JL	2,520	
EN	2,200	
AG	2,160	
JN	2,160	

Las medias mensuales de los datos de coliformes fecales mostraron una mayor concentración de estos durante los meses de la estación lluviosa (Fig. 3). En todas las estaciones, durante todos los meses muestreados, se detectó la presencia de coliformes fecales. Los niveles promedios extremos fueron 18,80 y 145,60 UFC/100cm<sup>3</sup>, correspondiendo el mínimo al mes de abril y el máximo al mes de junio. No obstante, en ninguna ocasión, los datos sobrepasan los niveles sugeridos como aceptables por la mayor parte de las normas mundiales (200 coliformes fecales/100 mililitros de agua) para la propagación de la vida silvestre y para aguas recreacionales (donde hay contacto con el cuerpo), lo cual fue similar a lo detectado por Brunner & Fernández (1965) en aguas de Puntarenas en Costa Rica. A pesar de que estos niveles se mantengan en los límites permisibles, es importante recordar que existen organismos filtradores que concentran en sus tejidos virus y bacterias, logrando una concentración peligrosa para el consumo humano. Esto fue observado por Fernández & Brunner (1977), al encontrar en 16 lotes del bivalvo (*Anadara tuberculosa*) recién recolectados, provenientes de dos áreas del Golfo de Nicoya (de Chacarita y de Manzanillo), niveles de coliformes no satisfactorios o no aptos para el consumo humano.

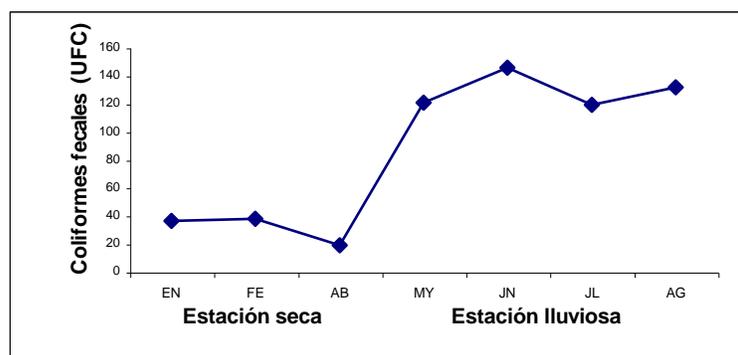


Fig. 3. Variación mensual de los promedios de la concentración de Coliformes.

Tomando todos los datos provenientes de las distintas estaciones de muestreo en los distintos meses, los resultados del contraste entre meses mediante la prueba Tukey (Cuadro 7) muestran dos grupos homogéneos entre las medias, siendo los promedios más altos, en forma decreciente, los correspondientes a junio, agosto, mayo y julio, pero sin ninguna diferencia significativa entre estos. De igual manera, los promedios más bajos, en forma también decreciente, corresponden a febrero, enero y abril; entre los cuales tampoco existe diferencia significativa. El contraste entre épocas reveló significancia en la diferencia entre las mismas ( $P < 0,05$ ), notándose conteos más altos de UFC de coliformes fecales en la época lluviosa.

Cuadro 7. Resultados de la prueba Tukey para coliformes fecales (UFC/100 cm<sup>3</sup>).

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
JN	145.60	
AG	131.6	
MY	120.80	
JL	119.00	
FE	37.80	
EN	36.48	
AB	18.80	

Por último, la reagrupación de los datos por estación de muestreo y su comparación con un análisis de varianza mostró que todas las estaciones (5 sitios en total) eran iguales en cada uno de los parámetros analizados en este estudio ( $P > 0.05$ ).

### **CONCLUSIONES**

El área estudiada no presenta contaminación físicoquímica según los parámetros SST, pH, DBO, OD, cuyos niveles son los habituales en ecosistemas similares. Las diferencias observadas en el oxígeno disuelto, detergentes y sólidos suspendidos totales son atribuibles a las aguas de escorrentía de la época lluviosa.

Todos los sectores muestreados resultaron similares de sólidos totales disueltos, pH, DBO, nitratos, fósforo, fosfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales; lo que indica que toda el área representa un conjunto homogéneo.

El hecho de encontrar coliformes fecales en todas las estaciones de muestreo y niveles altos en la época lluviosa evidencian la presencia de heces humanas y de animales descargadas directa o indirectamente al río.

### **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a los pescadores que prestaron sus servicios para las giras a las áreas estudiadas, a la Profesora María Isabel González por la corrección de la traducción del resumen en inglés, y también a los revisores de la revista por sus sugerencias.

### **REFERENCIAS**

ANCON. 2001. Golfo de Montijo: Riqueza amenazada. *Rev. Ícaro*, 5: 30-32

APHA, AWWA y WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16<sup>a</sup> ed. Washington, DC. U.S.A.

Aparicio, R. & R. Quintana. 1997. Alimentación natural de los peces del Golfo de Montijo, Veraguas, Panamá. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad de Panamá. 96 p.

Brunker, T. & B. Fernández. 1965. Calidad sanitaria de las aguas de la playa de Puntarenas. *Rev. Bio. Trop.*, 13(2): 259-269.

Buhler, H.P. & T. Luth. 1993. Microbiological evaluation of drinking-water: modified application of the 3M Petrifilm System under field conditions. *Swiss J. Military Med.*, 70(1): 9-12.

Chial, B. & J. Villarreal. 1995. Distribución de los nutrientes disueltos (fosfatos, nitratos y nitritos) en la Bahía de Chame, Golfo de Panamá. Informe final, PRADEPESCA en el Istmo Centroamericano/ DIGEREMA/ Universidad de Panamá.

Diccionario Geográfico de Panamá. 1974. Tomo II y III. Editorial Universidad de Panamá.

Fernández, B. & T. Brunker. 1977. Estudio bacteriológico de bivalvos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Condición del molusco recién recolectado. *Rev. Bio. Trop.* 25 (1): 101-107.

INRENARE. 1994. Proyecto Generación de la Información Básica para Elaborar el Plan de Manejo del Sitio Ramsar Golfo de Montijo. Panamá.

Kennish, M. J. 1995. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. CRC Marine science series. U.S.A.

MICI (Ministerio de Comercio e Industrias, Panamá). 2000. Reglamento Técnico DGNT-COPANIT 24-99. Panamá.

Vega, A. J. 1994. Peces del Golfo de Montijo, provincia de Veraguas, República de Panamá. Inventario preliminar. *Rev. Scientia* (Panamá), 9(2): 33-38.

*Recibido julio de 2011, aceptado marzo de 2012.*