

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA ENSENADA DE PLAYA GRANDE, ESTADO SUCRE, VENEZUELA

GREGORIO MARTÍNEZ, JULIÁN CASTAÑEDA, WILLIAM SENIOR, ARÍSTIDE MÁRQUEZ & ÁNGEL GONZÁLEZ*

*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
gmartine@sucr.udo.edu.ve*

* *Instituto Limnológico, Universidad de Oriente. Caicara de Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela.*

RESUMEN: Se estudiaron las condiciones hidrográficas y de calidad de las aguas de la región marino-costera de la ensenada de Playa Grande, estado Sucre, Venezuela, para el mes de mayo de 2003. Para tal fin, se establecieron 21 estaciones para la toma de muestras líquidas, superficie y fondo, y tres anclajes correntométricos, uno con un perfilador acústico “mirando hacia arriba” y dos con un correntímetro doppler puntual operando durante 14 días. Las muestras líquidas se tomaron con botellas Niskin de 5 l, manejada mediante el sistema guaya-mensajero. Las muestras se analizaron utilizando las metodologías establecidas para agua de mar. Los valores de pH oscilaron entre 7,93 y 8,31 unidades; la temperatura entre 22,0-24,0 °C, la salinidad entre 36,56-37,17 unidades; el color entre 15 y 30 unid. Pt-Co; la demanda bioquímica de oxígeno varió entre 4,05-68,98 mg/L; el nitrógeno total entre 0,53-1,27 mg/L. El fósforo total fluctuó entre 0,02 y 0,16 mg/L; los aceites y grasas entre 0,08 y 0,39 mg/L; los hidrocarburos alifáticos entre 0,01-0,12 mg/L; los detergentes no superaron el valor de 0,02 mg/L. En algunos casos los coliformes totales y fecales alcanzaron valores muy superiores al límite de 1000 NMP/100 ml para coliformes totales establecido por el Ministerio del Ambiente para aguas tipo 4 (contacto humano parcial y total). La calidad de estas aguas refleja el impacto de las descargas de aguas superficiales residuales en el sector de Campo Ajuro, que son transportadas por la corriente media superficial que fluye predominantemente de este a oeste. Las condiciones físico-químicas de las aguas de esta ensenada pueden variar durante todo el año, como consecuencia de las condiciones hidrodinámicas que predominan en la región. Se recomienda realizar estos estudios, al menos dos veces al año, durante el período de sequía (diciembre a mayo), cuando se incrementan los vientos alisios, y durante el período lluvioso (junio-noviembre).

Palabras clave: Playa Grande, calidad del agua, contaminación marina

ABSTRACT: The hydrographic conditions and sanitary quality of the waters of the coastal region of Playa Grande Bay were studied during May 2003. We set up 21 stations to collect surface and bottom samples and three current meters – an upward-mounted hydroacoustic profiler and two single-point Doppler current sensors that operated for 14 days. Samples were collected in 5-L Niskin bottles equipped with a lid-closing device operated through a cable. The samples were studied according to established methods for seawater analysis. The pH ranged between 7.93 and 8.31; the temperature, between 22.0 and 24.0 °C; the salinity, between 36.56 and 37.17 units; the color, between 15 and 30 Pt-Co units. The biochemical oxygen demand ranged between 4.05 and 68.96 mg/L; and total nitrogen, between 0.53 and 1.27 mg/L. Total phosphate fluctuated between 0.02 and 0.16 mg/L; lipids, between 0.08 and 0.39 mg/L; aliphatic hydrocarbons, between 0.01 and 0.12 mg/L. Detergents did not exceed the value of 0.02 mg/L. In some cases, total and fecal coliforms reached values beyond the limit of 1000 NMP/100ml for total coliforms set by the Ministry of the Environment for type 4 waters (partial and total human contact). The quality of these waters shows the impact of effluents, running mostly from east to west, in the sector of Campo Ajuro. The physical and chemical conditions of the waters of this bay may vary throughout the year as a consequence of the dynamic conditions prevailing in the region. It is recommended that these studies be carried out at least twice a year: during the dry season (December to May), when the trade winds increase, and during the rainy season (June to November).

Key words: Playa Grande, water quality, marine contamination.

INTRODUCCION

Los cuerpos de aguas tanto marinos como de agua dulce han sido considerados por mucho tiempo como receptáculos convenientes para la eliminación de desechos domésticos, urbanos e industriales, debido a que la dilución

y la actividad bacteriana pueden, hasta cierto punto, ser proporcionales a la capacidad asimiladora del cuerpo de agua para disminuir al mínimo el potencial de impactos adversos contra la salud humana y el ambiente. Esta práctica es particularmente común en áreas costeras,

debido en parte, al hecho de que existen grandes cuerpos de agua cercanos y a que las formas alternativas de tratamiento de desechos pueden no estar disponibles o ser efectivas en términos de costos (SNEDAKER & GETTER, 1985).

Para las aguas servidas, los componentes nutritivos proveen un estímulo para el crecimiento de plantas, los cuales son contraproducentes si los volúmenes son altos en relación con la extensión territorial del cuerpo de agua y la habilidad del sistema para asimilar estos componentes. Tal exceso de enriquecimiento, denominado eutrofización, puede producir una variedad de impactos biológicos, económicos y para la salud. La presencia de otros componentes en las descargas, tales como patógenos humanos, y una variedad de materiales tóxicos permanentes (tales como metales pesados), es un fuerte argumento para el saneamiento de las aguas marinas cerca de la costa (SNEDAKER & GETTER, 1985; NEMEROW Y DASGUPTA, 1991). Las aguas servidas domésticas e industriales deben ser tratadas antes de su descarga para reducir al mínimo la fertilización excesiva de las aguas marinas, particularmente en zonas con un reducido intercambio de aguas y en lagunas costeras, y controlar, en la mayor medida posible, la introducción de patógenos humanos.

Este estudio tiene como objetivo principal establecer los parámetros de línea base que caracterizan el ecosistema marino-costero de la ensenada de Playa Grande. Actualmente, la ciudad de Carúpano, 10,39°N – 63,15°O, ubicada sobre la línea de costa de la plataforma continental nororiental del país, en el estado Sucre, con una población de 786.483 habitantes según el último censo del año 2001, descarga directamente al mar los efluentes provenientes de su colapsado sistema de aguas servidas. Esta descarga opera a través de tres localidades (Puente Hotel Victoria, Sector Campo Ajuro y Estación de Bombeo Playa Grande) y alcanza un valor promedio de 0,32 m³/s. El nocivo efecto de la descarga es evidenciado en la acumulación de todo tipo de contaminantes (hidrocarburos, pesticidas, metales trazas, material flotante, etc.) en los sedimentos superficiales de la zona costera inmediata a la ciudad. Como respuesta a esta situación, las autoridades oficiales (MinPPAmb) y de la ciudad (Alcaldía) han iniciado un proyecto para la construcción de una planta de tratamiento primario de desechos líquidos. Parte esencial de tal proyecto lo constituye un emisario submarino, para lo cual se ha propuesto como área de recepción a la EPG, pequeña bahía localizada al oeste de Carúpano, a 1,5 km de la ciudad.

En la actualidad, se conoce muy poco acerca las características hidroquímicas y biológicas de este sector marino costero así como de las corrientes marinas que predominan en el área. En el presente estudio se evaluó la calidad ambiental de las aguas de la ensenada de Playa Grande para el establecimiento de la línea base ambiental para futuras investigaciones y proyectos de desarrollo en esta margen costera.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio para la realización de esta evaluación ambiental es la región marino-costera conocida como la ensenada de Playa Grande (EPG) localizada al oeste de la ciudad de Carúpano, municipio Bermúdez del estado Sucre (Figura 1). Consiste en una zona de aproximadamente de 5,0 km distribuidos a cada lado del eje propuesto del emisario submarino a partir de Punta Jarra hasta el morro de Copey. Teóricamente, esta zona corresponde al área potencial de influencia del proyecto de instalación del emisario submarino de la planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Carúpano.

MATERIALES Y MÉTODOS

RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS

Se tomaron muestras de aguas superficiales en 21 estaciones y en 16 de fondo que abarcaron toda el área de estudio para el mes de mayo de 2003. Las 5 estaciones adicionales para el muestreo de aguas superficiales, se hicieron para representar con mayor detalle la variabilidad natural de las variables y de mejorar la interpolación espacial de las mismas.

La captación de las muestras se llevó a cabo con una botella Niskin de 5 l de capacidad. Posteriormente se transfirió una parte de la muestra en envases plásticos de 3,5 l para los análisis fisicoquímicos (salinidad, detergentes, nitrógeno total, fósforo total, aceite y grasas, hidrocarburos y demanda bioquímica de oxígeno) y en envases plásticos estériles especiales las muestras destinadas al análisis bacteriológico. Todas las muestras fueron refrigeradas en cava con hielo para su traslado hasta el laboratorio.

Los siguientes procedimientos se usaron para coleccionar y analizar las muestras líquidas y de sedimentos en cada uno de los parámetros de interés:

Caracterización ambiental de la ensenada de playa grande

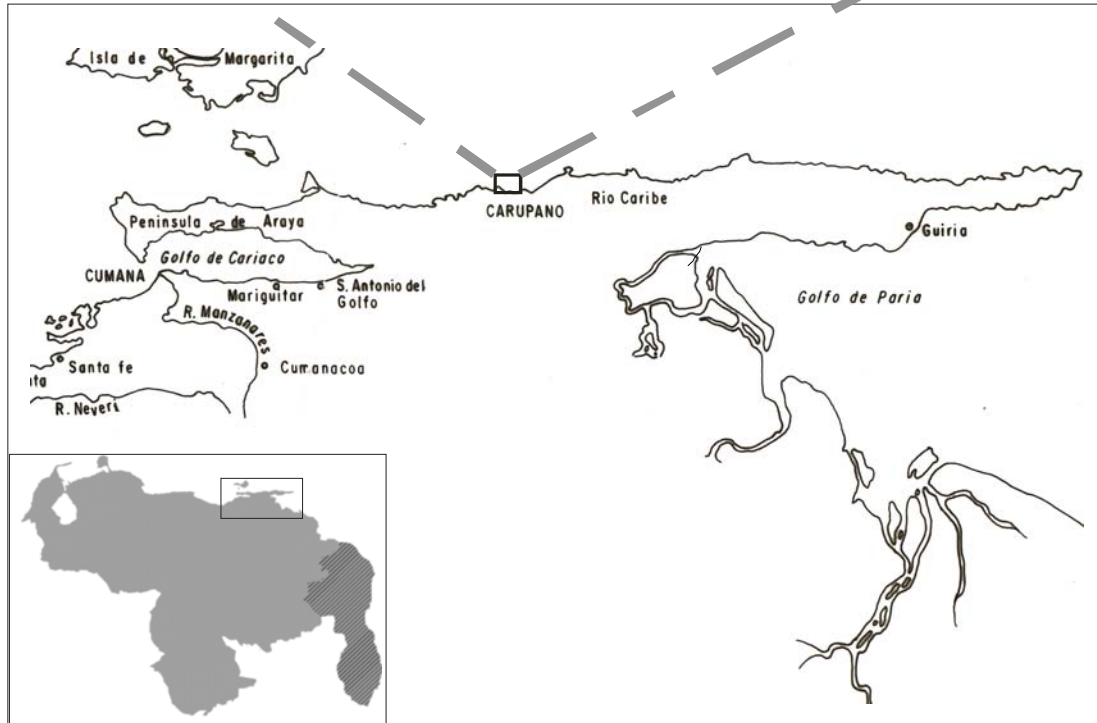
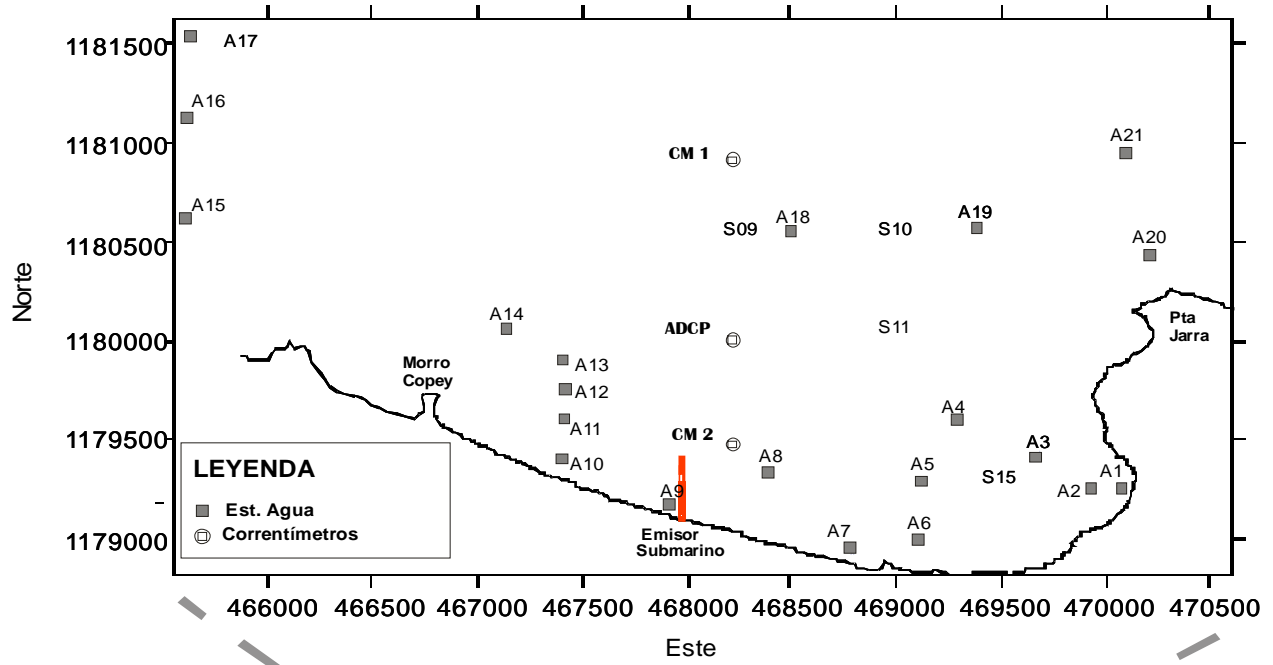


Fig. 1. Ensenada de Playa Grande mostrando las estaciones para el muestreo de aguas de mar.

La temperatura se midió *in situ*, mediante un termómetro de mercurio de 0,1 °C de resolución.

La salinidad se calculó a partir de las mediciones de conductividad (UNESCO, 1981), para ello se utilizó un salinómetro inductivo Kalhsico 118WC200 (foto 8). La precisión sobre la medida efectuada fue de $\pm 0,001$.

El pH del agua de mar se determinó *in situ* mediante la utilización de un pH-metro WTW, modelo inoLab pH/ION Level 2, el cual tiene incorporado un termistor para la compensación automática de temperatura (ATC). La precisión sobre la medida es de $\pm 0,02$ unidades de pH.

El nitrógeno y el fósforo total se determinaron simultáneamente mediante la utilización del método descrito por VALDERRAMA (1981), el cual consiste en la oxidación simultánea de los compuestos orgánicos nitrogenados y fosforados, bajo presión. La precisión del método es de $\pm 2\%$ en el caso del nitrógeno, el cual fue determinado automáticamente con un equipo Technicon II, y de 1% en el caso del fósforo, el cual fue determinado espectrofotométricamente en un equipo Genesys 8.

Para la determinación de los aceites y grasas, las muestras fueron extraídas con una mezcla de solventes de 80% n-hexano y 20% éter de petróleo. La cuantificación de los mismos se realizó por espectroscopía infrarroja a 2930 nm, una vez evaporada la mezcla solvente, utilizando un analizador de hidrocarburos Buck Scientific modelo 404.

En el caso de los hidrocarburos, el método consiste en una extracción líquido-líquido. Los extractos son particionados por cromatografía de columna con hexano como eluyente. Luego el hexano es evaporado y el residuo disuelto en tetracloruro de carbono y analizado en un espectrofotómetro infrarrojo a 2930 nm, utilizando un analizador de hidrocarburos Buck Scientific modelo 404.

Los detergentes se determinaron por espectrofotometría visible utilizando la técnica para determinar sustancias activas al azul de metileno y tiocianato de cobalto. Aquí se aplican las técnicas propuestas en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA 1998), utilizando un equipo Prolabo SQ10.

El método para la determinación del color del agua consiste en la comparación del color del agua de mar contra

un disco de vidrio apropiadamente calibrado con una escala de color en unidades Pt-Co, utilizando un equipo Hellige Agua tester modelo 611A. Los resultados obtenidos se compararon con el color que presenta el agua destilada, agua de chorro y las aguas del efluente que actualmente sale de la planta de tratamiento de la planta de aguas servidas ubicada en el Sector La Llanada en Cumaná.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) representa la cantidad de oxígeno consumido por las bacterias aerobias para asegurar la descomposición, dentro de condiciones bien especificadas, de la materia orgánica contenidas en el agua a analizar. El método se fundamenta en medir la cantidad de oxígeno en un medio de incubación al comienzo y al final de un período de 5 días, durante el cual la muestra es mantenida al abrigo del aire, a 20 °C y en la oscuridad para inhibir la eventual formación de oxígeno por las algas (APHA 1998).

La densidad de bacterias “coliformes” se determinó mediante la técnica del número más probable o técnica de fermentación de tubos múltiples (APHA 1998). Para ello, se sembró, por triplicado, 1 ml de cada dilución en tubos con caldo lauril triptosa (Difco, Laboratories, Detroit) y se incubó a 35°C durante 48 horas para la prueba presuntiva de coliformes. Los tubos positivos (con formación de gas) se replicaron en tubos con bilis verde brillante (Difco, Laboratories, Detroit, Michigan) y se incubaron a 35°C y 44,5°C en baño María durante 48 h, para la prueba confirmatoria de totales y fecales, respectivamente. La densidad de los coliformes se expresó como: NMP/100 ml, la cual se determinó mediante la tabla propuesta por McCrady (APHA 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

Las aguas superficiales de la EPG son relativamente bajas, con temperaturas que fluctúan entre 23,0 y 24,0°C. En esta temporada, las temperaturas más altas se ubican fuera de la costa, mientras que la región central presenta núcleos con temperaturas entre 23,0 y 23,5 °C (Figura 2A). Como es usual, toda la zona norte de la península de Paría, durante la temporada de sequía, está afectada por los afloramientos de aguas frías inducidas por el fenómeno de surgencia. Este fenómeno, inducido primordialmente por la intensificación de los vientos alisios del noreste, lleva a la superficie aguas subsuperficiales más frías que

la del entorno, siendo fácilmente observable en la distribución de la temperatura superficial (GADE 1961; OKUDA *et al.* 1978; ASTOR *et al.* 1998; WALSH *et al.* 1999; THUNELL *et al.* 2000; MULLER-KARGE *et al.* 2004; MARTÍNEZ *et al.* 2011). En la figura 2, se observa claramente como estos dos núcleos de aguas con temperaturas entre 23,10 y 23,75 °C reflejan el afloramiento de aguas desde el fondo.

Las aguas de fondo presentan temperaturas más bajas con fluctuaciones entre 22,0-24,0 °C (Figura 2B). La temperatura de 24,0 °C se determinó en la estación 2 hacia el extremo oriental de la ensenada, la cual es una zona muy somera, facilitando la mezcla de la columna. En la cercanía del morro de Copey se encuentra la temperatura de fondo más baja.

pH

El pH de las aguas superficiales varió entre 7,93 en la estación 1, en el extremo más oriental de la ensenada, y 8,31 en la estación 10, hacia el oeste, cerca del Morro de Copey (Figura 2C). Toda la región oriental presenta variaciones de pH inferiores a 8,22, una región norcentral con pH entre 8,24 y 8,22 y la región occidental con pH superiores a 8,24. El pH del agua de esta ensenada se encuentra dentro de los límites establecidos en la legislación ambiental vigente para las aguas para contacto humano parcial y total (aguas tipo 4: destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia, Decreto 883, año 1995; MARN, 1996). El pH determinado, tanto para las aguas superficiales como de fondo, son típicos de aguas bien oxigenadas como consecuencia de la agitación provocada por el oleaje inducido por el viento reinante para el momento del muestreo.

El pH de las aguas de fondo varió entre 8,14 unidades en la estación 2, en el extremo más oriental de la ensenada y 8,26 unidades en la estación 11 hacia el oeste, cerca del Morro de Copey (Figura 2). El comportamiento del pH hacia el fondo es muy similar al observado en las aguas superficiales. Toda la región oriental presenta variaciones de pH inferiores a 8,10 unidades, una región norcentral con pH entre 8,23 y 8,22 y la región suroccidental con pH superiores a 8,23 unidades.

Salinidad

La salinidad de las aguas superficiales de la EPG presentó variaciones en un intervalo de 36,564 a 36,758 unidades con un valor promedio de 36,629 unidades. La figura 2 muestra, de igual manera, la distribución espacial de la salinidad de las aguas superficiales en dicha ensenada,

observándose las menores salinidades hacia la costa con valores entre 36,564 y 36,630 y la penetración hacia el ecosistema de aguas más salinas (36,700 a 37,100) desde el norte y este del área de estudio.

La distribución de la salinidad de las aguas de fondo de la región (Figura 2) muestra valores que fluctuaron entre 36,616 y 37,166 unidades y un valor medio de 36,683 unidades. Se observa la inclusión de aguas con salinidades entre 36,700 y 37,100 unidades desde el norte. Las salinidades de las aguas, tanto superficiales como de fondo, son típicas de las aguas marinas de toda la región marino-costera nororiental de Venezuela.

Color

El color en las aguas superficiales de la región estudiada presentó un valor máximo de 30 unid. Pt-Co y un mínimo de 15 unid. Pt-Co y un valor una media de 18,57 Unid. Pt-Co. La figura 2 muestra la distribución espacial de dicho parámetro con los valores más altos hacia la costa en la zona oriental y central, posiblemente influenciada por las actividades desarrolladas por los pobladores de la zona y a la resuspensión de los sedimentos por efectos del oleaje que imperaba en la zona para el momento del muestreo. Los valores de color determinados para las aguas de la región objeto del presente estudio son valores normales para aguas de mar de regiones costeras. Las aguas de las bahías de Guanta-Pertigalete para el mes de marzo de 1999 presentaron un intervalo de color entre 5-20 unid. Pt-Co, las aguas superficiales de la región marino costera frente a la ciudad de Güiria era 10-20 para abril de 1999, mientras que el río Orinoco para abril de 1999 se encontraba entre 50-400 unid. Pt-Co (IOV, 1999). Este parámetro puede ser afectado por los eventos de surgencia y productividad de las aguas, la batimetría y características texturales de los sedimentos superficiales así como por las condiciones climáticas que afecta la región.

En cuanto a la distribución del parámetro color en las aguas de fondo (Figura 2), el mismo presentó un valor máximo de 25 unid. Pt-Co y un mínimo de 15 unid. Pt-Co y un valor medio de 19,2 unid. Pt-Co. Los máximos valores del color estuvieron distribuidos hacia la parte oriental de la ensenada, en la parte interna y hacia el norte y oeste de Punta Jarra, así como hacia el occidente en la zona donde se encuentran los islotes cerca del Morro de Copey. Estos valores son posiblemente debido a efectos del oleaje imperante en la zona para el momento del muestreo, el cual produce la resuspensión del sedimento, así como a

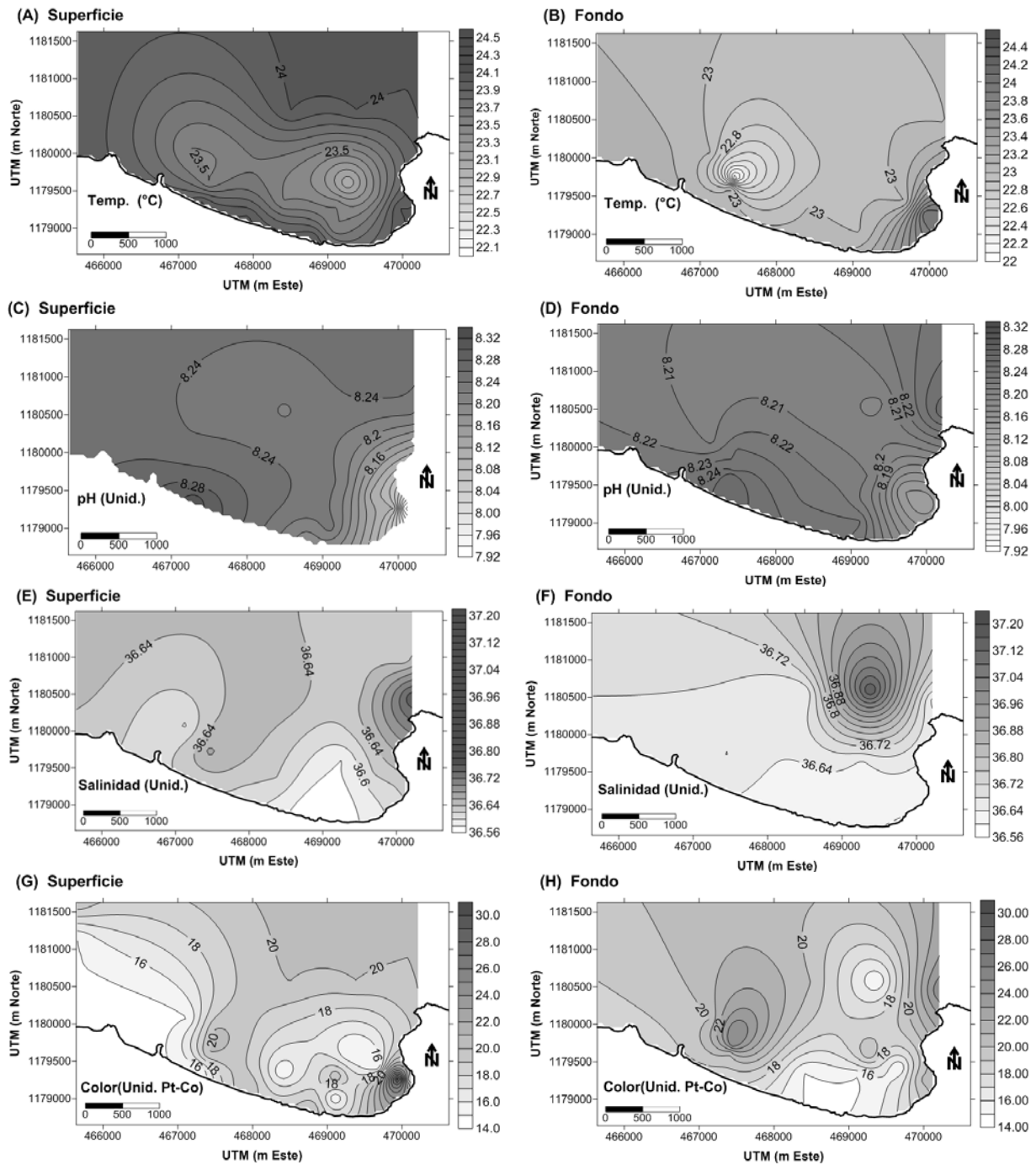


Fig. 2. Distribución espacial de la temperatura, pH, salinidad y color de las aguas superficiales y de fondo de la Ensenada de Playa Grande.

las descargas en esa zona de efluentes domésticos que contienen cantidades apreciables de detergentes y aceites

y grasas e hidrocarburos, los cuales enturbian el agua y producen un aumento en el color para estas aguas.

Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno en las aguas superficiales osciló entre 11,55 y 68,98 mg/l con un promedio de 25,71 mg/l. Los máximos valores cercanos a la costa se distribuyeron en la región central del área estudiada (Figura 3), en la zona donde posiblemente será ubicado el emisario submarino de los efluentes del sistema de tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Carúpano y al norte de la ensenada. De igual manera se observa la penetración de aguas cargadas con materia orgánica con una DBO entre 35,0 y 40,0 mg/l, posiblemente relacionadas con las descargas de las aguas servidas del emisario costero de Campo Ajuro. El valor promedio de la DBO para las aguas superficiales de esta ensenada son comparables a las determinadas para las bahías de Guanta y Pertigalete (estado Anzoátegui), con un valor medio de 26,0 mg/l y un margen de variación entre 18,0 y 47,0 mg/l, mientras que en la región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná se detectaron valores en un margen de 5,5-37,8 mg/l y un valor medio de 15,2 mg/l (IOV, 1999).

En cuanto a la DBO de las aguas de fondo (Figura 3), se observaron variaciones en un margen entre 4,1 y 51,5 mg/l y una media de 22,5 mg/l. En este caso, la ensenada presentó valores inferiores a 35,0 mg/l, mientras que los valores más elevados se observaron hacia el norte y al occidente de la ensenada. La distribución espacial de la DBO en esta zona se encuentra afectada por las descargas de las aguas servidas de la ciudad de Carúpano en la localidad de Campo Ajuro al este y por las provenientes de las lagunas, balnearios y centros poblados ubicados al oeste del área estudiada.

Nitrógeno total

Las concentraciones del nitrógeno total en las aguas superficiales fluctuaron entre 37,86 y 90,71 $\mu\text{mol/l}$ con un valor promedio de 47,72 $\mu\text{mol/l}$. El valor máximo se presentó en la estación 1 en el interior de la zona oriental de la ensenada y el mínimo en la estación 13 o noreste del morro de Copey cerca de los islotes ubicados en esa zona. La Figura 3 muestra la distribución espacial de las concentraciones de nitrógeno total donde se observa que la isolínea de 44 $\mu\text{mol/l}$ divide el área en dos zonas, la región marino costera de la ensenada de Playa Grande con concentraciones superiores a dicho valor y la parte externa con concentraciones menores a este valor. Las mayores concentraciones para este parámetro se ubican en la zona interna, hacia el sector oriental de la ensenada, posiblemente debido a las actividades antrópicas que se

desarrollan en la zona, así como a la descarga de efluentes domésticos en la zona.

La aguas de fondo presentaron concentraciones de nitrógeno total entre un margen de 42,86 $\mu\text{mol/l}$, en la estación 6, y 57,14 $\mu\text{mol/l}$, en la estación 2, y un valor promedio de 49,73 $\mu\text{mol/l}$. La Figura 3 muestra la distribución de las concentraciones para este parámetro, observándose los mayores valores, al igual que para las aguas superficiales, en la zona oriental de la ensenada. Por otro lado se observaron concentraciones entre 48,00 y 56,00 $\mu\text{mol/l}$ en la región norcentral de la zona estudiada.

Las concentraciones de nitrógeno total tanto para las aguas superficiales como de fondo de la EPG son comparables a las determinadas en otras áreas de la costa nororiental con concentraciones inferiores a 70,00 $\mu\text{mol/l}$. SENIOR (1993) reportó concentraciones entre 2,86 y 40,00 $\mu\text{mol/l}$ para la bahía de Barcelona. En la costa de Jose y Píritu se encontraron valores que fluctuaron entre 10,00 y 35,71 $\mu\text{mol/l}$ para los meses de marzo a junio de 1991 (SENIOR, 2001), mientras que en febrero de 1999 la concentraciones variaron entre 14,28 y 46,43 $\mu\text{mol/l}$ (IOV, 1999). En dicho estudio, el nitrógeno total en las bahías de Guanta y Pertigalete oscilaron entre 14,28-54,29 $\mu\text{mol/l}$, observándose la influencia de las descarga de aguas negras de la ciudad de la región de Guanta. Sin embargo, para la región marino costera frente a la ciudad de Cumaná, se presentaron variaciones en las concentraciones de nitrógeno total entre 15,00 y 142,86 $\mu\text{mol/l}$ con un promedio de 25,71 $\mu\text{mol/l}$ (IOV, 1999), donde los valores altos están asociados a las descargas del emisario submarino del Guapo y a las empresas conserveras de productos marinos de la región de Puerto Sucre. IOV (2011) determinó concentraciones de nitrógeno total que variaron entre 8,50 y 31,74 mmol/L para las aguas del sector marino-costero de la localidad de Araya, al oeste de la península de Araya, indicando que son aguas con poca influencia antrópica. De igual manera, MÁRQUEZ *et al.* (2011) registraron concentraciones entre 5,00 y 140,00 $\mu\text{mol/l}$, con un promedio de 25,71 $\mu\text{mol/l}$ para el sector oriental de golfo de Cariaco, indicando que estas aguas se encuentran fuertemente impactadas por la surgencia costera en esta margen costera. Para las aguas de la EPG, los niveles de nitrógeno total se encuentran principalmente afectados por las descargas de efluentes domésticos y las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan en dicha margen costera.

Fósforo total

El fósforo total mostró fluctuaciones en un margen comprendido entre 0,02 y 0,16 mg/l y un promedio de 0,05 mg/l. El valor máximo se determinó en la estación 1, ubicada hacia la región interna oriental de la ensenada y el mínimo en la estación 14 al noreste del morro de Copey. La distribución espacial del fósforo total (Figura 3) muestra un comportamiento muy similar al presentado para el nitrógeno total en las aguas superficiales de la zona estudiada. En esta zona se observa una isolínea de 0,04 mg/l que divide el área en dos, una interna que abarca toda la ensenada y la otra costa afuera. Se observa en esta distribución la influencia de los habitantes de la zona en las concentraciones de este parámetro, como consecuencia de los vertidos de aguas residuales que contienen detergentes ricos en fósforo.

Las variaciones del fósforo total en las aguas profundas presentó un valor máximo de 2,90 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 13, un mínimo de 1,29 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 8 y un valor promedio de 2,16 $\mu\text{mol/l}$. En este caso, el comportamiento del fósforo total (Figura 3) fue muy similar al presentado por el nitrógeno total en las aguas de fondo, con los máximos que van desde la región interna oriental en Punta Jarra y se extienden hasta la isleta ubicada al este del morro de Copey.

Estos valores en las aguas superficiales y de fondo, al igual que para el nitrógeno total, son comparables a los determinados en las bahía de Guanta y Pertigalete con valores inferiores a 4,52 $\mu\text{mol/l}$, la región costera frente a la ciudad de Cumaná con valores menores a 8,06 $\mu\text{mol/l}$, las costas frente a la ciudad de Guiría con valores menores a 1,61 $\mu\text{mol/l}$ y el área de Jose con menos de 4,84 $\mu\text{mol/l}$ (IOV, 1999), mientras que la bahía de Pozuelos presentaron valores que no superaron los 5,16 $\mu\text{mol/l}$ para el mes de abril de 1997 (SENIOR, 2001). Por otro lado, IOV (2011) reportó valores de PT entre 0,14 y 1,04 $\mu\text{mol/l}$ en las aguas del sector marino-costero frente a la localidad de Araya, donde los valores altos se ubican hacia el sector marino costero con mayor influencia antrópica. Las variaciones de las concentraciones del nitrógeno total y del fósforo total se ven fuertemente influenciadas por las descargas de los efluentes tanto industriales como domésticos, las descargas de los ríos y los regímenes de viento y circulación de las aguas, entre otros.

Detergentes

Las concentraciones de los detergentes en las aguas superficiales de la región marino-costera de la EPG

oscilaron en un margen de variación entre N.D. y 0,02 mg/l y con un valor promedio de 0,01 mg/l. Los valores por debajo del límite de detección se ubicaron en las estaciones 4, 6, 17 y 20 y el máximo en las estaciones 1, 2, 3, 9 y 11. La distribución espacial (Figura 3) muestra que las mayores concentraciones se ubican hacia la margen costera en la parte interna de la ensenada al sur de Punta Jarra en el centro y alrededor del morro de Copey. Aquí se muestra, de igual manera, que en la distribución del fósforo total, la influencia de las actividades humanas en las variaciones de este parámetro en la región estudiada.

En el caso de las aguas de fondo, se encontraron valores que fluctuaron entre 0,00-0,02 mg/l, con las menores concentraciones (0,00) en las estaciones 3, 4 y 20, y las mayores en las estaciones 5, 11 y 18. El valor promedio para los detergentes fue de 0,01. La distribución de los detergentes en las aguas de fondo (Figura 3) es un tanto similar a la observada para el fósforo total en las aguas de fondo de esta zona, observándose la influencia antropogénica en la distribución de este parámetro.

Estos valores, tanto para las aguas superficiales como de fondo, son inferiores al límite establecido por la legislación vigente para las aguas tipo 4 ($< 1,0 \text{ mg/l}$). Las aguas de la bahía de Guanta y Pertigalete para el año de 1999 presentaron niveles de detergentes entre 0,01 y 0,19 mg/l, mientras que las aguas frente a la ciudad de Cumaná con 0,23 y 1,90 mg/l (IOV, 1999), los cuales son inferiores a los determinados en este estudio.

Aceites y grasas

La Figura 4 muestra la distribución de los aceites y grasas en las aguas superficiales de la EPG, con valores que oscilaron entre 0,083 y 0,392 mg/l. El mínimo se registró en la estación 3 (parte oriental de la ensenada) y el máximo en la estación 19 al noroeste de Punta Jarra. Se observa la penetración, desde el norte y el este, hacia la ensenada, de aguas que contienen aceites y que se dispersan en todo el área de estudio. De igual manera se observan vertidos de estos aceites y grasas en el extremo oriental y occidental de la ensenada relacionadas con las actividades de atraque y resguardo de embarcaciones pesqueras de los pobladores de la zona.

Las estaciones 5, 18 y 19 superan el límite establecido en la legislación ambiental venezolana (Decreto 883, 11 de octubre de 1995) de 0,30 mg/l de aceites y grasas para las aguas tipo 4. Estos valores son mucho más bajos que los

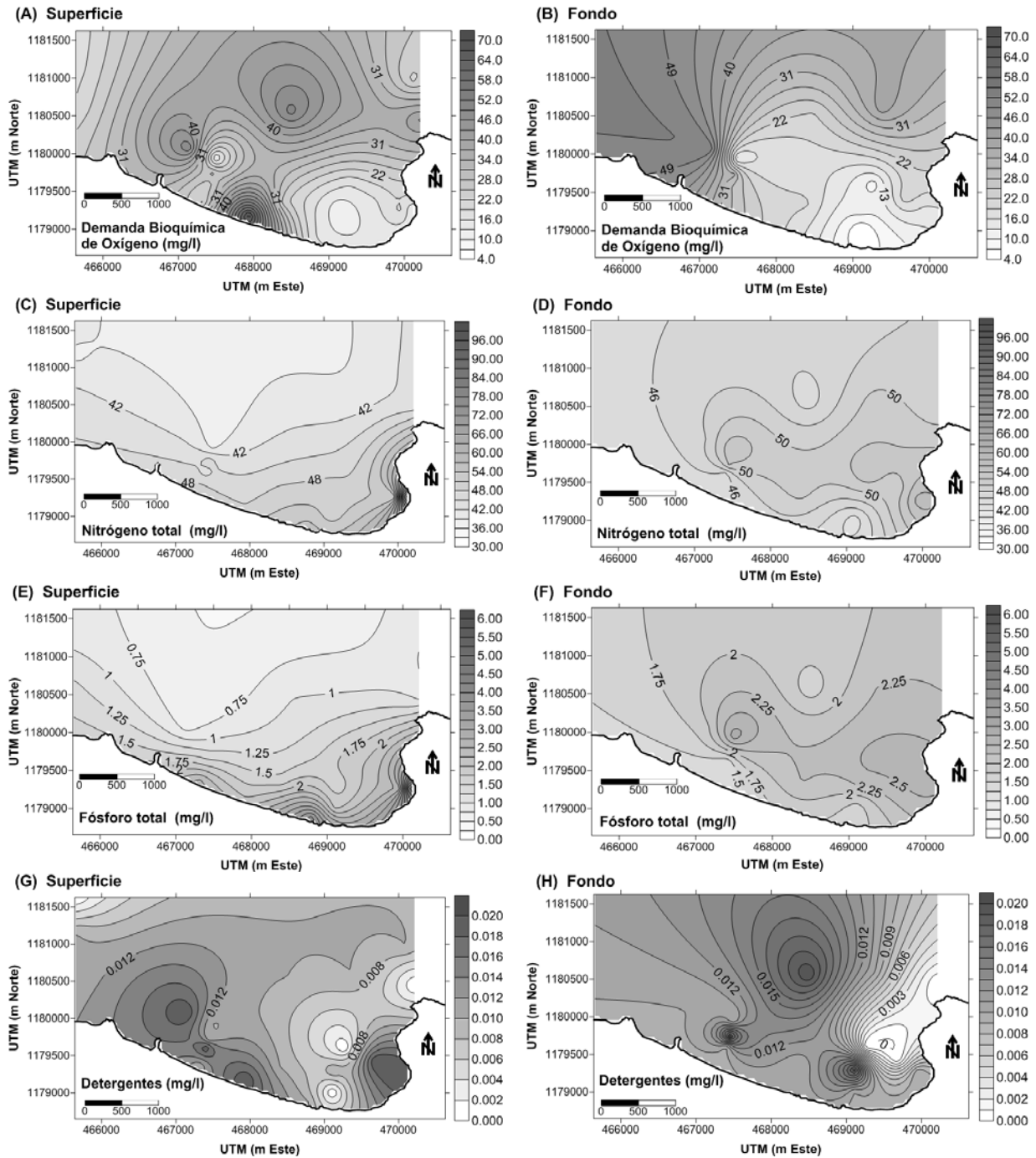


Fig. 3. Distribución espacial de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno total, fósforo total y detergentes de las aguas superficiales y de fondo de la Ensenada de Playa Grande.

obtenidos para las bahías de Pozuelos y Bergantín con concentraciones hasta de 3,09 mg/l y 3,65 mg/l, respectivamente, para el mes de febrero de 1997 (SENIOR,

2001), área de Jose con valores de hasta 13,27 mg/l, Guanta y Pertigalete con concentraciones menores de 0,70 mg/l y las costas frente a Cumaná con niveles que alcanzaron

hasta los 2,5 mg/l. Estos valores sugieren que la dispersión de los contaminantes en la EPG es mucho mayor a excepción de la región oriental más resguardada de las condiciones climáticas que afectan la zona.

Los aceites y grasas hacia el fondo oscilaron entre 0,099 y 0,294 mg/l. La Figura 4 muestra la distribución de los aceites y grasas en las aguas de fondo, observándose el mismo comportamiento que en la superficie, con penetración de aguas ricas en este parámetro desde el este dispersándose por toda la zona.

Hidrocarburos

Los aceites y grasas en la región estudiada fluctuaron en un margen entre 0,028 y 0,122 mg/l y un promedio de 0,068 mg/l. La figura 4 muestra las mayores concentraciones distribuidas hacia la zona mas oriental y occidental, así como hacia la pequeña playa ubicada en Punta Jarra, muy cercana a la línea costera, posiblemente relacionadas con los centros poblados establecidos en este margen costero las cuales vierten o derraman gasolina y gasoil cuando cargan combustibles en sus embarcaciones pesqueras.

En el caso de los niveles de hidrocarburos hacia el fondo (Figura 4), los mismos estuvieron comprendidos entre 0,012 y 0,110 mg/l y un valor medio de 0,055 mg/l, observándose una distribución espacial muy similar a la distribución de los aceites y grasa en la superficie y fondo de esta misma área.

Estos valores son comparables a los determinados para la costa de Jose en el estado Anzoátegui ($> 0,15$ mg/l), y menores a algunos valores detectados en la bahía de Bergantín (0,03-0,51 mg/l), costa frente a Cumaná (0,00-1,22 mg/l) y frente a la ciudad de Güiría (0,22-0,76 mg/l), IOV (1999). La distribución espacial de los hidrocarburos alifáticos en la EPG puede indicar, al igual que para los aceites y grasas, una alta dispersión de los contaminantes orgánicos en esta región marino costera.

Coliformes totales

Las variaciones en los niveles de coliformes totales en la EPG presentaron un máximo de 24000 NMP/100 ml en las estaciones 6 y 20, y un mínimo de 40 NMP/100 ml en las estaciones 12 y 13, con un valor promedio de 3369 NMP/100 ml. La distribución espacial de los coliformes totales en las aguas superficiales (Figura 4) muestra los máximos valores en la margen costera de la ensenada hacia el este, en los alrededores de los espigones ubicados en esta

margen, posiblemente debido a una descarga de aguas servidas o de lluvia ubicada en esta zona. Al mismo tiempo se observa la penetración de aguas hacia el ecosistema estudiado desde el este y oeste. La inclusión de agua cargada de coliformes totales desde el este posiblemente se deba al vertimiento de aguas servidas no tratadas en la zona de Campo Ajuro al este del área de estudio. Al oeste también se observa la penetración de aguas con niveles de coliformes mayores a los encontrados en la zona central de la ensenada que pueden provenir de las aguas que salen de las lagunas y salinas fuertemente contaminadas con aguas servidas de las comunidades ubicadas en sus márgenes y del complejo recreacional de SIDOR.

Las aguas de fondo del área de estudio presentaron variaciones entre 40-2400 NMP/100 ml y un valor promedio de 439 NMP/100 ml. La distribución espacial (Figura 4) muestra que el interior de la ensenada muestra la penetración de aguas cargadas con coliformes fecales desde el este, mientras que las aguas de fondo de la ensenada de Playa Grande presentó concentraciones inferiores a 700 NMP/100 ml.

La legislación venezolana (Decreto 883, 11 de octubre de 1995) establece un límite de 1000 NMP/100 ml en el 90 % de una serie de muestras consecutivas (aguas tipo 4A: aguas para contacto humano total). Las est. 6, 15 y 20 superaron abiertamente este valor. El resto de las estaciones presentaron valores dentro de este límite. Valores de hasta 11×10^7 NMP/100 ml fueron determinados en diciembre de 1998 en las costas frente a la ciudad de Cumaná, producto de las descargas cloacales y del río Manzanares y su aliviadero (IOV, 1999).

Coliformes Fecales

Los coliformes fecales en la EPG presentaron valores ubicados entre 40-24000 NMP/100 ml y un valor promedio de 2028 NMP/100 ml (Figura 4). Este parámetro presentó una distribución muy similar a la observada para los coliformes totales, aplicándose las mismas inferencias para este parámetro.

Los coliformes fecales en las aguas de fondo de la EPG, mostraron fluctuaciones entre 40 y 2400 NMP/100 ml y un valor promedio de 365 NMP/100 ml. La Figura 4 muestra la distribución de los coliformes fecales en las aguas de fondo de esta área. El patrón de distribución coincide con la distribución de los coliformes totales en esta agua,

Caracterización ambiental de la ensenada de playa grande

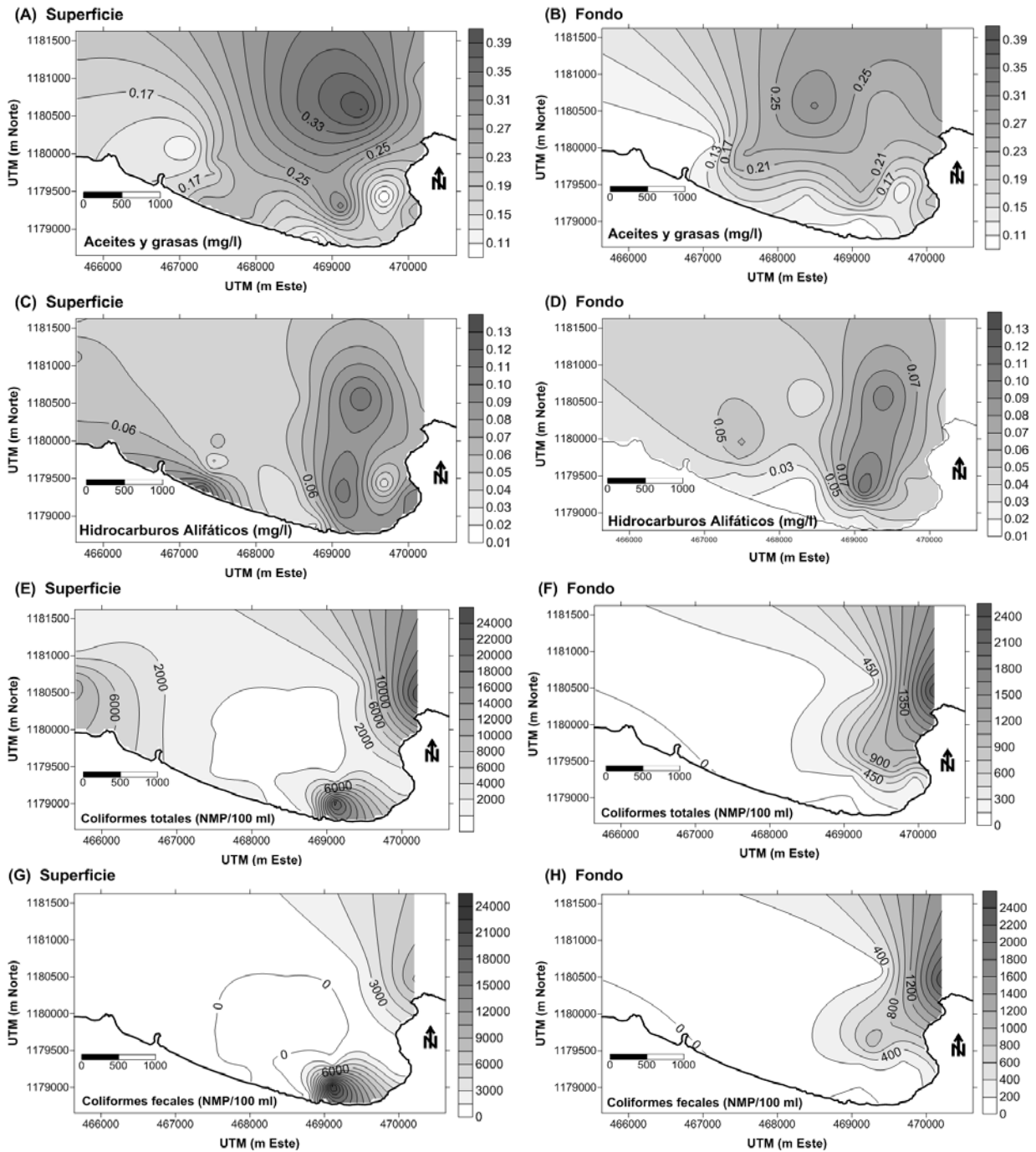


Fig. 4. Distribución espacial de los aceites y grasas, hidrocarburos, coliformes totales y fecales, de las aguas superficiales y de fondo de la Ensenada de Playa Grande.

observándose que estos dos parámetros tienen el mismo origen y comportamiento.

La legislación venezolana (Decreto 883, 11 de octubre de 1995) establece un límite de 200 NMP/100 ml en el 90 %

de una serie de muestras consecutivas (aguas tipo 4A: aguas para contacto humano total. El 50 % aproximadamente de las estaciones establecidas en esta región superan dicho límite. La región marino-costera frente a la ciudad de Cumaná presentó valores de hasta 3×10^6 NMP/100 ml, mientras que las aguas de las bahías de Guanta y Pertigalete no superaron los 2400 NMP/100 ml (IOV, 1999). Las aguas de la región marino-costera frente a Jose presentó valores inferiores a 36 NMP/100 ml. Los resultados determinados para las aguas de la EPG reflejan un claro deterioro de sus condiciones sanitarias, producto de las actividades antrópicas que se desarrollan en esta margen costera y a los vertidos de efluentes industriales y domésticos no tratados.

Corrientes

Para una visualización de la estructura del campo de corriente se colocaron tres anclajes, ADCP, CM1 y CM2 (Figura 1). Lamentablemente todo el anclaje CM1 fue perdido debido a las actividades pesqueras que se realizan en la zona. El anclaje con el ADCP incluía un perfilador acústico de corrientes SONTEK, fijado al fondo, permitiendo examinar la columna en 6 capas de 1 m. El anclaje CM2 incluía un correntímetro puntual doppler 2D-FALMOUTH. Estos anclajes almacenaron datos por espacio de 14 días.

El sistema de corrientes en la zona responde primordialmente al estrés de los vientos alisios que soplan principalmente desde los sectores E-NE, induciendo un flujo cuya dirección media es de este a oeste. Sin embargo, este efecto se ve alterado a medida que se profundiza en la columna. La figura 5 muestra un perfil promedio de corrientes obtenidos en la posición del correntímetro tipo ADCP (Figura 1). Se observa que a nivel superficial, las corrientes son vigorosas alcanzando valores de 0,45 m/s, en dirección oeste (Tabla 1). Sin embargo, tanto la dirección como la intensidad del flujo varían a medida que nos aproximamos a las aguas de fondo, con una marcada tendencia de las corrientes a girar en sentido contrario a las agujas del reloj. La corriente media obtenida de los registros del anclaje CM2 (Figura 1) muestra un flujo en dirección ENE, tal reversión podría ser parte de algún remolino costero; sin embargo, la data no es suficiente para dilucidar este aspecto. Este comportamiento medio puede tener influencia a largo plazo en la dispersión diferencial de elementos en la

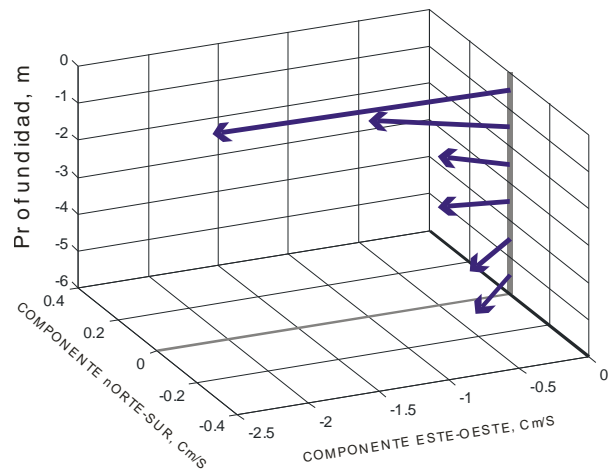


Fig. 5. Perfil promedio de las corrientes en la posición del ADCP en la ensenada de Playa Grande

columna de agua. De particular preocupación son las corrientes medias de fondo, que aunque débiles ($\sim 0,08$ m/s), se orientan progresivamente hacia la zona costera

CONCLUSIONES

La temperatura de las aguas superficiales y de fondo de la EPG, para el momento del muestreo, son típicas de las aguas de surgencia o afloramiento que se producen durante la temporada de sequía (enero – marzo) y están asociadas a la intensidad de los vientos alisios del noreste, los cuales producen una columna de agua mezclada, con poca variación vertical en los parámetros físico-químicos. La aparición de núcleos de acumulación en el interior de la ensenada sugiere una posible relación entre los remolinos que se forman por la interacción del flujo dominante en el promontorio de Punta Jarra. Estas estructuras dinámicas favorecen la captación de masas de aguas y sus constituyentes.

El nitrógeno total y el fósforo total presentaron valores típicos y comparables a los resultados obtenidos en las aguas de otras localidades de la región marino-costera del oriente de Venezuela con variaciones que indican aportes antropogénicos, muy posiblemente de las aguas negras vertidas a pocos kilómetros aguas arriba, y que son llevadas al área de estudio por las corrientes superficiales que fluyen de este a oeste.

Los aceites y grasas presentaron valores bajos a excepción de las estaciones 5, 18 y 19 cuyos valores

TABLA 1. Estadísticas básicas para los anclajes CM1 y ADCP. Ensenada Playa Grande-Carúpano. Ensenada de Playa Grande, del 30 de abril al 13 de mayo 2003.

Anclaje	Prof. Celda (m)	Vector		R (m/s)	Min (R) (m/s)	Max(R) (m/s)	Rango (m/s)
		Velocidad media					
		R (m/s)	Dir (°N)				
ADCP	0,5	0,1932	271	0,0687	0,0164	0,4550	0,4387
ADCP	1,5	0,1004	281	0,0555	0,0020	0,2671	0,2651
ADCP	2,5	0,0856	285	0,0477	0,0057	0,2649	0,2592
ADCP	3,5	0,0851	274	0,0469	0,0022	0,2164	0,2143
ADCP	4,5	0,0853	254	0,0498	0,0060	0,2497	0,2434
ADCP	5,5	0,0883	250	0,0541	0,0062	0,2858	0,2796
CM2	2,0	0,0632	066	0,0338	0,0016	0,1595	0,1579

superaron el valor de 0,3 mg/l establecidos para aguas de contacto humano parcial y total. Por otro lado, las concentraciones de aceites y grasas en esta ensenada son muy inferiores a los determinados en otras regiones marino-costeras del oriente de Venezuela. Los hidrocarburos en las aguas de esta ensenada son igualmente bajos.

Los detergentes en las aguas de la ensenada de Playa Grande son muy bajos y no representan riesgo para el ecosistema estudiado.

La distribución espacial, tanto para las aguas superficiales como de fondo, de las bacterias coliformes totales y fecales presentaron valores desde no detectado hasta valores de 24000 NMP/100 ml, valor muy superior al límite de 1000 NMP/100 ml establecido en la legislación ambiental vigente (Decreto 883, 11 de octubre de 1995) para las aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva y de subsistencia. De igual manera se evidencia la influencia de las descargas de las aguas servidas del emisario de Campo Ajuro, así como de los centros poblados ubicados en esta margen costera.

Las condiciones físico-químicas de las aguas de esta ensenada pueden variar durante todo el año, como consecuencia de las condiciones climáticas que predominan en la región. Es por ello que se recomienda realizar estos estudios, al menos dos veces al año, durante el periodo de sequía (diciembre a mayo), donde se incrementan los vientos alisios, y durante el período lluvioso (junio-noviembre).

REFERENCIAS

- APHA, 1998. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Greenber, A. E., L.S. Clesceri & A. D. Eaton (Eds.). American Public Health Association, 20 th. Edition. Washington.
- ASTOR Y, J. MERI &, F. MÜLLER- KARGER. 1998. Variabilidad estacional hidrográfica en la Fosa de Cariaco. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 58: 61-72.
- GADE, H. (1961.) Further hydrographic observations in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulation and water exchange. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 1: 359-395.
- GONZÁLEZ, H. & M. RAMÍREZ. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *Journal of Geochemical Exploration*, 52: 183-192.
- IOV, 1999. Estudio oceanográfico y de calidad de las aguas y sedimentos del Oriente Venezolano. Proyecto UDO-PDVSA-PALMAVEN. 328 p.
- _____. 2011. Levantamiento de Información Físico-natural Marino y Sociocultural en el Área de Influencia del Terminal Marino de Araya (SACOSAL). Aspectos Abióticos. Proyecto U.D.O.- PDVSA-CAMUDOCA. 109 p.
- MARN. 1996. *Rumbo a una Gestión ambiental* – Marco Legal. SAGCN, Caracas: 169 p.

- MÁRQUEZ, A., W. SENIOR, A. BENÍTEZ, I. FERMÍN, G. MARTÍNEZ, A. GONZÁLEZ, J. CASTAÑEDA, L. ALCALÁ & R. DE LA CRUZ. 2011. Sector oriental del golfo de Cariaco, Venezuela. Una descripción de su dinámica hidroquímica, procesos, y del rol de la surgencia costera estacional. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 50(2): 202-211.
- MARTÍNEZ, G., D. HERNÁNDEZ, A. QUINTERO, A. MÁRQUEZ, W. SENIOR & A. GONZÁLEZ. 2011. Estudio físico-químico de las aguas del sector oriental del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 50 (2): 273-287.
- MULLER-KARGER, F., R. VARELA, R. THUNELL, Y. ASTOR, H. ZHANG, R. LUERSSSEN & C. HU. 2004. Processes of coastal upwelling and carbon flux in the Cariaco Basin. *Deep-Sea Research II*, 51: 927-943.
- NEMEROW, N. & J. DASGUPTA. 1991. Industrial water pollution: Origin, Characteristics and treatment. *Reading Mass.* 529 - 599 pp.
- OKUDA T., E. FERNÁNDEZ & J. BONILLA. 1978. Variación estacional del fósforo y nitrógeno inorgánico en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 17: 89- 104.
- SENIOR, W. 2001. Planificación y manejo ambiental de la zona costera del Estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de Ascenso para Profesor Titular. Instituto Oceanog. Univ. Oriente: 244 p.
- SNEDAKER, S. & G. GETTER. 1985. Pautas para el manejo de los recursos costeros. Serie e Información sobre Recursos Renovable. No. 2 sobre Manejo de Costas. Research Planning Institute, Inc. Columbia, South Carolina. 286 p.
- THUNELL, R., R. VARELA, M. LLANO, J. COLLISTER, F. MÜLLER-KARGER & R. BOHRER. 2000. Organic carbon flux in an anoxic water column: sediment trap results from the Cariaco Basin. *Limnol. Oceanogr.* 45: 300-308.
- UNESCO, 1981. Tenth Report of the joint panel on oceanographic tables and standards. UNESCO technical papers in marine science (36).
- VALDERRAMA, J. 1981. The simultaneous analysis of total Nitrogen and total Phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, 10: 109-122.
- WALSH, J., D. DIETERLE, F. MÜLLER-KARGER, R. BOHRER, W. BISSETT, R. APARICIO, R. VARELA, H. HOCHMAN, C. SCHILLER, R. DIAZ, R. THUNELL, G. TAYLOR, M. SCRANTON, K. FANNING & E. PELZER. 1999. Simulation of carbon/nitrogen cycling during spring upwelling in the Cariaco Basin". *J. Geophys. Res.* 104 (C4): 7807-7825.

RECIBIDO: Mayo 2012
 ACEPTADO: Enero 2013