

## Evaluación del ambiente aledaño a un expendio de combustible dentro del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. II: Calidad de aguas, sedimentos y biota

M. Rada<sup>1\*</sup> y F. Losada<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> INTECMAR, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000. Caracas, Venezuela.

<sup>2</sup> Departamento de Biología de Organismos e INTECMAR, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000. Caracas, Venezuela.

Dirección actual: Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Apartado 144 Porlamar 6301-H. Isla de Margarita. Nueva Esparta, Venezuela.

Recibido 29-VI-2000. Corregido 3-VII-2000. Aceptado 6-VIII-2000.

**Abstract:** This paper is the second part of a base line study carried out in the coastal region near a marine service station located in Morrocoy National Park, Venezuela. Results from a physical and chemical characterization of the water and sediments of four sites located around the service station are presented. The physical and chemical factors measured in water included: temperature, salinity, specific conductance, dissolved oxygen, saturation percentage of dissolved oxygen, pH, total suspended solids, transparency, oil and grease, total residual petroleum hydrocarbon, vanadium and lead, total coliform bacteria, and the presence of coliform bacteria. The factors measured in sediments include: granulometry, organic material, total carbonates, vanadium, lead, oil and grease, and total hydrocarbons. In addition, the amount of vanadium and lead in sample tissue from three species which are abundant and widely distributed in each site was measured in order to evaluate the potential of these species as bio-indicators. The water in the area where this study was conducted is shallow, warm, and thermally homogeneous, with high salinity and normal pH and dissolved oxygen, and supersaturated with oxygen in certain hours in sites adjacent to abundant underwater vegetation. The water is moderately turbid with a tendency towards less dissolved oxygen with increased depth. The estimated values of NMP/100 ml of the coliform fecal organisms is within legal limits even though the total number of water coliforms measured in Site 2 was ten times higher than in Site 1. This increase is associated with the proximity of Site 2 to an outflow of pre-treated sewage. The values of TRPH in the water collected from each site were low and very close to the detection limit (0.8/ml). Vanadium was not found, while lead was detected in 11 of the 12 samples. Compared to the values measured for Site 1, which was the local reference, only one sample had a concentration of three times the maximum baseline. The amount of lead found in all analyzed samples was acceptable, according to the standards set by the State of Washington (maximum value: 292 mg/kg), while the concentration of lead in the sediments around the supply dock were 1.5 to 3.4 times greater than the Dutch norm. It can be concluded that there is no evidence of an accumulation of Va or Pb in the species selected as bioindicators. An observation program is proposed in which variables similar to those measured for this characterization will be studied with some modifications. A more intense sampling of some variables is recommended (lead in water and sediments, total coliform and fecal matter in consecutive samples and in days following a high concentration of visitors) as is the elimination or minimization of other variables.

**Key words:** Base line, water quality, vanadium, lead, hydrocarbons, bacteriology.

El funcionamiento de marinas, puertos o estaciones de servicio náuticas suelen representar un riesgo potencial para los ecosis-

temas circundantes, pudiendo generar diferentes niveles de perturbación en las comunidades marinas presentes dependiendo del

grado de control y seguimiento al cual estén sujetas sus operaciones. A la hora de pronosticar, establecer o controlar afectaciones en ambientes marinos cercanos a este tipo de instalación o de diseñar programas de seguimiento, es de suma utilidad poder contar con una caracterización de las condiciones previas al inicio de sus actividades o de sus obras de ampliación y remodelación (Anónimo 1975, Hirsch 1980, Therivel *et al.* 1992). En la mayoría de este tipo de estudios, la escasez de datos que permitan establecer el promedio de las condiciones iniciales impide una adecuada comparación con las condiciones siguientes a la ejecución de la obra. Se requiere entonces establecer, antes de la realización de las actividades autorizadas, una Línea Base de referencia biológica y ambiental que caracterice los parámetros más relevantes y que sea equivalente al punto cero de un potencial Programa de Seguimiento (Wathern 1988, Cassios 1995). El mismo diseño de muestreo de la Línea Base, con las modificaciones pertinentes de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede utilizar para la continuación del Programa de seguimiento que permitiría en el futuro la evaluación comparativa del ambiente marino para establecer si la operación del expendio de combustibles o la ejecución de obras proyectadas en sus instalaciones está generando impactos significativos sobre el ambiente (Therivel *et al.* 1992).

Dentro de una línea base de referencia de este tipo, es imprescindible evaluar los diferentes parámetros fisicoquímicos del agua y los sedimentos de la zona, al igual que el estado de aquellas variables que puedan ser afectadas por las actividades a realizar durante las obras de construcción y remodelación, o que pudieran reflejar en el futuro un deterioro ambiental imputable al funcionamiento de las instalaciones objeto del estudio (Janssen 1993). Entre estas variables el contenido de Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales del Petróleo, Vanadio y Plomo, son las que están más relacionadas con las actividades de una Estación de Servicio Náutica, donde la exis-

tencia de filtraciones, el deterioro de tuberías y tanques o el derrame accidental de combustibles y lubricantes, podrían ser detectados al encontrar un incremento futuro en los valores de dichas variables (Davis & Macknight 1990).

El presente estudio describe y analiza el estado de las características fisicoquímicas y grado de contaminación de las aguas, sedimento y biota en cuatro estaciones circunvecinas a una Estación de Servicio Náutica surtidora de combustibles y lubricantes dentro del Parque Nacional Morrocoy, Edo. Falcón, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Estaciones de muestreo:** La Estación de Servicio Náutica está ubicada en una bahía de la región noroccidental del Parque Nacional Morrocoy, Edo. Falcón, Venezuela. Dentro de esta bahía se seleccionaron cuatro estaciones, con hábitats representativos de este tipo de localidad en el Parque Nacional Morrocoy: manglares, praderas de *Thalassia testudinum* y fondos arenosos y fangosos. Una estación se ubicó en el Muelle de Surtidores (Surtidores, N° 3), dos cercanas al muelle en hábitats de manglar y praderas de *Thalassia* (Manglar, N° 2 y Fanerógamas, N°4) y una externa, alejada de la costa, al sur de la Ensenada (Ensenada, N° 1). Se seleccionó una estación adicional o de referencia (R) fuera de la Ensenada a unos 1 200 m al suroeste, en la punta de un islote de manglar que se extiende de oeste a este y constituye el límite sur de la Bahía. Se utilizó un posicionador satelital (GPS, Garmin) para determinar y mantener las coordenadas U.T.M. de cada estación en cada muestreo

**Evaluación de la calidad de las aguas:** En cada estación seleccionada y durante cinco días de cada uno de los tres muestreos realizados, se procedió a medir, varias veces al día la Temperatura, Salinidad, Conductancia Específica, Oxígeno disuelto, Porcentaje de Saturación del Oxígeno disuelto, pH y Profundidad de la columna de agua

utilizando una sonda multiparamétrica Hydrolab DS4.

En las estaciones seleccionadas se recogieron dos muestras de 1 litro de agua, a una profundidad intermedia y mediante una botella de captación, a las cuales se les determinó su contenido de sólidos suspendidos totales, orgánicos e inorgánicos siguiendo la metodología descrita en APHA (1985). La estimación de la Transparencia del agua en cada estación y en diversas oportunidades que coincidieron con los muestreos se realizó mediante un disco de Sexy de 20 cm de diámetro.

En cada estación se recolectaron muestras integradas de agua (partes iguales de agua del fondo, media agua y superficie) por triplicado para analizar su contenido de Grasas, Aceites, Hidrocarburos totales de petróleo (TRPH) y contenido de los metales Vanadio y Plomo. La extracción de Grasas y Aceites disueltos o emulsificados se realizó utilizando el método de partición gravimétrica descrito en el Standard Methods for the Examination Of Water and Wastewater (SMEWW 5520B 1989). Los Hidrocarburos residuales totales de petróleo fueron extraídos en el laboratorio utilizando el método 5520 F descrito en el SMEWW (1989), separando previamente los ácidos grasos y aceites por absorción en sílica gel fue medido utilizando el método de digestión USEPA 3005, SW-846 y determinación por emisión espectroscópica con un ICP, Plasma de Argón inducido (SMEWW 3120B 1989). Se tomaron muestras de agua por triplicado en cada estación con botellas de vidrio esterilizadas y se les realizó determinación de coliformes totales por la técnica de fermentación en tubos (medio lauril-triptosa) y coliformes fecales en medio EC de Difco (9222 B y 9221 E del SMEWW 1989).

**Evaluación de la calidad de los sedimentos:** En todas las estaciones se recolectaron muestras de sedimentos mediante buceo autónomo (Scuba), utilizando nucleadores manuales de PVC de 7 cm de diámetro y 20 cm de longitud, los cuales fueron cerrados *in situ* con tapones de goma; el sedimento fue

colocado en envases adecuados, fijado (cuando correspondiese) y refrigerado. Tres muestras de cada estación fueron fraccionadas y analizadas para determinar su textura sedimentaria o Granulometría (Roa y Berthois 1975, Boggs 1995). El porcentaje de materia orgánica total en 1 g de sedimento seco se determinó por el método de ignición suave calcinando la muestra en una mufla a 550-600 C durante 1 a 1½ hora (Carver 1971). Los carbonatos totales de la muestra seca (%) se determinaron por la técnica volumétrica simple descrita en Carver (1971).

A otras tres muestras de sedimentos de cada estación se le extrajeron las grasas y aceites mediante el método 9070 recomendado por la USEPA. Esta es una técnica gravimétrica que extrae grasas y aceites vegetales, animales y minerales utilizando fluorocarbon-113 como solvente. Los Hidrocarburos residuales totales de petróleo fueron extraídos utilizando el método gravimétrico USEPA 418.1 y los mismos métodos analíticos para aguas indicados previamente. Se midieron las concentraciones totales de Vanadio y Plomo en tres repeticiones de los sedimentos recolectados en cada estación. Previamente al análisis se realizó una digestión de los sedimentos con HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y una dilución con Cl (Método USEPA 3050). El análisis se efectuó según el método de espectrometría óptica 6010 de la USEPA, utilizando un ICP-A (Plasma de Argón Inducido).

En cada estación se seleccionaron 3 especies características de cada hábitat, utilizando criterios de abundancia, distribución, tamaño y referencias en la literatura publicada de la potencialidad de la especie como organismo indicador de contaminación por metales pesados, específicamente Vanadio y Plomo. Las especies seleccionadas fueron *Thalassia testudinum*, *Isognomom alatus* y *Ascidia nigra*. Para cada especie se recolectaron tres individuos de cada especie con aproximadamente la misma talla y peso y se refrigeraron. Las muestras fueron calcinadas en una mufla a 650°C y las cenizas digeridas según el método 3050 (ácido nítrico y peróx-

ido de hidrógeno). Luego de realizada la digestión, se determinó el contenido de V y Pb por emisión espectroscópica usando un ICP según recomendaciones del SMEWW 3120 B.

## RESULTADOS

### Evaluación de la calidad de las aguas:

La Cuadro 1 resume todos los resultados de las mediciones de parámetros fisicoquímicos realizadas en cada estación. Incluye los promedios y desviaciones estándar de un número variable de observaciones realizadas en tres períodos del día, mañana (8:30 a.m. a 11:30 a.m.), mediodía (11:31 a.m. a 2:30 p.m.) y tarde (2:31 p.m. a 6:30 p.m.) y en tres profundidades distintas por estación (superficial: 0.9 m, intermedia: 2 a 3.5 m y profunda: 3 a 7 m).

Los resultados de este estudio indican temperaturas relativamente altas, aunque normales para este tipo de localidad y época del año (mayo-junio). Hay una clara y ligera tendencia en todas las estaciones al aumento en este parámetro hacia horas del mediodía y de la tarde, y a una leve disminución con el aumento en la profundidad. No se observaron diferencias marcadas entre estaciones en los muestreos realizados, ni estratificaciones térmicas importantes en la columna de agua.

En el presente estudio se midieron salinidades relativamente altas en toda la bahía (40.43 ‰ a 41.37 ‰). La conductancia específica se comportó de la misma manera que la salinidad. El oxígeno disuelto fluctuó en todas las estaciones entre 3.82 y 7.95 mg/l, incluyendo algunos valores de sobresaturación en las estaciones 2, 3 y 4 en horas del mediodía y de la tarde (Cuadro 1). Los valores promedios del pH en la bahía mostraron poca variación entre una estación y otra y fluctuaron dentro de intervalos de valores normales (7.80 a 8.01), con poca variabilidad y ligeramente más alcalinos hacia la superficie del agua (Cuadro 1). El contenido promedio (en g/l) de sólidos totales en suspensión presenta valores bajos y similares en todas las

estaciones, aunque las estaciones más externas de la bahía (1 y 2) mostraron los valores más altos y las más internas (3 y 4) los más bajos. Los valores de transparencia registrados son similares en todas las estaciones (3.5 a 5.0 m) y definen a las aguas de la bahía como de turbidez y transparencia intermedias.

La Cuadro 2 presenta en sus primeras columnas los valores de cada réplica, el promedio y la desviación estándar de las concentraciones de Grasas y Aceites encontradas en el agua de cada una de las tres repeticiones analizadas por estación. Los valores son bajos y similares en todas las estaciones. La mayor variabilidad y el valor más alto lo presentó la estación 2 (Manglar), seguida por la 3 (Surtidores) y la 1 (Ensenada), mientras que el valor más bajo y la menor variabilidad se halló en la estación 4 (Fanerógamas). Los valores TRPH presentaron valores bajos y similares en todas las estaciones y la mayoría son menores o iguales a 0.8 mg/l (límite de detección de la técnica). Sólo dos repeticiones se comportaron diferente, una con un valor de 0.9 mg/l (Fanerógama F1) y otra 1.2 mg/l (Ensenada E1).

En las columnas 5, 6 y 7 de la Cuadro 2 se presentan los valores de Plomo (mg/l) en agua de las tres repeticiones, el promedio y su desviación estándar para las cuatro estaciones evaluadas. Todas las concentraciones de Vanadio medidas estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica (0.05 mg/l). Los valores de Plomo mostraron mayor variabilidad. En la estación 4 se halló la mayor concentración promedio de Pb, pero esto es el resultado de un solo valor para una de las repeticiones ya que 11 de los 12 valores (91.67%) obtenidos para este parámetro son inferiores a ese máximo desde un 61 hasta un 82%.

Los valores obtenidos en los análisis bacteriológicos en agua de tres repeticiones por estación, se muestran en la Cuadro 2. Allí puede observarse que los valores más altos de coliformes totales (NMP/100 ml) se obtuvieron al borde de la franja de manglar (Est.

CUADRO 1

*Promedio y desviación estándar de los principales parámetros físico-químicos medidos en las estaciones estudiadas durante todos los muestreos, en tres profundidades y en tres intervalos de tiempo del día.*

TABLE 1

*Mean and standard deviation for main physical-chemical parameters in stations sampled at three depths and three times of day.*

	Estación 1 Ensenada				Estación 2 Mangle				Estación 3 Surtidores				Estación 4 Fanerógamas							
<b>8: 30 – 11: 30am</b>																				
Temperatura (°C)	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S	X	D.S
Salinidad (%)	30.88	0.31	30.76	0.25	30.59	0.13	31.20	0.59	31.00	0.42	30.96	0.40	30.85	0.35	31.08	0.29	31.00	0.25	30.90	0.25
Conductancia (S)	41.12	0.46	41.12	0.51	41.15	0.52	41.17	0.51	41.02	0.45	41.02	0.46	41.04	0.47	41.15	0.49	41.15	0.51	41.14	0.51
Oxígeno disuelto (mg/l)	61.15	0.63	61.17	0.68	61.19	0.69	61.23	0.67	61.04	0.63	61.04	0.60	61.03	0.64	61.19	0.66	61.21	0.67	61.18	0.67
% Oxígeno disuelto	4.38	0.17	4.19	0.18	3.70	0.44	5.19	0.98	4.70	0.50	4.21	0.33	4.15	0.45	4.67	0.20	4.51	0.16	4.33	0.10
pH.	75.08	4.11	71.60	3.46	62.46	6.12	89.60	0.17	81.23	9.98	71.83	6.07	69.60	6.56	80.66	3.58	77.32	3.60	74.56	0.62
Sólidos suspendidos (g/l)	7.86	0.02	7.87	0.01	7.84	0.03	7.89	0.05	7.81	0.15	7.80	0.15	7.86	0.03	7.87	0.02	7.87	0.03	7.87	0.02
Transparencia (m) (n =)	0.024	0.006	3.34	0.23	7.04	0.59	0.029	0.0002	0.019	0.001	1.98	0.13	3.20	0.26	0.90	0.00	1.88	0.19	3.12	0.35
Profundidad (m)	4.9(8)	0.36	5		5		1.00	0.10	0.90	0.00	4		4		5		5		5	
n=	0.9	0.02					3				4									
	5																			
<b>11: 31 – 2: 30pm</b>																				
Temperatura	31.18	0.98	31.02	0.22	30.70	0.15	32.32	0.76	32.05	0.68	31.66	0.44	31.27	0.19	31.57	-	31.29	-	31.24	-
Salinidad	40.58	0.04	40.91	0.50	40.53	0.82	41.17	0.47	41.36	0.30	41.35	0.31	41.37	0.28	41.36	-	41.31	-	41.31	-
Cond. Especif.	60.45	0.06	60.89	0.66	60.37	1.09	61.22	0.62	61.43	0.29	61.50	0.42	61.51	0.35	61.47	-	61.43	-	61.45	-
Oxígeno Dis.	4.77	0.27	4.59	0.04	4.19	0.34	7.58	2.00	5.45	0.73	4.32	0.45	4.29	0.28	5.44	-	4.62	-	4.82	-
% Oxy. Dis.	81.90	5.09	78.75	1.49	69.33	7.94	132.93	37.12	96.07	12.21	74.60	7.41	74.30	4.68	94.60	-	80.00	-	81.80	-
pH.	7.82	0.03	7.83	0.02	7.80	0.03	8.01	0.08	7.92	0.02	7.86	0.03	7.86	0.02	7.91	-	7.87	-	7.87	-
Profundidad	0.90	0.00	3.48	0.28	6.97	0.67	0.95	0.10	0.90	0.00	2.03	0.06	3.67	0.35	1.00	-	2.00	-	4.10	-
n=	4		4		4		4		4		4		4		1		1		1	
<b>2: 31 – 6: 30pm</b>																				
Temperatura	31.52	0.14	31.03	0.42	30.66	0.42	32.10	0.47	31.58	0.39	31.53	0.41	31.12	0.64	32.00	0.61	31.72	0.55	31.08	0.41
Salinidad	40.94	0.31	40.86	0.33	40.43	0.87	40.71	0.49	40.80	0.36	40.78	0.37	40.81	0.36	40.91	0.33	40.91	0.36	40.90	0.35
Cond. Especif.	60.92	0.42	60.84	0.41	60.30	1.07	60.62	0.65	60.74	0.47	60.70	0.49	60.72	0.51	60.88	0.45	60.87	0.47	60.95	0.43
Oxígeno Dis.	4.80	0.17	4.51	0.07	4.20	0.42	7.71	0.21	5.70	0.41	5.12	0.52	4.50	0.57	5.81	0.66	5.23	0.33	4.67	0.53
% Oxy. Dis.	82.77	2.91	77.20	3.22	71.10	7.57	133.87	1.86	99.40	6.61	84.85	4.58	75.78	10.18	101.7	11.8	91.85	6.12	79.03	8.61
pH.	7.88	0.02	7.87	0.01	7.86	0.01	7.98	0.08	7.93	0.02	7.92	0.04	7.89	0.02	7.88	0.04	7.90	0.03	7.88	0.03
Profundidad	0.90	0.00	3.47	0.06	6.87	0.32	0.93	0.15	0.90	0.00	2.00	0.08	3.13	0.05	0.92	0.28	1.73	0.25	3.08	0.34
n=	3		3		3		3		4		4		4		6		6		6	

CUADRO 2

*Promedio y desviación estandar de los valores de grasas y aceites, plomo y número mas probable de coliformes totales y fecales en muestras de agua en cada estación.*

TABLE 2

*Mean and standard deviation of grease and oil, lead and most probable numbr of fecal coliforms in water from each sampling station.*

Estación	Grasas y Aceites (mg/l)			Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	Plomo(mg/l)		
	Repeticiones	X	D.E.			Repeticiones	X	D.E.
1. Ensenada	1.5			34	A	<0.05		
	<0.8	1.16	0.356	54	A	0.11	0.08	0.03
	1.2			44	A	0.09		
	1.3			480	A	0.08		
2. Manglar	1.1	1.33	0.25	600	A	0.08	0.08	0.005
	1.6			480	4	0.09		
	1.7			100	A	0.11		
3. Surtidores	0.9	1.23	0.41	44	A	0.06	0.08	0.026
	1.1			260	2	0.07		
	1.1			480	A	0.07		
4. Fanerógamas	<08	0.9	0.17	160	2	0.28	0.15	0.115
	08			160	A	0.09		

X= Promedio; D.S.= Desviación estándar; NPM= Número más probable.

2) al oeste de la Bahía en una ubicación muy cercana a la salida del afluente de aguas servidas la estación de servicio, previamente tratadas. La estación mas externa de la bahía y la mas lejana de la influencia costera (Est. 1) fue la que presentó los valores más bajos de coliformes totales y en ella están ausentes los coliformes fecales.

**Evaluación de la calidad de los sedimentos:** La Cuadro 3 muestra los resultados del análisis granulométrico llevado a cabo en tres repeticiones por cada estación. Los sedi-

mentos de los fondos de esta bahía se caracterizan por presentar una variedad de facies heterogéneas, con un intervalo amplio de diámetros medios de partículas y con un predominio de las arenas finas hacia las localidades más externas y de la fracción fangosa en las localidades más internas. Una alta proporción de los sedimentos tiene origen biológico presentando un contenido alto de carbonatos y de materia orgánica (Cuadro 3). Los porcentajes de carbonatos fueron altos en la mayoría de los casos y variaron desde un

CUADRO 3

*Resultados de los análisis granulométricos de tres muestras de sedimentos por estación.*

TABLE 3

*Granulometric characterization of three sediment samples per station.*

ESTACIÓN	% Grava		% Arena		% Fango		% CO <sub>3</sub>		% de Materia Orgánica	
	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.
1. Ensenada	1.34	0.73	69.22	1.68	29.44	1.81	76.67	2.36	9.17	2.41
2. Manglar	19.45	3.70	52.93	3.60	27.62	0.62	35.84	3.53	27.81	7.30
3. Surtidores	14.08	8.14	29.59	5.59	56.33	13.73	60.83	3.18	16.19	3.12
4. Fanerógamas	14.55	8.78	32.89	3.65	52.56	8.78	57.50	3.12	19.27	5.61

Fecha de muestreo: 20/05/1998.

CUADRO 4

*Promedio y desviación estandar de los valores de Grasas y Aceites, TRPH, Vanadio y Plomo en los sedimentos de varias estaciones.*

TABLE 4

*Mean and standard deviation of values for Greases and Oils, TRPH (see text), Vanadium and Lead in sediments from several stations.*

Estación	G Y A (mg/kg)		TRPH(mg/kg)		V(mg/kg)		Pb(mg/kg)	
	X	Ds.	X	Ds.	X	Ds.	X	Ds.
1.	182.5	90.8	79.5	7.0	14.2	2.1	28.2	17.4
2.	1529.8	575.3	1129.2	205.2	19.4	3.7	93.4	6.8
3.	827.9	68.3	406.4	184.0	29.7	5.1	175.2	103.5
4.	904.0	182.0	560.5	153.2	61.8	37.2	41.3	13.5

X= Promedio; D.S.= Desviación estándar; TRPH= Hidrocarburos Totales Residuales del Petróleo.

35.8 hasta un 76.7% en promedio. La Estación 1 presentó los valores máximos y la menor variabilidad, lo cual probablemente es consecuencia de una textura sedimentaria homogénea y de una alta proporción de material bioclástico (restos de conchas y esqueletos calcáreos).

La segunda y tercera columna de la Cuadro 4 presentan los valores promedios y desviación estándar en mg/kg de Grasas y Aceites encontrados en los sedimentos de las estaciones evaluadas. La tendencia observada entre estaciones fue  $2 > 4 > 3 > 1$ , es decir todas las estaciones internas (2, 4 y 3) mostraron valores relativamente altos, hasta nueve veces superiores, en promedio, a los medidos en la estación 1, más externa (ver Cuadro 12). La cuarta y quinta columna de la Cuadro 4 muestran los resultados del análisis de TRPH realizado en tres muestras de sedimentos por estación. La tendencia observada entre estaciones es similar a la encontrada para Grasas

y Aceites ( $2 > 4 > 3 > 1$ ), aunque el máximo valor promedio fue cerca de 15 veces mayor que el promedio mínimo. Esto último significa que para este parámetro (TRPH) se acentúan aún mas las diferencias entre las estaciones internas y la estación más alejada de la costa.

El contenido promedio (y desviación estándar) de Vanadio y Plomo en los sedimentos de las estaciones estudiadas se presenta en la columna 6, 7, 8 y 9 de la Cuadro 4. Los valores indican una mayor variabilidad entre repeticiones de una misma estación, particularmente en la 4 para el Vanadio y en la 3 para el Plomo. Las concentraciones de Pb ( $3 > 2 > 4 > 1$ ) son consistentemente más altas en la estación 3 y superan 6 veces al menor valor promedio (Cuadro 12), mientras que el V ( $4 > 3 > 2 > 1$ ) es más alto en la estación 4, superando al menor valor promedio unas 4.4 veces.

Los valores de V y Pb en tallos y hojas de

CUADRO 5

*Contenido de Vanadio en los tejidos de tres repeticiones de Ascidia nigra de tres estaciones en el área aledaña a la instalación de Servicios Nauticos y una estación alejada de referencia.*

TABLE 5

*Vanadium in tissue of Ascidia nigra (three replicates) from stations near a service station and in a distant station used as reference.*

Vanadio(mg/Kg)	Estación de Referencia Punta de Mangle			2. Manglar		3. Surtidores		4. Fanerógamas		
	22	7	11	>5	>5	6	5	7	11	20

*T. testudinum* y en tejidos del manto y vísceras de *I. alatus* estuvieron por debajo del límite de detección de los instrumentos utilizados. Los valores de Pb en la túnica y vísceras de *A. nigra* tampoco pudieron ser detectados por la técnica de análisis, mientras que algunos valores de vanadio son elevados (Cuadro 5).

## DISCUSIÓN

### Evaluación de la calidad de las aguas:

Los resultados indican temperaturas que se encuentran cercanas a las reportadas por otros autores en esta bahía (de Mahieu y Ojeda 1988, Laboy 1997). Los datos de temperatura concuerdan con estudios previos en el sentido de que estas aguas están bien mezcladas y son térmicamente homogéneas. Los valores de salinidad fueron altos, pero considerados normales para este tipo de localidad interna y época del año de bajas precipitaciones, vientos moderados y alta evaporación. Esta zona es una bahía cerrada e interna dentro del Parque y está sujeta a significativas fluctuaciones Estacionales en la salinidad (Bock *et al.* 1980, Guevara 1993, Pérez 1997). Otros autores (de Mahieu y Ojeda, 1988) han reportado salinidades ligeramente más bajas para esta bahía (40‰ en mayo de 1987). A excepción de la estación 1 en donde se detectó una ligera tendencia a la disminución de la salinidad con la profundidad en horas de la tarde, las demás estaciones mostraron valores similares de este parámetro en todos los muestreos. En el caso del oxígeno disuelto, los valores de sobresaturación en las estaciones 2, 3 y 4 en horas del mediodía y de la tarde indican que las aguas están bien oxigenadas por la probable influencia de las praderas de *Thalassia* asociadas a esas estaciones homogéneas (Zieman *et al.* 1997). La tendencia observada en el incremento del oxígeno disuelto hacia la superficie del agua podría reflejar las condiciones de mayor iluminación en los estratos más someros y la actividad del fitoplancton (Pérez 1997). Bone *et al.* (1993) registraron valores de oxígeno disuelto entre 3.4 y 4.6 mg/l en

aguas relativamente frías de la Refinería de Amuay, Edo. Falcón; por su parte Bock *et al.* (1980) reportaron un valor mínimo de 4.2 mg O<sub>2</sub>/l en aguas litorales y oceánicas de Golfo Triste y Martín (1978) encontró valores entre 4.4 y 5.2 ml/l en un área cercana a la bahía del presente estudio. En aguas costeras tropicales similares a las estudiadas un intervalo entre 4 y 5.5 ml/l de oxígeno disuelto ha sido considerado normal (Van Tussenbroek 1995). Los valores de pH encontrados en este estudio están dentro del intervalo reportado (7.7 a 8.2) para esta misma bahía por Laboy (1997).

La transparencia está relacionada inversamente con la turbidez de las aguas y ésta a su vez con la cantidad de Sólidos suspendidos y disueltos. Si consideramos como condición natural para este parámetro en el área los valores medidos en la Estación 1, podemos concluir que ninguna de las otras estaciones presentó una desviación mayor al 1.5% de la condición natural. Esta tendencia podría reflejar un efecto de deposición de los sólidos a medida que las masas de agua penetran a la Ensenada, encuentran fondos más someros y se desplazan por la vegetación submarina que bordea a la franja occidental de manglar. Aunque los valores de transparencia son similares en todas las estaciones, la tendencia encontrada fue opuesta a la de los Sólidos en suspensión. Bock *et al.* (1980) reportan valores de transparencia entre 10 y 20 m para aguas costeras y oceánicas de Golfo Triste; COF (1996), encontró valores entre 4.37 y 19.25m en Morrocoy.

El decreto que regula la calidad de los cuerpos de agua marino-costeros en Venezuela (Nº 883 Gaceta Oficial Nº 5021, 1995) establece unas normas según las cuales este tipo de bahía puede clasificarse como aguas del Tipo 4 subtipo 4A, destinadas al contacto humano total en balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia. Las aguas de esta bahía cumplen con los requerimientos especificados por el dicho Decreto para el parámetro Oxígeno disuelto (% de saturación >60%) y pH (>7.57 y <8.04). Como son aguas cálidas (~ 30°C) y



la solubilidad del oxígeno disminuye con el incremento en temperatura, muchos valores fueron inferiores a 5 mg/l. Sin embargo, estos valores son normales para este tipo de ambientes marinos. Considerando la condición natural para sólidos disueltos como la medida en la Estación 1, la más alejada de la costa, este parámetro también cumple con los requerimientos del Decreto 883, puesto que las otras estaciones se desvían de esa condición en menos del 1.5%.

La uniformidad en las concentraciones de Grasas y Aceites en las aguas de la bahía podría interpretarse como que una alta proporción de estos compuestos en las muestras tiene un origen natural. En trabajos previos realizados en esta bahía (COF 1996) el parámetro Grasas y Aceites en aguas resultó ser superior, en ambos meses (7.1 mg/l en noviembre y 11.4 en febrero), a las concentraciones encontradas en el presente estudio.

La metodología de análisis utilizada en este estudio para la medición de Grasas y Aceites en agua tiene un límite de detección de 0.8 mg/l y mide además de aceites minerales, aceites y grasas de origen natural. De allí que no es posible dilucidar con esta información si se cumplen los requerimientos del Decreto para el parámetro aceites minerales. Sin embargo el 50% de las muestras analizadas presentaron valores cercanos, iguales o inferiores al límite de detección de los instrumentos y el resto de ellas, valores que no superaron significativamente los de la Estación 1.

Los valores de TRPH en las aguas de la Ensenada fueron bajos y similares en todas las estaciones y se hallan cercanos al límite de detección de la técnica. En aguas del Golfo de Paria las concentraciones de TRPH son 3 a 4 veces más altas (Benthos. Base de Datos, en prep.). Este tipo de sustancias forman parte de la mezcla que constituye el petróleo y algunos de sus productos. Su presencia en las aguas puede deberse a contaminación originada por actividades relacionadas con la industria petrolera o con el uso de sus productos (expendio de combustibles y tráfico de

embarcaciones). Las concentraciones de este parámetro medidas en trabajos anteriores en esta bahía (COF 1996) fluctuaron entre un valor superior en noviembre de 1995 (6.0 mg/l) y uno inferior en febrero de 1996 (0.3 mg/l). En aguas del Golfo de Paria las concentraciones de TRPH son 3 a 4 veces más altas (Benthos. Base de Datos, en prep.) que en la localidad estudiada.

El Vanadio y el Plomo son metales pesados que pueden entrar de un modo natural al sistema acuático, pero cuando se hallan en concentraciones relativamente elevadas en el agua suele deberse a actividades humanas. En esta bahía COF (1996) registró valores de Vanadio inferiores a 0.05 mg/l y de plomo 0.144 mg/l en febrero del 96 y 0.054 mg/l en noviembre, valores que se ubican en el intervalo medido en el presente estudio.

En relación con los análisis bacteriológicos se detectó la presencia de coliformes fecales en tres de las cuatro estaciones evaluadas (2, 3 y 4), pero los valores del NMP correspondientes se encuentran muy por debajo de los niveles permitidos para las aguas marinas recreacionales (menor a 200 NMP/100 ml). COF (1996) también reporta en esta bahía, valores muy por debajo del límite permitido.

**Evaluación de la calidad de los sedimentos y metales pesados en la biota:** Los valores del porcentaje de Materia Orgánica en sedimento obtenidos en este estudio están claramente relacionados con la presencia de hábitats marino-costeros muy productivos que interactúan entre sí y continuamente generan e intercambian materia orgánica. Se puede afirmar que la presencia de restos vegetales y animales provenientes de los manglares y las praderas de *Thalassia* y los procesos de descomposición asociados a ese material vegetal, favorecen altos valores de materia orgánica en los sedimentos (Van Tussenbroek 1995). El intervalo de 5.17 a 39.72% de Materia Orgánica en los sedimentos de este estudio es comparable al de 5.58 - 27.03% reportado para esta bahía por Combellas (1987); al máximo valor reportado

Combellas (1987); al máximo valor reportado por COF (1996) para Morrocoy (38.96%) y al intervalo de 5.61-26.43% para el Golfo de Paria (Benthos. Base de datos, en prep.).

En Venezuela no existe una normativa que regule los límites máximos permisibles de contaminantes en los sedimentos. Algunas empresas consultoras del país utilizan la normativa vigente en Holanda desde el año 1987 (Davis *et al.*, 1991). Esta normativa se utiliza para sedimentos a ser dragados, dispuestos o confinados. Para los parámetros de interés en nuestro estudio la normativa holandesa sólo hace alusión al Plomo y Aceites minerales totales en sedimentos, dando valores de referencia (no contaminación) y de prueba (máximos permisibles sujetos a pruebas de laboratorio para corroborar degradación en otros compuestos, antes de su disposición a algún cuerpo de agua). Los valores máximos de Grasas y Aceites encontrados en las estaciones de las franjas de manglar y praderas de *Thalassia* (2 y 4) pueden estar relacionados con la producción de ácidos grasos y aceites por la vegetación predominante y la asociación de estos compuestos con el abundante material gravoso (restos de conchas, etc.) y con el alto contenido de materia orgánica de esos sedimentos (Combellas 1987). Las concentraciones de Grasas y Aceites en sedimentos, medidas en esta bahía por COF (1996) fluctuaron entre 114 mg/kg (febrero 96) y 447 mg/kg (noviembre 95), lo cual es una indicación de que los valores medidos en este estudio en las estaciones 2, 3 y 4 son altos. Para varias estaciones en el Golfo de Paria se han reportado concentraciones de aceites minerales entre 9.7 y 14.8 mg/kg (Benthos, Base de Datos, en prep.), pero estos valores excluyen a las grasas y aceites de origen biológico.

La normativa holandesa se refiere a los Aceites minerales totales en sedimentos y recomienda un valor de referencia de 50 mg/kg. Los valores de Grasas y Aceites analizados aquí incluyen compuestos minerales y aquellos originados por procesos biológicos. Es probable que la asociación de los valores

más altos de este parámetro con las estaciones cercanas a los hábitats de manglar, sea una indicación del origen natural de la mayor parte de las concentraciones de Grasas y Aceites medidas en este estudio. Sin embargo, en las estaciones 2 y 4 se hallaron valores que superan de 4 hasta diez veces las concentraciones básicas de referencia local (Estación 1). Se requiere un análisis que dilucide en que proporción se hallan los aceites minerales en esas muestras, antes de una conclusión definitiva sobre el comportamiento del parámetro Grasas y Aceites en el lugar estudiado.

COF (1996), reporta valores de 3.1 mg/kg y 54.0 mg/kg de TRPH en sedimentos de esta bahía los cuales son inferiores a los obtenidos en el presente estudio. Al comparar con localidades en el Golfo de Paria (intervalo de TRPH: 10.3 a 15.6 mg/kg; Benthos. Base de Datos, en prep.) las concentraciones en esta bahía Ensenada El Ancla (74 a 1340 mg/kg) son de 5 a 130 veces superiores. Estas comparaciones permiten detectar la existencia de una acumulación de estos productos en los sedimentos aledaños al expendio de combustibles.

Los valores de Vanadio en los sedimentos reportados en trabajos anteriores en esta bahía (COF, 1996) fueron similares a los encontrados en el presente estudio. Sin embargo, el Plomo parece encontrarse en las estaciones 2, 3 y 4, en concentraciones promedios superiores en 1.3 a 2.5 veces en relación con el valor máximo encontrado por COF (1996), en noviembre de 1995 (69.0 mg/kg). En otros estudios realizados en el Parque Nacional Morrocoy se ha encontrado diferentes valores de Plomo en sedimento entre los cuales se pueden destacar: 32 -111 mg/Kg (MARNR 1994) a lo largo de todo el parque, 1.7-5.0 mg/Kg (COF 1996) sitios cercanos y dentro del parque; 18-36 pm (Bastidas y col. 1999) a lo largo del parque. Las concentraciones de Pb en los sedimentos del Golfo de Paria fluctúan entre 3.95 a 4.66 mg/kg (Benthos. Base de Datos, en prep.), inferiores a las del área estudiada entre 2 y 64 veces. Estas comparaciones permiten detectar una acumulación de

expendio de combustibles. Los criterios químicos de calidad de sedimentos marinos del estado de Washington (USA) publicados en 1991, son menos estrictos que la normativa holandesa puesto que no se aplican únicamente a sedimentos a ser dragados. Estos criterios consideran que una concentración máxima de Plomo de 450 mg/kg peso seco es aceptable.

Todas las muestras de sedimentos de las cuatro estaciones analizadas en esta bahía presentaron concentraciones de Plomo (máximo valor 292 mg/kg) aceptables según los criterios de la normativa del estado de Washington, mientras que los sedimentos del muelle de los surtidores sobrepasan significativamente (1.5 a 3.4 veces) al valor de referencia de la normativa holandesa (85 mg/kg). Es recomendable entonces, evitar la remoción y disposición de los sedimentos alrededor del muelle, sin un estudio previo de la toxicidad de los compuestos de Plomo que contienen y de la degradación química y biológica de esos compuestos.

Al analizar el contenido de metales en las muestras biológicas, cabe señalar que el alto contenido de V encontrado en la túnica y vísceras de *A. nigra* no es extraño puesto que este tunicado acumula ese metal de forma natural en ambientes no contaminados y algunas especies relacionadas presentan valores muy elevados (Michibata & Kanamori 1998). La selección de esta especie permitió comprobar la detección del metal por la técnica y sometió a prueba la idea de que si hubiese bioacumulación de Vanadio por contaminación, ésta debería reflejarse en valores más altos que los de la estación de referencia. Sin embargo los resultados evidencian que los valores más altos son justamente los de esa estación de referencia. Con base en los datos y argumentos presentados puede concluirse que no existe evidencia de bioacumulación de V y Pb en las especies seleccionadas.

Se recomienda la ejecución de un programa de seguimiento de las variables ambientales, similar al propuesto como Línea Base de Referencia. Los resultados obtenidos en la

etapa de Línea Base permiten introducir modificaciones al programa de monitoreo, por lo cual es recomendable que se intensifique el muestreo de algunas variables (Plomo en aguas y sedimentos, coliformes totales y fecales en muestras consecutivas y en días de mayor afluencia de visitantes) y se minimice o elimine el de otras. Los sucesivos muestreos deben realizarse, en lo posible, en épocas equivalentes, en horas del día similares, en las mismas localidades, con la misma metodología o con metodologías equivalentes. Debe evitarse el ejecutar parte del programa o su totalidad en condiciones ambientales naturales anómalas o extremas de corta duración (horas a días), por ejemplo precipitaciones muy fuertes, salinidades bajas, descensos o incrementos extremos de temperatura, condiciones anóxicas, anomalías planctónicas, etc.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a INTECMAR-USB por el financiamiento de este proyecto.

#### RESUMEN

Este trabajo constituye la segunda parte de un estudio de referencia ("baseline") realizado en el área marino costera cercana a una Estación de Servicio Náutica, ubicada en el Parque Nacional Morrocoy. Se estudió agua, sedimento y organismos. Las aguas del área estudiada son someras, cálidas, térmicamente homogéneas, de salinidad alta, de valores normales de pH y oxígeno disuelto. No existe evidencia de bioacumulación de V y Pb en las especies seleccionadas (*Thalassia testudinum*, *Isognomon alatus* y *Ascidia nigra*). Se recomienda un programa de monitoreo, intensificar el muestreo de algunas variables (Plomo en aguas y sedimentos, coliformes totales y fecales en muestras consecutivas y en días de mayor afluencia de visitantes) y minimizar o eliminar el de otras.

#### REFERENCIAS

- Anónimo 1975. Georges Bank Conference: marine environmental assesment needs on the Georges Bank related to petroleum exploitation and development. Proceedings of a conference and workshop. New England Natural Resources Center, Bentley College, Waltham. 217 p.

- Bastidas, A. C.; D. Bone y E. M. García. 1999. Sedimentation rates and metal content of sediments in a venezuelan coral reef. *Mar.Pollut.Bull.* 38: 16-24p
- Bock, M., M. Betz, G. Sánchez, y A. Ojeda. 1980. Caracterización de los factores fisicoquímicos del agua de mar que influencia el área costera entre Punta Morón y Boca de Mangle. p 43-169 In: Estudio Ambiental marino-costero de Golfo Triste y marco de referencia para evaluar efectos de operaciones petroleras, H. Pérez-Nieto (Ed.) Proyecto USB-Maraven. Tomo II.
- Boggs, S. 1995 Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Prentice Hall, N.J. 2da. edición. 774 p.
- Bone D., H. Alvarez, y O. Nuñez. 1993. Caracterización físico-química y biológica del área de construcción y embarque de coque/Proyecto Cray. Proyecto Lagoven/Incostas-USB. Informe Funindes 191/92. 103 p.
- Carver, R.E. 1971. Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience, N.Y. 653 p.
- Cassios, C (ed.) 1995. Methodology and research on EIA, proceedings of the Third European Union Workshop. European Commission, Bruselas. 135 p.
- COF Proyecto. 1996. Estudio Integral de Parámetros Contaminantes que afectan la Costa Oriental del Edo. Falcón, Klein, E., E. García, J. López (eds.). INTECMAR-UNFM. 41 p.
- Combellas, J. 1987. Utilización de *Thalassia testudinum* Banks para recuperar áreas afectadas por los palafitos en el Parque Nacional Morrocoy. *Trabajo Especial de Grado.División de Ciencias Biológicas.Universidad Simón Bolívar (Caracas)*. -69 p
- De Mahieu, G. y A. Ojeda. 1988. Caracterización físico-química de las aguas de Golfo Triste y zonas adyacentes. En: *Línea base de referencia biológica en el ambiente marino-costero de la región de Golfo Triste*. Informe final del proyecto por contrato PEQUIVEN-INTECMAR. (Pérez, D. Edit.) Caracas., II:167-219p.
- Davis, J. & S. MacKnight. 1990. Environmental considerations for Port and Harbor development. Transport and the Environment Series. World bank Technical Paper N° 126. 186 p.
- Guevara, M.1993 Variaciones espaciales y temporales de biomasa y productividad de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Morrocoy. Trabajo Especial de Grado. Licenciatura en Biología. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. 80 p.
- Hirsch, A. 1980. The baseline study as a tool in environmental impact assessment. 123-131. In: Proceedings of the Symposium on biological evaluation of environmental impacts. Council on environmental quality and Fish and Wildlife Service. 123-131 p.
- Janssen, R. 1993. Multi-obobjective decision support for environmental management. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands. 285 p.
- Laboy, E. N. 1997. Factores ambientales que limitan la distribución y abundancia de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* en el Parque Nacional Morrocoy. *Tesis Doctoral (Ph.S.).Centro de Ecología y Ciencias Ambientales.Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas*. 110 p.
- Martín, L. 1978 Reclutamiento y crecimiento del ostión *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en el Parque Nacional Morrocoy, Edo. Falcón. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. U.C.V. 158 p.
- Michibata, H. & K. Kanamori. 1998. Selective accumulation of vanadium by ascidians from sea water. 217-274 In: Nriagu, J. (ed.). *Advances in Environmental Science Technology*. John Wiley, Vol. 30. New York.
- Pérez, D. 1997 Variabilidad espacio-temporal del crecimiento, la productividad y las características estructurales y demográficas de praderas de *Thalassia testudinum* en Venezuela. Trabajo de Ascenso a Profesora Titular. Universidad Simón Bolívar, Caracas. 160 p.
- Roa P. & L. Berthois. 1975. Manual de Sedimentología. Tipografía Sorocaima, Caracas. 303 p.
- Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 1989. 17<sup>th</sup> Edit. 646 p.
- Therivel, R., E. Willson, S. Thompon, D. Heaney, & D. Pritchard. 1992. Strategic environmental assessment. Earthscan Publications. Ltd. London. 348 p.
- Van Tussenbroek, B. 1995. *Thalassia testudinum* leaf dynamics in a Mexican Caribbean coral reef lagoon. *Mar. Biol.* 122: 33-40
- Wathern, P. (Edit.) 1988. Environmental impact assessment. Hyman. Berlin. 332 p.
- Zieman, J., P. E. Penchaszadeh, J. R. Ramírez, D. Pérez, D. Bone, J. Herrera, R. D. Sánchez, D. Zuniza, B. Martínez, K. Bonair, P. Alcolado, R. Laydoo, J. R. García, J. Garzón-Ferreira, G. Díaz, P. Gayle, D. T. Gerace, G. Smith, H. Oxenford, C. Parker, L. P. J. J. Pora, J. A. Nagelkerken, B. Van Tussenbroek, S. R. Smith, R. Varela, K. Koltes, y J. Tschirky. 1997. Variation in ecological parameters of *Thalassia testudinum* across the Caricomp network. Proceedings of 8<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium. 1: 663-668.