

Distribución de Enterococos como indicadores de contaminación fecal en aguas de la Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano

Distribution of Enterococci as indicators of fecal contamination in waters of Tumaco Bay, Colombian Pacific Coast

Dra. Diana Esperanza Rodríguez Cuitiva

Dirección General Marítima. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Área de Protección al Medio Marino. Capitanía de Puerto, San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.

RESUMEN

La Bahía de Tumaco es un territorio donde desembocan ocho ríos en 27 bocanas, y los principales son el Mira y el Patía. De igual forma, es una bahía que no cuenta con un sistema de saneamiento básico adecuado, y allí se vierten directamente los desechos sin ningún tipo de tratamiento. Por esto se realizó un estudio en las aguas marinas de la Bahía de Tumaco en seis estaciones seleccionadas que presentan diferentes características, en el período comprendido entre marzo, junio y septiembre del año 2010. El número total de muestras analizadas fue de 36. Se determinó la distribución espacio temporal del indicador microbiológico de contaminación fecal (Enterococos), y adicionalmente se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos (salinidad y nutrientes) en cada sitio de muestreo. Las mayores concentraciones se encontraron en las estaciones (E23 y E26) de mayor influencia de aguas continentales y en la época húmeda y de transición (húmeda a seca). De igual forma, estas estaciones en los meses de marzo y junio se encontraron por fuera de los valores permitidos por la Organización Mundial de la Salud (40 UFC/100 mL). Se observó relación directa decreciente entre la abundancia de Enterococos y la salinidad, pero no con nutrientes (NH₄⁺, NO₂⁻ y NO₃⁻). Dado lo observado, es importante vigilar la calidad del agua de la bahía, la cual constituye una fuente potencial de riesgo para el desarrollo de las actividades económicas de la población tumaqueña.

Palabras clave: mareas, contaminación, Enterococos, calidad del agua, salinidad, nutrientes.

ABSTRACT

Eight rivers empty into 27 estuaries in the area of Tumaco Bay. The most significant are Mira and Patía. The bay does not have an appropriate basic sanitation system, and untreated wastes are discharged directly into it. For this reason, a study was conducted of Tumaco Bay marine waters at six stations exhibiting different features in the months of March, June and September 2010. The total number of samples analyzed was 36. Determination was made of the spatio-temporal distribution of the fecal contamination microbiological indicator (*Enterococci*), and physical-chemical parameters (salinity and nutrients) were measured at each sampling site. The highest concentrations were found at Stations E23 and E26, where the influence of continental waters is greater, in the wet and transition (dry to wet) seasons. In the months of March and June, these stations lay outside the limits established by the World Health Organization (40 UFC/100 mL). A direct decreasing relationship was found between the abundance of Enterococci and salinity, but not with respect to nutrients (NH₄⁺, NO₂⁻ y NO₃⁻). Given the above findings, it is important to keep watch on the quality of the water in the bay, for it may pose a risk to the economic activities carried out by the Tumaco population.

Key words: tides, contamination, Enterococci, water quality, salinity, nutrients.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las zonas costeras representa en la actualidad un grave problema ambiental, ya que ocasiona daños económicos y turísticos y disminuye su calidad sanitaria. En su mayoría los desechos que se producen en la tierra, especialmente por el desarrollo humano, son vertidos al medio acuático más cercano, en este caso el mar.¹ Por esta razón, el marco ambiental de la zona costera (lagunas, estuarios, marismas, esteros, ensenadas, bahías, etc.) es el producto de una interacción entre factores geológicos, físicos, químicos, climáticos y biológicos, cuyo resultado es, en términos generales, un rasgo morfológico único.²

Los estuarios se caracterizan por presentar una mezcla medioambiente marino y de agua dulce, y presentan numerosos problemas de carácter único. En ellos, la variabilidad es mucho mayor que en el océano abierto. La circulación y las propiedades físicas y químicas del agua cambian rápidamente, como consecuencia de las variaciones en el rango de mareas, descarga fluvial y condiciones meteorológicas. La variación estacional del rango de marea y la descarga fluvial en un estuario también influyen fuertemente la distribución espacial y temporal de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como el material suspendido. La circulación, que mueve agua salina del océano hacia adentro del estuario y mezcla esta agua con la de origen fluvial que se mueve hacia el océano, es importante en la determinación y patrón de movimiento de todo el material suspendido y disuelto presente en un estuario.²

Con lo anterior, se dice que las aguas costeras tienen diversos factores que afectan la calidad de los ecosistemas y la salud humana, entre los que se encuentran las inadecuadas prácticas de disposición final de aguas residuales domésticas, que introducen altos niveles de nutrientes y bacterias entéricas y patógenas al sistema.³

La Bahía de Tumaco es un área costera bañada por ríos cortos, pero caudalosos, con extensas desembocaduras que configuran un ámbito de estuarios, bahías, esteros, ensenadas y bocanas sujetos a intercambios de corrientes marinas y fluviales que le dan vida a un conjunto de ecosistemas de manglares y de áreas de inundación.⁴ Estos ríos aportan niveles significativos de desechos domésticos, agrícolas e industriales, considerados de menor escala con los que se generan en las grandes y medianas ciudades. Es por esto que la degradación de la calidad de las aguas costeras puede tener diversas causas, aunque la principal es el tratamiento inadecuado de aguas residuales (urbanas, industriales y agrícolas) vertidas a través de descargas subterráneas y desembocaduras de ríos.

Asociados a estos vertidos se encuentran una gran cantidad de contaminantes inorgánicos, orgánicos y microorganismos patógenos, cuya presencia en el medio receptor es un hecho conocido.⁵ Entre los microorganismos que afectan la calidad de las aguas costeras se encuentran bacterias, virus y parásitos de origen alóctono, fundamentalmente procedentes de las aguas servidas.

La transmisión de microorganismos patógenos está estrechamente asociada a la alteración, a menudo dramática e irreversible, de los ecosistemas costeros naturales. Es por esto que existen indicadores de calidad de aguas, que son organismos cuyas densidades o concentraciones en el agua pueden ser cualitativamente relacionadas con el riesgo a la salud que implica el uso de esta. El criterio de la calidad del agua se considera como la relación cuantificable de exposición-efecto basada en evidencias científicas entre el nivel de un indicador de calidad del agua y los riesgos potenciales para la salud asociados con su uso.⁶

Enterococos es un indicador bacteriológico para aguas marinas o salobres, ya que son más resistentes a las condiciones de estas aguas, a su temperatura, y tienen mejor relación con las enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dermatológicas.⁷

Teniendo en cuenta la importancia ambiental y las fuentes de vertimiento de la bahía, se consideró necesario evaluar la calidad sanitaria de este cuerpo de agua y determinar la concentración de Enterococos en las aguas de la Bahía de Tumaco, con el uso de los parámetros fisicoquímicos (salinidad y nutrientes).

MÉTODOS

La Bahía de Tumaco se encuentra ubicada en el extremo sur de la costa Pacífica colombiana, en el Departamento de Nariño, y se constituye como la mayor entrante del litoral nacional, entre las latitudes 1° 45' y 2° 00' N y las longitudes 78° 30' y 78° 45' O, que comprende un área aproximadamente de 350 Km², con profundidades que varían entre 0 y 50 m. Se divide en dos regiones claramente diferenciadas: una de tipo oceánico (noroeste de la línea imaginaria entre Bocagrande e Isla del Gallo), donde las profundidades son superiores a los 40 m, y una interna, de tipo somero, cuya batimetría exhibe mediciones de 0 a 10 m.⁸ (Fig. 1).

Se seleccionaron seis estaciones de muestreo establecidas como resultado del análisis cluster de una grilla más intensa constituida por 23 estaciones, lo que permitió clasificar el área en subespacios homogéneos. Asimismo, estas representan influencias de vertimientos de aguas residuales, actividades antrópicas, oceánicas y descargas de ríos presentes en la Bahía de Tumaco⁹ (tabla 1).

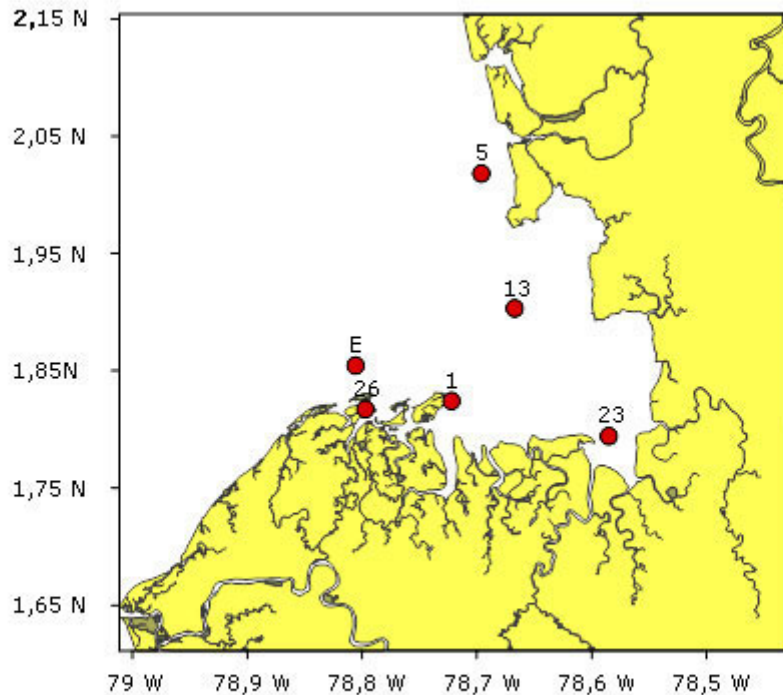


Fig. 1. Área de estudio: ubicación de las seis estaciones de muestreo de la Bahía de Tumaco, Pacífico Colombiano.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las 6 estaciones de la grilla de muestreo en la bahía de Tumaco

Estación	Longitud W	Latitud N
1	78°43,152	1°49,668
5	78°41,774	2°00,970
13	78°39,834	1°54,224
23	78°35,545	1°48,146
26	78°47,754	1°40m,047
E (Terminal Multiboyas)	78°48,225	1°51,141

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Durante el 2010 las seis estaciones de estudio de la Bahía de Tumaco fueron muestreadas una vez por mes en marzo, junio y septiembre, teniendo en cuenta las mareas (pleamar y bajamar), para un total de 36 muestras.

Las muestras fueron colectadas a una profundidad de a 20 cm aproximadamente de la superficie en frascos *shott* de vidrio estériles de 1 000 mL y transportadas según recomendaciones de APHA (1998 y 2000) y procedimientos normalizados de operación para el muestreo establecido, hasta el laboratorio del Instituto de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), para su procesamiento en un período no mayor a seis horas después de la recolección.¹⁰

Simultáneamente, se realizó la medición de salinidad con un multiparametro YSI Model 85, y para el análisis de los nutrientes se tomó un volumen de 500 mL para su posterior análisis en el laboratorio del CCCP.

La determinación de la concentración de enterococos se efectuó por medio de la técnica de filtración por membrana, de acuerdo con criterios de APHA 2000, con el empleo del agar selectivo para Enterococos, según *Slanetz y Bartley* (1957).¹¹ Las placas se incubaron durante 24 a 48 h a 35 ± 2 °C. Transcurrido el tiempo, se realizó el recuento de colonias de color rojo- rosados, incluso algo pardas. Los resultados se expresaron como unidades formadoras de colonia (UFC) en 100 mL de la muestra.

Para la determinación de amonio se empleó el método propuesto por Riley (1953) y modificado por Strickland y Parsons (1968 - 1972), y se conoce muy ampliamente como el método del azul de indofenol;¹² los nitritos a través del método desarrollado por Shinn (1941) y modificado por Bendschneider y Robinson (1952);¹³ los nitratos por el método descrito por *Strickland y Parsons* (1972) y los fosfatos por el método del ácido ascórbico, desarrollado por *Murphy y Riley* (1952)¹⁴ y recomendado por Strickland y Parsons (1972) y FAO (1975). Asimismo, se siguieron las recomendaciones descritas en el *Standard Methods*, 21st Ed.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las concentraciones de Enterococos fueron evaluadas a través de un análisis descriptivo, teniendo en cuenta la distribución espacio temporal. También se realizó un análisis de correlación lineal con el programa Statgraphics versión 5.1, para determinar la posible correlación entre las variables fisicoquímicas (salinidad y nutrientes) y las concentraciones de Enterococos.

RESULTADOS

Las concentraciones máximas de enterococos se presentaron en el mes de junio en las estaciones 23 (pleamar) y en la 26 (pleamar y bajamar), y en marzo la estación 26 (pleamar y bajamar); 23 en pleamar con un valor de 128, 117, 108, 86, 82 y 72 UFC/100 mL de agua, respectivamente, y en septiembre se aprecia de manera general una disminución de estas concentraciones en todas las estaciones muestreadas, fundamentalmente en bajamar (tabla 2).

En la tabla 3 se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos (salinidad y nutrientes) y microbiológicos de las seis estaciones monitoreadas durante los tres meses de muestreo, en los que se encontró que la salinidad registró un rango de 8,5 a 30,6 en pleamar, y en bajamar entre 9,8 hasta 30,6 con un valor promedio de $24,86 \pm 6,81$ psu. En general, los niveles más bajos de salinidad y los más altos de nutrientes (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) se registraron en las estaciones 23 y 26 durante los tres monitoreos en pleamar y bajamar, que reciben aguas continentales provenientes

de las bocanas de los ríos Mira, Rosario, Mexicano y Chagui, y de algunos esteros como Guandarajo y Trujillo, entre otras.

Tabla 2. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las seis estaciones de la Bahía de Tumaco

Parámetro	Mes	Marea	Estaciones					
			1	5	13	23	26	Multiboyas
Enterococos	Marzo	Pleamar	6	18	<1	72	86	11
		Bajamar	9	6	<1	45	82	<1
	Junio	Pleamar	11	15	3	128	108	14
		Bajamar	1	<1	2	57	117	3
	Septiembre	Pleamar	7	<1	<1	21	32	<1
		Bajamar	<1	<1	<1	11	16	<1

Tabla 3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las seis estaciones de la Bahía de Tumaco

Parámetro	Mes	Marea	Estaciones					
			1	5	13	23	26	Eco
Salinidad	Marzo	Pleamar	28	29	28,8	18	16,9	27,3
		Bajamar	27	29,1	27,8	14,9	11,1	28,7
	Junio	Pleamar	29,5	28,2	27,6	8,5	13,6	29,2
		Bajamar	28,9	29,5	26,5	14,8	9,8	29,4
	Septiembre	Pleamar	29,8	30,3	30,6	27,7	22,7	30,6
		Bajamar	29,8	30,4	29,4	22,9	18,1	30,4
Amonio (nh ₄)	Marzo	Pleamar	0	0	0	0	0	0
		Bajamar	0	0	0	0	0,59	0
	Junio	Pleamar	0	0	0	0,35	3,01	0
		Bajamar	0	0	0	0	2,46	0
	Septiembre	Pleamar	0,56	0,27	0,43	1,65	1,08	0,68
		Bajamar	0,56	0,65	8,7	0,61	0,71	0,56
Nitritos (no ₂)	Marzo	Pleamar	0	0,04	0,22	0,63	0,05	0
		Bajamar	0	0,03	0,22	0,18	0,07	0
	Junio	Pleamar	0	0,47	1,62	4,67	0,1	0
		Bajamar	0,07	0,21	1,48	6,36	0,07	0
	Septiembre	Pleamar	<0,03	0,15	<0,03	1,08	0,1	0,04
		Bajamar	<0,03	<0,03	0,31	2,27	0,07	<0,03
Nitratos (no ₃)	Marzo	Pleamar	0	0	0	2,86	2,4	0
		Bajamar	0	0	0	0	3,33	0
	Junio	Pleamar	0,38	1,44	2,5	9,11	5,8	0,67
		Bajamar	0,33	0,59	2,57	10,56	6,39	0,52
	Septiembre	Pleamar	0,34	0,38	0,24	1,19	1,33	0,13
		Bajamar	0,5	0,38	0,75	4,84	1,62	1,14

Es importante resaltar que no se evidenció relación directa ni fuerte de los nutrientes con la concentración de Enterococos en ninguna de las estaciones, mareas y meses de muestreo. En cambio, con la salinidad se observó relación en las estaciones 23 y 26, tanto en pleamar como en bajamar, donde a menor salinidad mayor concentración de enterococos.

En la época húmeda (marzo-mayo) y el período de transición (junio-julio), fue donde se registró crecimiento de Enterococos en todas las estaciones; en cambio, como se puede ver en la figura 2, en la época seca (agosto-septiembre) la concentración de este microorganismo fue menor y en las estaciones 23 y 26, que tienen influencia de aguas continentales y vertimientos de aguas residuales, la concentración estuvo dentro de los límites permisibles (40 UFC/100 mL), según la OMS.

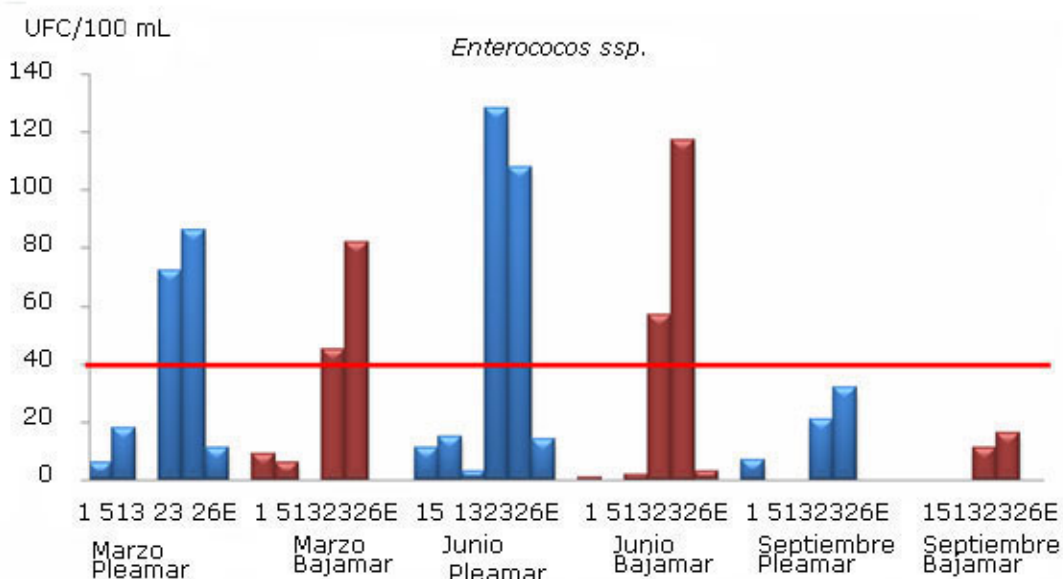


Fig. 2. Concentración de Enterococos en las seis estaciones de la Bahía de Tumaco en el 2010.

En este estudio se observó correlación directa decreciente de la abundancia de enterococos con la salinidad, ya que el coeficiente de correlación $r=0,854$ está muy próximo a 1 (Fig. 3), e influye de manera decisiva en el crecimiento de esta bacteria en el agua de la bahía, porque a mayor salinidad menor abundancia de Enterococos y a menor salinidad mayor abundancia de enterococos.

Teniendo en cuenta el comportamiento de los nutrientes, no se observó relación directa de la abundancia de los Enterococos con amonio (NH_4^+) y nitritos (NO_2^-), y se registró un r de 0,014 y 0,041, respectivamente; en cambio, con nitratos NO_3^- hubo una relación lineal positiva moderada ($r= 0,56$). Esto quiere decir que a mayor concentración de nitratos mayor carga microbiana (Figs. 4, 5 y 6).

DISCUSIÓN

Las concentraciones de enterococos para la Bahía de Tumaco son influenciadas principalmente por las descargas directas de los residuos domésticos de la población, ya que no cuentan con un sistema de saneamiento básico adecuado para la

eliminación de los desechos. De igual forma, es una bahía que se encuentra influenciada por una o más fuentes de vertidos naturales, como los ocho ríos que desembocan en 27 bocanas, entre ellos los dos principales: el Mira y el Patía, correspondientes a la vertiente del Pacífico, que comprende Guaitara, Mayo, los ríos Curay, Colorado, Chagui, Tablones, Mexicano, Rosario, Guandarajo y un brazo del río Mira, los cuales atraen una importante carga sedimentaria.¹⁵ En este caso, la cantidad de ríos y de bocanas es un factor determinante, ya que la mayoría de los desechos que se producen en la tierra, especialmente por el desarrollo humano, son vertidos al medio acuático y arrastrados hasta el mar,¹ lo que afecta significativamente la calidad sanitaria del cuerpo del agua.

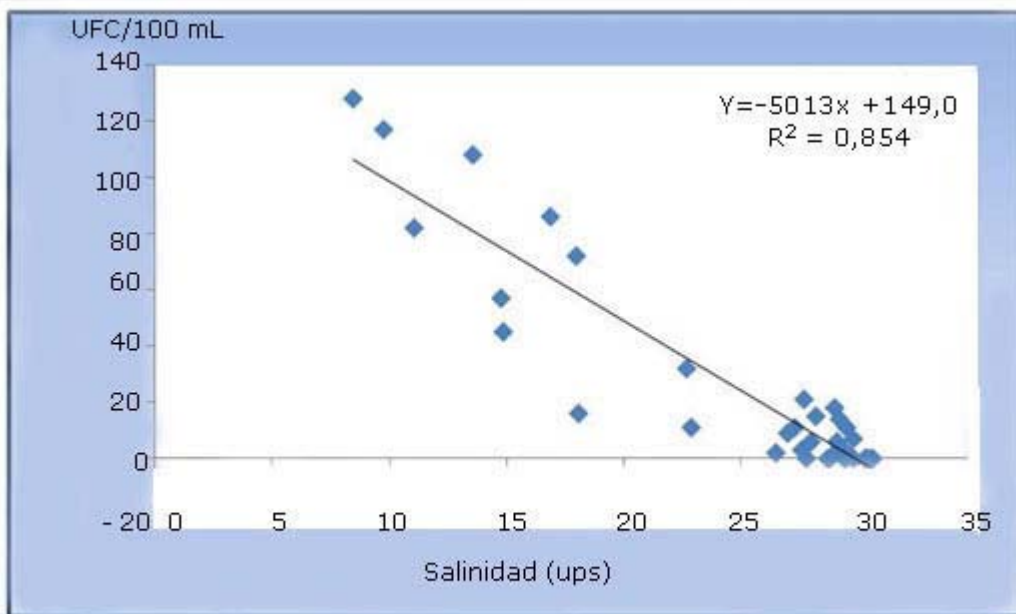


Fig. 3. Coeficiente de relación entre Enterococos y salinidad.

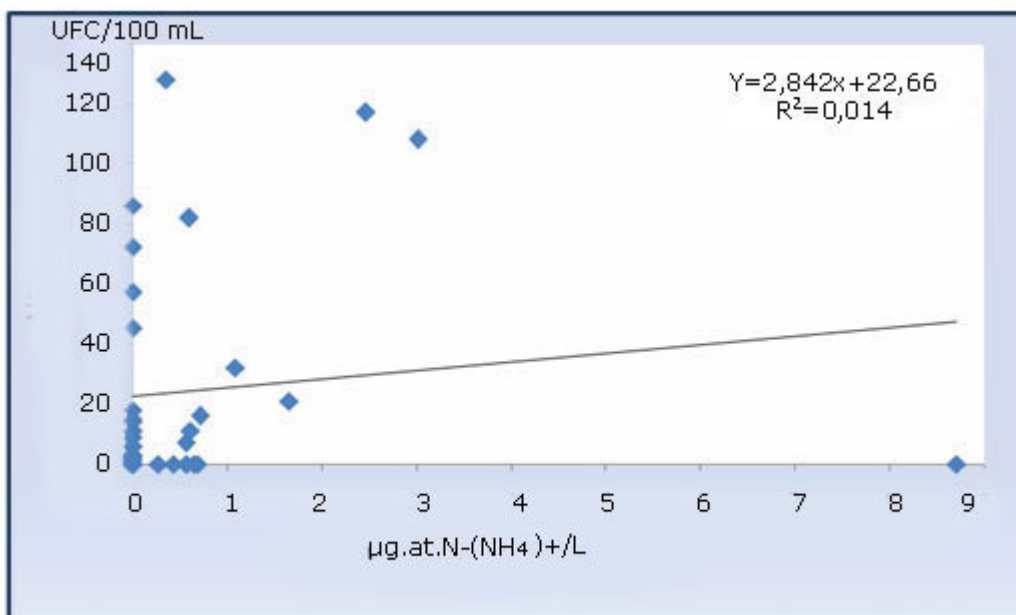


Fig. 4. Coeficiente de relación entre Enterococos y Amonio (NH₄⁺)

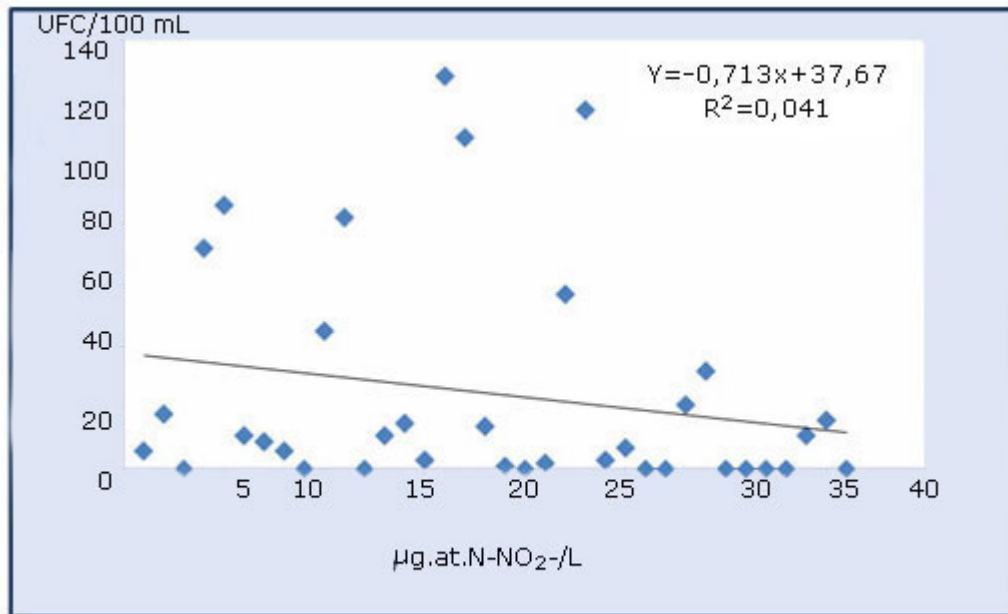


Fig. 5. Coeficiente de relación entre Enterococos y Nitritos (NO₂⁻²).

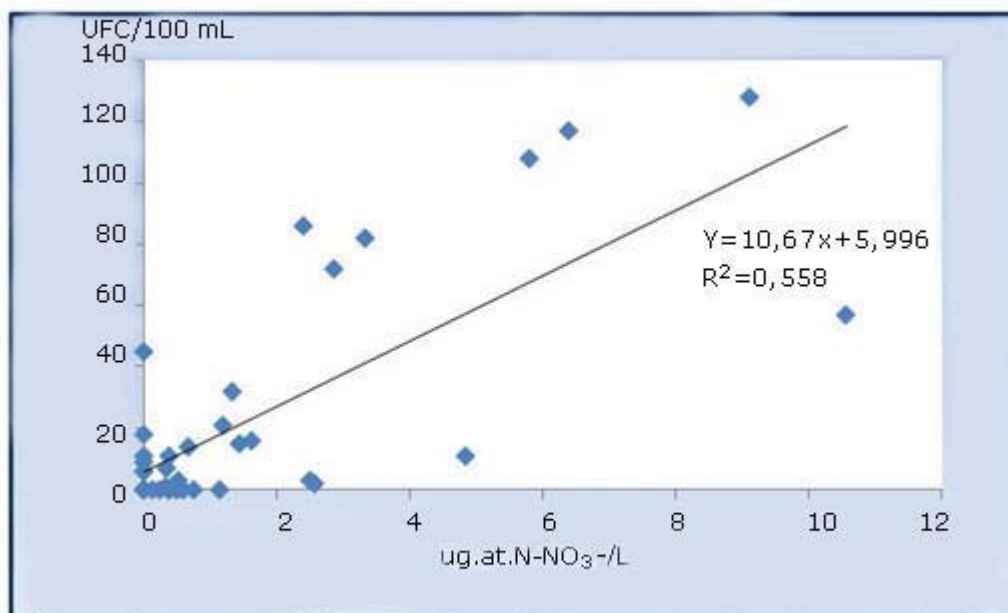


Fig. 6. Coeficiente de relación entre Enterococos y Nitratos (NO₃⁻).

En el caso de las estaciones 23 y 26, que reportaron los mayores niveles de enterococos entre los tres meses de muestreo (marzo, junio y septiembre), estas concentraciones son producto de la influencia de las bocanas de los ríos Rosario, Mexicano, Chagüi y Tablones; de las zonas pobladas Trujillo y Tibio para la estación 23; y para la estación 26 por la Bocana del río Mira, las Islas Vaquería y Tumaco y el estero Guandarajo. Estos ríos desembocan directamente al océano Pacífico, y traen consigo los residuos domésticos generados por las poblaciones aledañas.

La mayor concentración de Enterococos se presentó en la estación 23 en pleamar del mes de junio, que corresponde al período de época de transición de húmeda a seca, y este período se caracteriza porque las lluvias disminuyen paulatinamente.¹⁶ En esta condición las poblaciones microbianas no sufren procesos de dilución o dispersión por

las descargas continentales y los microorganismos tienden a depositarse y acumularse en los sedimentos, donde pueden ser fácilmente removidos, resuspendidos y generar altas densidades microbianas en la columna de agua.¹⁵

Las estaciones 23 y 26 se encuentran influenciadas por el aporte de vertimientos domésticos provenientes de las poblaciones aledañas, por las desembocaduras de los ríos y por las condiciones ambientales presentes en la Bahía de Tumaco. Es por esto que la abundancia es mayor que en el resto de la bahía.

En cuanto a las características de los parámetros fisicoquímicos de la Bahía de Tumaco (salinidad), se puede decir que las estaciones 23 y 26 registraron los valores más bajos, ya que estos están localizados en un conjunto de bocanas que reciben la influencia de ríos. Esta influencia se ha manifestado en un descenso gradual de la salinidad relacionada en los meses más lluviosos y las cercanías de las costas donde desaguan los grandes ríos.

Con lo anterior, se dice que las características de la salinidad del agua de la Bahía de Tumaco, indican una época de más baja salinidad durante el primer semestre del año, con valores más bajos sobre el sector interno en las estaciones 23 y 26, como consecuencia del aporte continental de importantes afluentes del Pacífico, entre los que se encuentran los ríos Mexicano, Tablones, Rosario, Curay y Mira.¹⁶ Los valores de salinidad sobre este sector pueden variar de 8,5 a $27,7 \pm 5,73$ psu, dependiendo del aporte de los ríos, de las lluvias y del comportamiento del régimen mareal. En las demás estaciones de la bahía se registra una zona más salina, con valores que oscilan de 26,5 a $30,6 \pm 1,16$ psu, influenciadas por las corrientes oceánicas. Con lo anterior se puede decir que la concentración de la salinidad de la bahía responde a dos causas: la disolución por los ríos de sales en los continentes, como en las estaciones 23 y 26, y los aportes de sales por las corrientes oceánicas, como en las demás estaciones.¹⁷

Por otro lado, la forma de nitrógeno primario de interés en el entorno de los estuarios son: el amonio (NH_4^+), los nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-), los cuales son esenciales en la síntesis de proteínas y de ADN en los organismos y en la fotosíntesis en las plantas;¹⁸ por esto, son de gran importancia para la vida acuática. El amonio (NH_4^+) es una forma muy común en los ecosistemas estuarinos y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual. En ocasiones su disminución está relacionada con una mayor actividad fotosintética o una mayor oxigenación del agua, sin ser una regla.¹⁶ Las mayores concentraciones de amonio están hacia la zona sureste (estación 23) de la Bahía, lugar donde desembocan los ríos Rosario y Mexicano, y la otra zona es suroeste (estación 26) alrededor de Vaquería, y posiblemente por el arribo de aguas provenientes del río Mira.

Las concentraciones de amonio durante los muestreos realizados en la Bahía de Tumaco, estuvieron comprendidos entre valores menores al límite de detección (0,32) y $8,7 \mu\text{g. at. N-}(\text{NH}_4)^+/\text{L}$, con una concentración promedio de $0,64 \pm 1,55 \mu\text{g. at. N-}(\text{NH}_4)^+/\text{L}$, en la que se observó el mayor valor en la estación de multiboyas del mes de septiembre en bajamar ($8,7 \mu\text{g. at. N-}(\text{NH}_4)^+/\text{L}$). Los valores altos se encuentran asociados a salinidades bajas y los menores a salinidades altas.

Teniendo en cuenta estudios anteriores, se puede decir que las concentraciones del ion amonio en la bahía no manifiestan ser un parámetro que implique un agotamiento de los niveles de oxígeno disuelto, durante el proceso de mineralización o conversión a nitratos del material organonitrogenado.¹⁹

En cuanto a los nitritos representan una forma intermedia; estos pueden estar presentes en las aguas como resultado de la degradación biológica de materia

orgánica nitrogenada o provenir de otras fuentes. En la Bahía de Tumaco, este nutriente varió entre el límite de detección (LD) del método ($0,03 \text{ g.at.N-NO}_2\text{-/L}$) y $6,63 \text{ g.at.N-(NO}_2\text{-)/L}$, donde el mayor valor promedio se registró en junio ($1,369 \pm 2,1 \text{ g.at.N-NO}_2\text{- /L}$). Las concentraciones para este parámetro fueron bajas con respecto a las de los nitratos, por la alta inestabilidad de esta forma del nitrógeno, ya que se oxida rápidamente a nitrato.

Por último, los nitratos son la especie química más oxidada del nitrógeno, y su procedencia es especialmente de origen terrestre; entran al área a través de la escorrentía de esteros, y se convierten en una fuente importante de nitrógeno.

Los niveles más altos de (NO_3)- se presentaron en los sectores de influencia de los ríos (estaciones 23 y 26); en pleamar se observa una menor concentración de este nutriente, ya que se presenta un efecto de dilución de los nutrientes durante el período de aguas altas, y en marea baja las mayores concentraciones, como resultado del aumento de caudal de los cursos de agua generado por el aporte de las precipitaciones en las cuencas altas, cuyo efecto es mayor al aporte de nutrientes por escorrentía. De igual forma, este nutriente se encuentra asociado a las aguas de salinidades bajas.¹⁶

La Bahía de Tumaco es conocida por su alta productividad biológica, y constituye la economía tradicional y de subsistencia, basada en el sector primario, específicamente en la producción agropecuaria.¹⁶ Los habitantes de esta zona desarrollan significativamente las actividades de la pesca artesanal en aguas someras de la bahía, a menos de 10 millas de la costa, y generan una fuerte presión sobre las especies costeras. En cuanto a la pesca industrial, su producción está dirigida fundamentalmente al mercado externo y lo que se comercializa para consumo nacional en su mayoría son productos de pesca blanca. La pesca y recolección de crustáceos está dirigida a la captura de especies típicas del manglar, como cangrejos terrestres y nadadores, y camarones.²⁰ Por otra parte, la acuicultura le representa al municipio un significativo mercado, específicamente externo, dado que se exporta el 90 % de su producción resultante de la cría de camarones en cautiverio y la extracción de piangua.¹⁶ Como ha sido descrito por varios autores, algunas especies de mariscos tiene la capacidad de concentrar los microorganismos fecales en sus tejidos a través del proceso de filtración del agua y, por lo tanto, es necesario determinar la concentración de estos microorganismos en el recurso hídrico e hidrobiológico asociado, con el fin de evitar que puedan convertirse en vectores de infecciones alimentarias.²¹

En general, la calidad del agua de la Bahía de Tumaco con respecto a este microorganismo ha variado estacional y temporalmente, con niveles de Enterococos superiores a los límites permisibles por la OMS, lo que ha constituido un riesgo para la salud humana. Por la existencia de los cambios climáticos, es importante continuar con el monitoreo en la Bahía de Tumaco teniendo en cuenta las fuentes de contaminación de esta.

La abundancia de los Enterococos muestra un rápido y marcado incremento en las estaciones de mayor influencia de ríos (estaciones 23 y 26), las cuales sobrepasan los límites permitidos en los meses de marzo y junio. Esto ocasiona que la calidad microbiológica del agua no sea apta para actividades recreativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez G, Zamora A, Folabella A, Isla F, Escalante A. Situación sanitaria de la zona balnearia de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. En: I Congreso Internacional sobre

Gestión y Tratamiento Integral del Agua. 26-28 de abril de 2006. Córdoba: Centro de Convenciones Patio Olmos Shopping. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Fundación ProDTI; 2006.p.7.

2. Antecedentes bibliográficos. Características Generales de los estuarios. Biblioteca digital [Internet]. Ciudad de México. Universidad de Sonora: 2009 [citado: 1ro. de junio de 2012. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1306/Capitulo2.pdf>

3. Lipp E, Farrah S, Roan J. Assessment and impact of microbial fecal pollution and human enteric pathogens in a coastal community. *Mar Poll Bull.* 2001;42:286-93.

4. Rodríguez S. Caracterización geomorfológica y geológica de las bahías de Tumaco, Buenaventura y Málaga. Tumaco, Colombia: Dirección General Marítima CCCP; 2008.

5. Méndez B. Diagnóstico de la calidad y tecnologías para la depuración y recuperación de agua de la Costa Maya. Contaminación Costera en La Zona De Xcalak, Quintana Roo, México. Proyecto del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Quintana Roo; 2007. p.81.

6. González I, Torres T, Chiroles S. Microbiological quality of coastal waters in tropical climates. *Rev electr Agenc Med Amb.* 2003;3(4):8.

7. Íñiguez L, Gutiérrez C, Galeana L, López A. El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar. *Gaceta Ecológica. Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal de México.* 2007(82):69-76.

8. Garay Tinoco JA, Gómez López DI, Ortiz Galvis JR. Diagnóstico integral del impacto biofísico y socioeconómico relativo a las fuentes de contaminación terrestre en la Bahía de Tumaco, Colombia, y lineamientos básicos para un plan de manejo. Proyecto del programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente PNUMA Santa Marta: Programa de acción mundial y Comisión Permanente del Pacífico Sur. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Centro Control Contaminación del Pacífico Corporación Autónoma Regional de Nariño; 2006.p.290.

9. Centro Control de Contaminación del Pacífico. Estudio de los procesos hidroquímicos, biológicos y de la contaminación por hidrocarburos en la costa pacífica colombiana Caso de estudio Ensenada de Tumaco. Informe final. 2001. Colombia: CCCP; 2001.

10. American Public Health Association, American Water Works Association. *Water Environment Federation. Standard methods for examination of water and waste water.* 20 ed. Washington D.C: APHA; 1998.

11. American Public Health Association, American Water Works Association. *Water Environment Federation. Standard methods for examination of water and waste water.* 21 ed. Washington D.C: APHA; 2000.

12. Strickland J, Parsons T. *A practical handbook of seawater analysis.* Fish Res Board. Canada, Ottawa; 1972.

13. Bendschneider K, Robinson RJ. A new Spectrophotometric Method for the determination of nitrite in sea water. *Journal Marine Res.* 1952;11(3):87-96.

14. Murphy J, Riley JP. A modified single solution method for the examination on phosphate in natural water. *Anal Chim Acta*. 1952.
15. Chigbu P, Gordon S, Strange T. Fecal coliform bacteria disappearance rates in a north-central Gulf of Mexico estuary. *Estuar Coast Shelf Sci*. 2005; V(2): 309-318.
16. Tajada C, Otero L, Castro L, Morales A, Fonseca A. Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Entornos oceanográficos, Costeros y de Riesgos. Colombia: Editorial Sepia; 2003.
17. Dinámica de la hidrosfera (Internet). 2011 [citado: 9 de Junio de 2011]. Disponible en: http://www.bioygeo.info/pdf/05_Dinamica_de_la_Hidrosfera.pdf
18. Casanova R, Bastidas G, Carrillo A, Pérez E, Polo M, Camacho J, Ojeda Y. Estudio de calidad del agua y de la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos en la costa pacífica colombiana. Centro Control Contaminación del Pacífico (DIMAR-CCCP). Vía El Morro, Capitanía de Puerto, Tumaco, Nariño, Colombia; 2009.
19. Alvarado J, Aguilar J. Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Rev Biol Trop*. 2009;57(3): 19-29.
20. Pinzón L. Guía metodológica para diagnóstico ambiental en la zona costera del Pacífico colombiano y su aplicación en la ensenada de Tumaco. Bogotá. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental y Sanitario). Universidad de La Sallé. Facultad de Ingeniería. Área Ambiental y Sanitaria. 2001. p. 241.
21. Narváez S, Gómez M, Acosta J. Fecals Coliforms in waters Coastal and Palafíticos Populations of Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Rev Ac Biol Colomb*. 2008;13(3): 113-22.

Recibido: 4 de agosto de 2011.

Aprobado: 8 de diciembre de 2011.

Dra. *Diana Esperanza Rodríguez Cuitiva*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia.
drosdriguez@dimar.mil.co o rodriguezcuitiva@gmail.com