



LÍNEA BASE AMBIENTAL PLATAFORMA DELTANA



LÍNEA BASE AMBIENTAL PLATAFORMA DELTANA





UNIVERSIDADES:



FUNDACIONES E INSTITUTOS:



Fundación de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar



ASESORÍA:



CERTIFICACIÓN:



LÍNEA BASE AMBIENTAL PLATAFORMA DELTANA

EDITORES

Alberto Martín y David Bone

AUTORES

**A. Martín¹ · L. Malavé² · D. Sánchez² · R. Aparicio³ · F. Arocha³ · D. Bone¹ · J.A. Bolaños³
J. Bolaños-Jiménez¹⁰ · J. Castañeda³ · J.J. Cárdenas⁹ · A.K. Carbonini¹ · Y.J. Díaz¹
H.J. Guada¹ · E. Klein¹ · R. Lazo¹ · A. Lemus³ · M. Lentino¹¹ · C. Lira³ · C. Lodeiros³
R. López¹ · B. Marín³ · G. Martínez³ · B. Márquez³ · A. Márquez³ · R. Molinet¹
F. Morales¹ · J. Posada¹ · A. Prieto³ · A. Riera¹ · C.T. Rodríguez⁸ · A. Ramírez⁵ · W. Senior³
P. Solana⁶ · H. Severeyn⁷ · P. Spiniello⁴ · E. Valera⁶ · C. Yanes⁵ · E. Zoppi⁴**

[1] Universidad Simón Bolívar (USB) e Instituto de Tecnología y Ciencias Marinas (Intecmar)

[2] Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), Corporación Venezolana de Petróleo (CVP), Gerencia Costa Afuera - Plataforma Deltana

[3] Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV) - Universidad de Oriente (UDO)

[4] Instituto de Zoología Tropical (IZT) - Universidad Central de Venezuela (UCV) · [5] Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT) - UCV

[6] Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF) - UCV · [7] Universidad del Zulia (LUZ) · [8] Universidad de Carabobo (UC)

[9] Fundación La Salle de Ciencias Naturales (Flasa) · [10] Sociedad Ecológica Venezolana Vida Marina (Sea Vida)

[11] Colección Ornitológica Phelps

CONTENIDO

PERSONAL DE APOYO

Personal de campo:

- **Abelardo Riera** [Intecmar-Funindes-USB]
- **Arrigo Lucchetti** [Intecmar-Funindes-USB]

Logística:

- **Bertha Lara** [Intecmar-Funindes-USB]
- **María Elena Mejía** [Intecmar-Funindes-USB]

Separación meiobentos y macrobentos:

- **Fabiola Padilla** [Intecmar-Funindes-USB]

Observador mamíferos, tortugas y aves:

- **Francisco Velásquez** [Intecmar-Funindes-USB]

Separación megabentos - peracáridos (bentos - plancton):

- **Sandra López** [Intecmar-Funindes-USB]

Separación meiobentos y macrobentos:

- **Sebastián Rodríguez** [Intecmar-Funindes-USB]
- **Verónica Díaz** [Intecmar-Funindes-USB]

Plancton:

- **Ángel Antón** [IOV-Camudoca-UDO]
- **Miguel Carpio** [IOV-Camudoca-UDO]

Operador CTD:

- **Antonio Benítez** [IOV-Camudoca-UDO]

Química agua, sedimentos y bentos:

- **Germán Rodríguez** [IOV-Camudoca-UDO]

Oceanografía:

- **Glenys Hernández** [IOV-Camudoca-UDO]

Separación crustáceos decápodos:

- **Jesús E. Hernández M.** [IOV-Camudoca-UDO]

Fitoplancton:

- **Dulce Arocha** [IZT-UCV]

Zooplancton:

- **Humberto Camisotti** [IZT-UCV]

Componentes orgánicos en sedimentos y biota

- **Andrés Oliveros** [UGA-Funindes-USB]
- **Carolina González** [UGA-Funindes-USB]
- **María Elena Farkas** [UGA-Funindes-USB]
- **Maryuri Arvelaez** [UGA-Funindes-USB]
- **Mauro Briceño** [UGA-Funindes-USB]

TRIPULACIÓN B/O HERMANO GINÉS [Flasa]

Operador CTD: ▪ **Aitzol Arellano**

Capitán: ▪ **Pascual Marín**

1^{er} oficial : ▪ **Aparicio Narváez**

Jefe de máquinas: ▪ **Marci Millán**

1^{er} maquinista: ▪ **Nerso Salazar**

Aceitero: ▪ **Willy Febres**

Marinero: ▪ **Alexis Marcano**

Contraestre: ▪ **Julio González**

Marinero: ▪ **Luis Marjal**

Cocinero: ▪ **Germán Marín**

PREFACIO	6
PRÓLOGO	8
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	14
METODOLOGÍA	16
1 ANÁLISIS INTEGRADO	32
2 VISIÓN GENERAL SOBRE LA COLUMNA DE AGUA	64
3 COMPONENTE FITOPLANCTÓNICO	68
4 COMPONENTE ZOOPLANTÓNICO	82
5 CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS MARINOS	96
6 COMPONENTE BENTÓNICO	110
7 COMPONENTE FAUNA RELEVANTE	120
8 CONSIDERACIONES GENERALES DE POSIBLES IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS	134
9 VARIABLES POTENCIALES PARA UN PLAN DE SEGUIMIENTO	142
BIBLIOGRAFÍA	144
ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS	149
GLOSARIO DE TÉRMINOS	154
ÍNDICE	165
ÍNDICE DE FIGURAS	169
ÍNDICE DE TABLAS	175

Siembra Petrolera 2005-2030, promueve la aceleración de los diferentes proyectos de exploración y producción de gas en tierra firme y costa afuera, tomando en cuenta, además de las necesidades del mercado interno, la nueva estrategia dispuesta por el Ejecutivo Nacional en cuanto a la creación del Cono Energético, que incluye el suministro de gas a los países de Latinoamérica, el Caribe y la cuenca Atlántica.

PDVSA tiene previsto invertir en el período 2006-2012 un total de 16 mil 780 millones de dólares en proyectos de alto impacto en materia de gas, aumentando la producción de gas de 6 mil 300 millones a 11 mil 500 millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) para el 2012, lo cual permitirá cubrir la demanda interna, contribuir con la construcción del nuevo modelo económico, productivo y social del país, maximizar y valorizar los recursos gasíferos e impulsar el desarrollo endógeno y sustentable en las áreas de influencia, además de propiciar la integración latinoamericana y caribeña.

El proyecto Delta Caribe tiene como meta el desarrollo del gas costa afuera en las áreas de la Plataforma Deltana, y en las aguas ubicadas al norte del estado Sucre, al oriente de Venezuela; en las inmediaciones de la Península de Paria; agrupando varios proyectos específicos como la construcción del Centro de Industrialización del Gas Gran Mariscal de Ayacucho, Cigma, en la Península de Paria, estado Sucre, y el desarrollo de los bloques de gas en la Plataforma Deltana, con la misión inicial de superar el déficit de gas que presenta el mercado interno.

Luego del inicio de la caracterización ambiental de la región atlántica del país, con el proyecto Frente Atlántico venezolano, el plan de investigaciones costa

afuera ha evolucionado hasta llegar a ser la iniciativa de evaluación de los ambientes marinos más importante desarrollada por PDVSA, antes de iniciar actividades operacionales en nuevas áreas, en esta oportunidad, para la exploración y explotación de yacimientos de gas no-asociado en la Plataforma Deltana; para lo cual se organizó y coordinó un proyecto multi-institucional e interdisciplinario para su estudio, con la participación de universidades y centros de investigación nacionales, los cuales actuaron como protagonistas.

PDVSA, persiguiendo la mayor efectividad en el ámbito de la gestión comunicacional, a través de la divulgación oportuna y efectiva de aquellos aspectos relevantes para el interés del pueblo venezolano, con el fin de facilitar el ejercicio efectivo de la contraloría social, ha impulsado la publicación del presente proyecto, que tuvo resultados que van más allá de los que se esperaba en un estudio de esta naturaleza debido a la forma como fue concebido, ejecutado y gerenciado. Esta condición hizo imperativo que tanto los investigadores como los planificadores y ejecutores conformaran un grupo consolidado, generando sinergia y propiciando el intercambio de ideas, conocimientos, experiencia, mejores prácticas, experticia, datos y resultados, que será de mucha utilidad en los futuros estudios que la nación venezolana decida realizar en sus espacios marítimos.

Finalmente, también se debe destacar la participación activa de investigadores y personal PDVSA en el VII Congreso de Ciencias del Mar - MarCuba, celebrado en la Ciudad de La Habana, del 4 al 8 de diciembre del 2006, en donde se mostraron de manera integral los resultados de la Línea Base Ambiental Plataforma Deltana, como un enfoque multidisciplinario para el desarrollo costa afuera de gas en Venezuela.

Carlos Figueredo

El Proyecto Plataforma Deltana se ubica en la extensión de la cuenca oriental de Venezuela, al sureste de la República de Trinidad y Tobago y al noreste del estado Delta Amacuro. En esta zona marítima se ha detectado un potencial de 38 billones de pies cúbicos de gas natural.

Con propósitos administrativos, la Plataforma Deltana está dividida en cinco bloques: el bloque 1 (64 km²) reservado como oportunidad de negocio para Petróleos de Venezuela, mientras que Chevron y ConocoPhillips poseen licencia en el bloque 2 (169 km²), Chevron en el bloque 3 (4.031 km²) y Statoil en el bloque 4 (1.433 km²). El bloque 5, con 3.743 km² definido como de crecimiento a futuro, está en proceso de estudio.

PDVSA está plenamente consciente de que en la exploración, explotación, procesamiento, transporte y despacho de hidrocarburos, existe el riesgo de producir daños a los ecosistemas, si no se cuenta con una gestión eficiente y con el uso de tecnologías y procedimientos de prevención y control necesarios para la protección y cuidado del ambiente. Es por ello que realiza, en etapa temprana del desarrollo en Plataforma Deltana, estudios destinados a profundizar el conocimiento de los espacios marino-costeros y oceánicos a ser intervenidos por el proyecto o de su influencia indirecta. De esta manera, su toma de decisiones respecto a la localización de la infraestructura superficial para el manejo del gas, selección de fluidos para perforar pozos, y la determinación del impacto ambiental real de las operaciones del proyecto sobre el fondo marino, se basa en información actualizada, científica y metodológicamente levantada.

En la presente publicación, se resumen los aspectos metodológicos fundamentales y las estrategias de ejecución del estudio de Línea Base Ambiental Plataforma Deltana (LBAPD), que consistió en la toma de muestras de agua y sedimentos en el medio marino costero y oceánico a ser modificado por el proyecto en las cuales se determinaron características físicas (temperatura, salinidad, transparencia, pH, granulometría, etc.), químicas (sólidos en suspensión, materia orgánica, metales pesados, nutrientes, etc.) y biológicas (fitoplancton, zooplancton, ictioplancton, bentos), que caracterizan dicho medio; considerando no sólo el área de los bloques donde se localizará la producción del gas, sino también, el corredor propuesto para el gasoducto que transportará el gas desde el área de producción hasta el Centro de Industrialización del Gas Gran Mariscal de Ayacucho (Cigma) a localizarse en Güiria, estado Sucre.

Para la elaboración de esta Línea Base, PDVSA propició la participación activa del capital humano existente en las universidades públicas nacionales e instituciones conexas con el ambiente, especialistas y profesionales de diversas áreas y

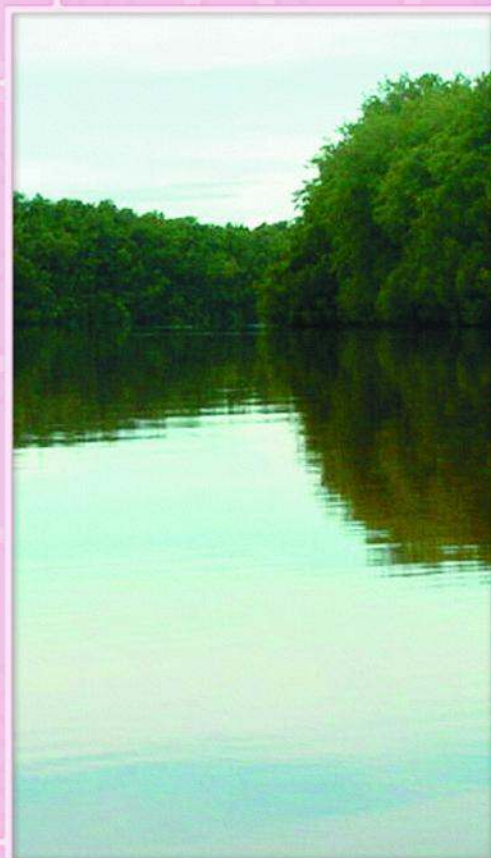
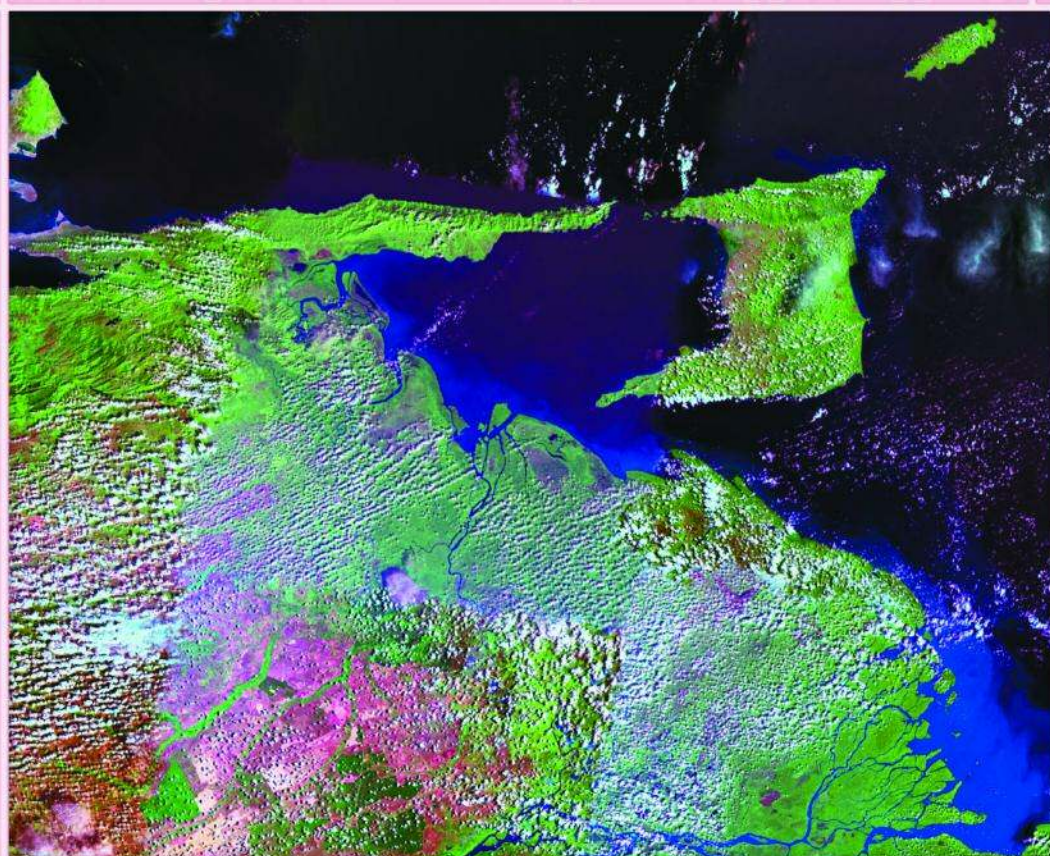
disciplinas (oceanógrafos, biólogos, físicos, químicos, geoquímicos, ingenieros, etc), quienes caracterizaron desde el punto de vista físico-natural el ambiente susceptible de ser alterado por las operaciones de gas.

Las instituciones y empresas que llevaron adelante el estudio fueron: Universidad Simón Bolívar (USB), a través del Instituto de Tecnología y Ciencias Marinas (Intecmar); Universidad Central de Venezuela (UCV), a través del Instituto de Zoología Tropical (IZT) y el Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT); Universidad de Oriente (UDO), mediante el Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV); Universidad del Zulia (LUZ), a través del Laboratorio de Invertebrados Acuáticos; Fundación La Salle de Ciencias Naturales (Flasa), a través de la Estación de Investigaciones Marinas (Edimar); Hidrolab Toro Consultores; Fundación Phelps y Sea Vida. De igual manera, cabe destacar la asesoría técnica suministrada por el Norwegian Institute for Water Research (NIVA) y el acucioso proceso de certificación internacional seguido por ABSG, de los protocolos de captación de las muestras y del proceso de análisis de la calidad del agua y de los sedimentos en los laboratorios universitarios.

El buque oceanográfico, Hermano Ginés de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales y su tripulación, se constituyó en la plataforma básica para acceder, en dos épocas del año (lluvia y sequía), al área de estudio en búsqueda de las muestras a ser analizadas posteriormente en los laboratorios.

Un trabajo ambiental como el de esta Línea Base de la Plataforma Deltana, ha generado valiosa información sobre la calidad de aire en el área de influencia del proyecto Deltana, calidad fisicoquímica y biológica de las aguas y sedimentos marinos, la evaluación de la diversidad, abundancia y distribución de los distintos organismos que conforman la fauna terrestre y acuática (invertebrados, peces, mamíferos, reptiles y aves marinas) que habita en la línea de costa del Golfo de Paria y delta del Orinoco.

La integración de todas las evaluaciones anteriores y la propuesta de recomendaciones a nivel conceptual, a ser consideradas en el desarrollo de las actividades industriales en la Plataforma Deltana, dejan experiencias técnicas, administrativas y de organización que deben ser incorporadas y optimizadas en los próximos estudios ambientales, relacionados con los proyectos de exploración y explotación de gas costa afuera.



INTRODUCCIÓN

El Ejecutivo Nacional ha asignado la más alta prioridad al desarrollo de las reservas de gas natural costa afuera, contenidas en los yacimientos de la Plataforma Deltana, como un vehículo para: promover el desarrollo económico nacional y regional; consolidar la presencia de Venezuela en el espacio marítimo del Atlántico, tal y como se inició con el proyecto Frente Atlántico y finalmente fortalecer la presencia del país en el escenario energético internacional.

En octubre de 2000, se creó el proyecto Plataforma Deltana (PD) como una unidad de negocios de PDVSA Exploración y Producción, con la misión de “desarrollar aceleradamente los negocios más favorables para la Corporación y para el país”. Esta oportuna decisión permitió generar nuevos lineamientos para ajustar mejor las estrategias de investigación y alcanzar con mayor efectividad los objetivos propuestos por PDVSA para el proyecto Plataforma Deltana.

La empresa Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) y sus socios comerciales han contemplado desarrollar, de manera progresiva, los recursos de hidrocarburos líquidos y gasíferos no asociados de la Plataforma Deltana ubicados en aguas territoriales venezolanas del océano Atlántico, al noreste de las costas del delta del río Orinoco y al sur del límite internacional con Trinidad y Tobago. Las expectativas de desarrollo y la extracción de gas en esta región costa afuera exigirá en un futuro la construcción de infraestructura, así como una intensa actividad logística marina y terrestre, con la prestación de numerosos servicios de apoyo, concentrados fundamentalmente en la producción de volúmenes significativos de hidrocarburos gaseosos, en cantidad tal que permita la viabilidad de los proyectos requeridos para la producción, tratamiento, transporte, procesamiento y colocación de productos en los mercados.

El desarrollo de los bloques en la Plataforma Deltana en función de la estrategia planificada, la cual está alineada a los principios del Plan Rector, está asociado a la ejecución de los siguientes proyectos principales:

- **Sistema de Transporte Plataforma Deltana-Güiria:** este gasoducto deberá diseñarse con capacidad tal que permita la transmisión del volumen de gas requerido para producir GNL; además de la capacidad requerida para satisfacer la demanda del mercado interno venezolano.
- **Proyecto Centro de Industrialización del Gas Gran Mariscal de Ayacucho (Cigma):** involucra el acondicionamiento, delimitación y parcelamiento del terreno, vialidad, urbanismo, seguridad, autorizaciones, permisos, contratos y, en general, todo lo necesario para permitir el asentamiento seguro y permanente de plantas de licuefacción de gas e industrias conexas.
- **Sistema de Transporte al Mercado Interno:** permitirá segregar volúmenes de gas hacia el mercado interno, en función del balance local. La capacidad de este gasoducto dependerá de la entrada en operación de proyectos importantes sobre todo en el sector industrial y eléctrico y de las demandas de inyección para recuperación secundaria de crudo, las cuales son mayoritarias en el oriente del país.





- **Proyecto Mariscal Sucre (PMS):** consiste en la potencial disponibilidad de gas procedente de las áreas costa afuera del norte del estado Sucre y este de la Isla de Margarita, el cual estaría también dirigido a la licuefacción de gas en el Cigma.

La propuesta del desarrollo petrolero y de gas costa afuera, previsto en la región nororiental del país en aguas poco profundas sobre la plataforma continental, se sitúa en áreas de ecosistemas tropicales frágiles y en su mayor parte desconocidos todavía. Las características de este ambiente marino, obligan a PDVSA y a sus empresas socias para el desarrollo petrolero gasífero de la Plataforma Deltana, a poner en práctica una gestión ambiental que por una parte, prevea la contaminación marina producto de sus operaciones, y por la otra, apunte al establecimiento, por parte de las instituciones gubernamentales que corresponda, de disposiciones legales que controlen el aprovechamiento pesquero que ocurre en el área.



Los estudios realizados en esta región de Venezuela son escasos, siendo discontinuos en el tiempo y el espacio, aunque se conocen algunos aspectos, la información sigue siendo fragmentaria o inexistente. Sin embargo, en una primera fase del esfuerzo de generar información, en el marco de las investigaciones geoambientales conducidas en el denominado proyecto Frente Atlántico, iniciativa de PDVSA con el concurso de la Armada de la República Bolivariana de Venezuela y de las universidades públicas nacionales, se avanzó sólidamente en dicha dirección, cubriéndose de manera parcial unos treinta aspectos o componentes del conocimiento en dicha región. Sobre la base de esas investigaciones realizadas en el Frente Atlántico venezolano en el período 2001-2002, se evidencia que se trata de áreas marinas fértiles en donde comienza la cadena trófica, debido a su riqueza en nutrientes y en fitoplancton^{1,2}.

Desde el punto de vista de la diversidad biológica en general y de los integrantes del componente marino en particular, estas áreas son de una extremada riqueza y exhiben una elevada complejidad estructural en sus comunidades, existiendo una amalgama de componentes continentales y marinos que se entrelazan permanentemente de acuerdo al flujo de agua de los grandes ríos y de las influencias netamente oceánicas.

Igualmente, es de importancia estratégica considerar en el marco referencial, la presencia de varias áreas naturales protegidas, como son los Parques Nacionales Península de Paría, Turuépano y Delta del Orinoco "Mariusa" y la Reserva de Biosfera Delta del Orinoco, la única de este tipo en el país, y que incluye un área marina, las cuales protegen hábitats de importancia crítica para una gran parte de las especies de flora y fauna.

En los casos del Golfo de Paría y delta del río Orinoco, no se han generado estudios sistémicos de las comunidades bentónicas, a pesar de poseer un extenso y variado frente costero, por lo que el conocimiento es escaso, aislado y muy fragmentado, lo que explica la carencia de información consolidada en torno a su distribución, biología y ecología. Sin embargo, se reconoce una intensa actividad pesquera en la zona, lo cual sugiere la presencia de una comunidad béntica diversa, la cual debiera estar siendo aprovechada como fuente de alimento, por las especies de la ictiofauna que habitan allí. En cuanto al uso de los hábitats y el desplazamiento de estas especies en ellos, es característico que la mayoría de los miembros de estos grupos animales migren eventualmente hacia el Golfo de Paría para completar alguna etapa de los ciclos vitales respectivos.

Dicho desarrollo futuro de hidrocarburos requirió en consecuencia de la realización de un estudio de Línea Base Ambiental (LBA), que fué ejecutado en un plazo de dieciocho meses, desde septiembre de 2004 hasta marzo de 2006. Dicho estudio fue solicitado por la Gerencia de Plataforma Deltana de PDVSA, a través de la Gerencia de Seguridad, Higiene y Ambiente a Funindes-USB (Intecmar), con el objetivo general de describir las condiciones actuales, en términos de calidad y nivel de intervención que presentan los diversos componentes de los ecosistemas que integran el área de estudio. Para ello se realizaron dos campañas que consideraron los períodos de condiciones climáticas relevantes en la región (época seca y lluviosa), en donde participaron 77 investigadores, personal técnico y de apoyo provenientes de 12 universidades, fundaciones e institutos del país, invirtiéndose más de 33.000 horas/hombre de trabajo.

La ejecución de la Línea Base Ambiental Plataforma Deltana (LBAPD) permitió satisfacer los requerimientos de información necesarios para los estudios de impacto ambiental previstos para las fases de desarrollo de los campos en su etapa de producción. De esta forma se cumplieron los requerimientos establecidos por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MinAmb), previstos en las Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles a Degradar el Ambiente (Decreto 1.257 de 1996) y al mismo tiempo, la información generada será utilizada como insumo para el diseño y mantenimiento de la infraestructura de producción y para una gestión ajustada a la realidad ambiental de la región.

La presente publicación, tiene el propósito de sintetizar los resultados finales de los análisis de muestras tomadas durante los cruceros oceanográficos y litorales de las dos campañas realizadas, incluyendo la información completa de las distintas metodologías y protocolos empleados para la colecta de las muestras y los organismos, así como durante las mediciones de las variables oceanográficas, físico-químicas, ambientales y biológicas, tanto de la columna de agua como de los sedimentos.

Finalmente, cabe destacar que este proyecto tuvo resultados que van más allá de los que se esperaría en un estudio de esta naturaleza, debido a la forma como fue concebido y ejecutado. Resultó imperativo, que tanto los investigadores, como los planificadores y ejecutores finales, conformaran un grupo multidisciplinario e interinstitucional consolidado, que actuando en sinergia propiciaron el intercambio de ideas, conocimientos, experiencia, mejores prácticas, experticia y resultados a lo largo del estudio. Nuevamente, PDVSA cambió de paradigma, al asignar tan importante proyecto a las universidades públicas del estado venezolano, en donde nuestros investigadores han sabido estar a la altura del reto, conformando un equipo compuesto por un conjunto de expertos nacionales e internacionales de alto nivel en los aspectos que abarca este estudio a fin de garantizar resultados de excelente calidad, con la participación de las instituciones regionales con capacidades definidas y experiencia comprobada.

Al culminar la presente Línea Base, con una gestión a nivel de los más altos estándares internacionales, se ratifica el compromiso de generar y fortalecer una red de investigadores costa afuera, que será el núcleo en los futuros estudios que la nación venezolana decida realizar en el ámbito de influencia de los proyectos de desarrollo de gas y petróleo en áreas costa afuera del país. ■



REFERENCIAS

1. Gómez y col., 2005a
2. Gómez y col., 2005b

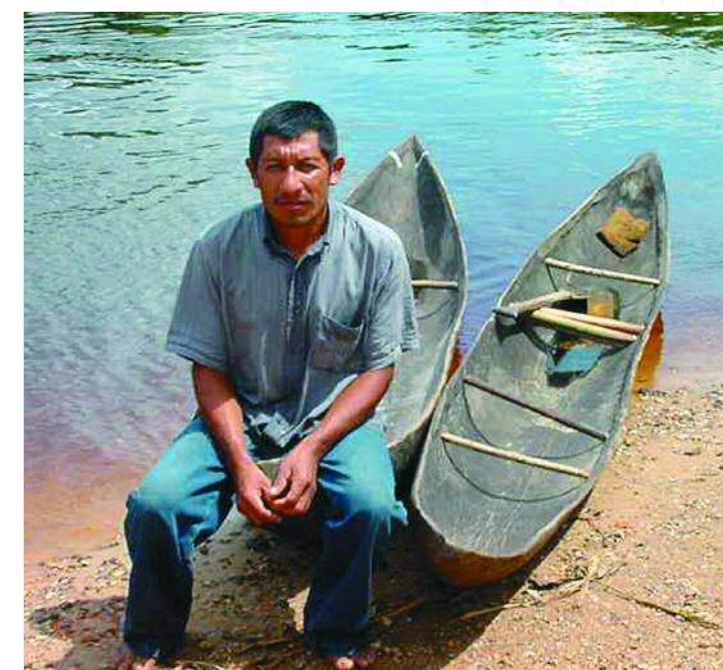
OBJETIVOS

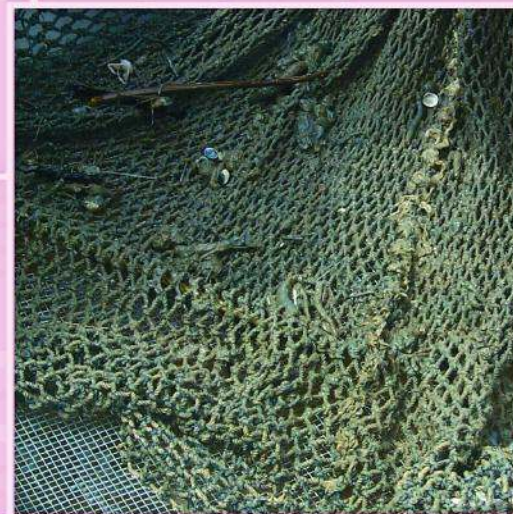


OBJETIVOS

Los fines de cumplir con la visión general antes mencionada, la Gerencia del Proyecto Plataforma Deltana de PDVSA y sus socios, Chevron y Statoil, responsables del desarrollo gasífero en los bloques 2-3 y 4 respectivamente, plantearon los siguientes objetivos específicos a ser satisfechos en la ejecución de la LBAPD:

- Determinar las características meteorológicas y oceanográficas predominantes en el ambiente marino de influencia directa e indirecta del desarrollo hidrocarburífero en la Plataforma Deltana. Esta información es de relevante consideración, tanto en los diseños de la infraestructura necesaria para el manejo de la producción petrolera y de gas costa afuera como para la elaboración de los planes de contingencia, en caso de eventos de derrames, incendios y/o explosiones.
- Estimar la calidad del aire en el área del delta del Orinoco potencialmente receptora de emisiones contaminantes procedentes de las operaciones de producción en los bloques de la Plataforma Deltana.
- Medir las condiciones actuales del agua y de los sedimentos marinos superficiales mediante la determinación in situ y en laboratorio, de las variables físicas, químicas y biológicas que por una parte, caracterizan el ambiente físico-natural objeto de estudio y por la otra, son susceptibles de ser alteradas de manera significativa por las actividades de producción y transporte de gas.
- Identificar, en función de los impactos significativos que generaría la actividad gasífera sobre el ambiente marino considerado, aquellas variables o relaciones funcionales entre ellas, vulnerables en mayor escala a la actividad gasífera. Esta identificación es importante para la decisión por parte de los proyectos que se instalarán en el área de estudio, respecto a opciones tecnológicas y mejores prácticas operacionales, a los fines de generar mínima alteración en los recursos naturales caracterizados.
- Describir a partir de las variables físico-naturales estudiadas, posibles indicadores a ser monitoreados y poder valorar la eficiencia y efectividad de las opciones tecnológicas y mejores desempeños operacionales puestos en práctica por las distintas empresas petroleras que operarán en el área de estudio. ■





METODOLOGÍA

El límite geográfico de la LBAPD se fijó en función de la localización de las actividades de producción futura de gas; las cuales comprenden el transporte de este fluido, desde el área de producción hasta Güiria (Cigma), y de la trayectoria y destino final de potenciales derrames de hidrocarburos en el área de producción, de acuerdo a las corrientes marinas predominantes.

De acuerdo a las proyecciones actualmente disponibles, fundadas en estudios sobre la potencialidad productiva de estos campos y a los fines de preparación de este desarrollo, se estableció un área de cerca de 9.500 km² para el área de producción, delimitada por un polígono que se extiende al sur de la frontera marina entre Venezuela y Trinidad y Tobago y en profundidades de agua que van desde 60 hasta 1.500 metros aproximadamente.

ÁREA DE ESTUDIO

PDVSA, de manera conjunta con los investigadores participantes en el proyecto, definió como área de estudio, a los efectos de la LBAPD, el espacio que incluye la plataforma continental venezolana frente al delta del Orinoco, entre Boca Grande y Pedernales, a profundidades que oscilan entre la costa y 1.000 metros aproximadamente y que incluye los cinco bloques de producción, así como la proyección del corredor de tuberías sobre el Golfo de Paria con un ancho de dos kilómetros a ambos lados del eje central del tendido y desde Boca de Serpiente hasta la intercepción con la línea de costa en Güiria (Figura 1). El área de estudio cubrió una superficie aproximada de 23.275 km², conteniendo un volumen de masa de agua marina y estuarina de 4.036.259 millones de metros cúbicos.

CAMPAÑAS DE MUESTREO

De igual forma se estableció, de manera definitiva sobre el área de estudio, una red de muestreo conformada por 57 estaciones para los componentes relacionados al agua, los sedimentos y la biota; y una estación para los componentes de la calidad del aire. En tal sentido, se generó un mapa (Figura 2) donde se plasmaron y reubicaron las estaciones de muestreo propuestas en el taller de arranque del proyecto, celebrado en la ciudad de Cumaná entre los días 28 y 29 de septiembre de 2004.

La distribución de las estaciones de muestreo se planteó por grandes sectores, a saber: Golfo de Paria, Boca de Serpiente y Plataforma Deltana; siendo éste último sector subdividido en tres zonas de acuerdo a su profundidad: Litoral (con profundidades hasta los 50 m), Nerítica (entre 50 y 100 m) y Oceánica (con profundidades mayores a 100 m). La distribución espacial de las estaciones fue la siguiente (Figura 3):

- **Golfo de Paria:** comprende las estaciones 1 a la 6, ubicadas dentro del golfo y que abarca un área aproximada de 4.845 km² y una masa de agua con un volumen cercano a 76.452 millones de metros cúbicos.
- **Boca de Serpiente:** agrupa las estaciones desde la 7 a la 13 y que abarca un área aproximada de 1.246 km² y una masa de agua con un volumen cercano a 17.983 millones de metros cúbicos.

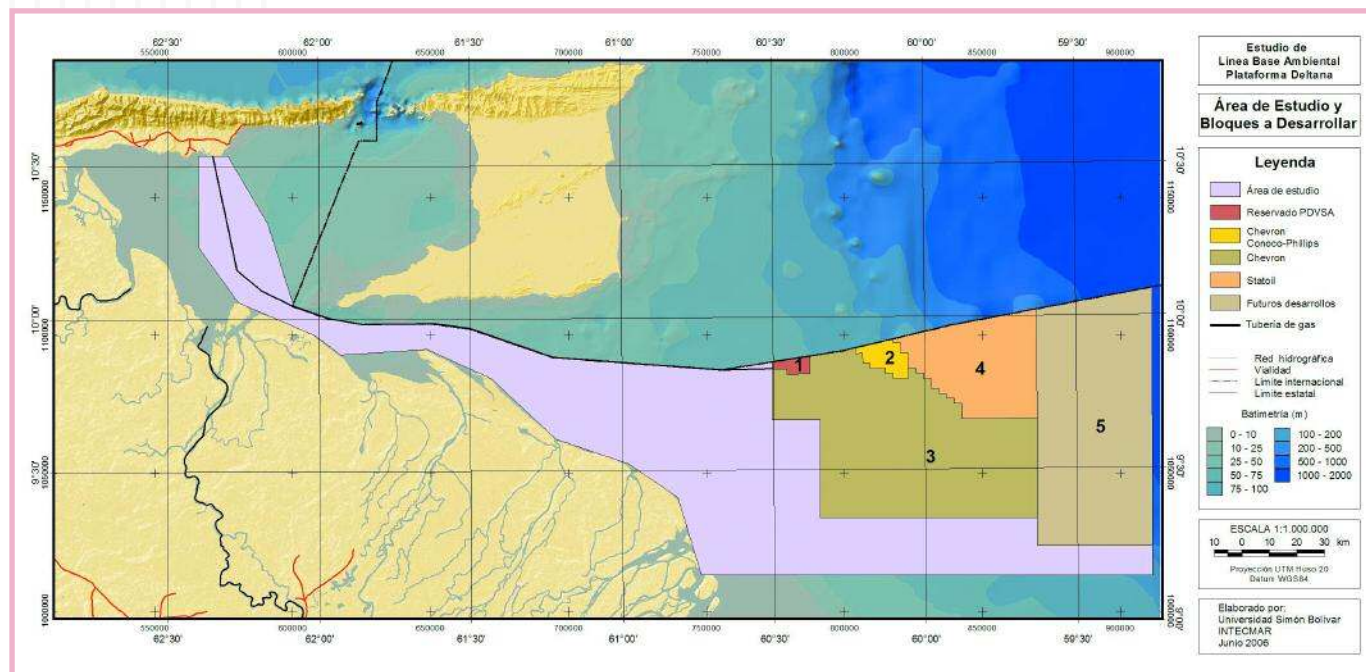


FIGURA 1 Área de estudio a los efectos de la Línea Base Ambiental Plataforma Deltana (LBAPD) y ubicación de los bloques a desarrollar

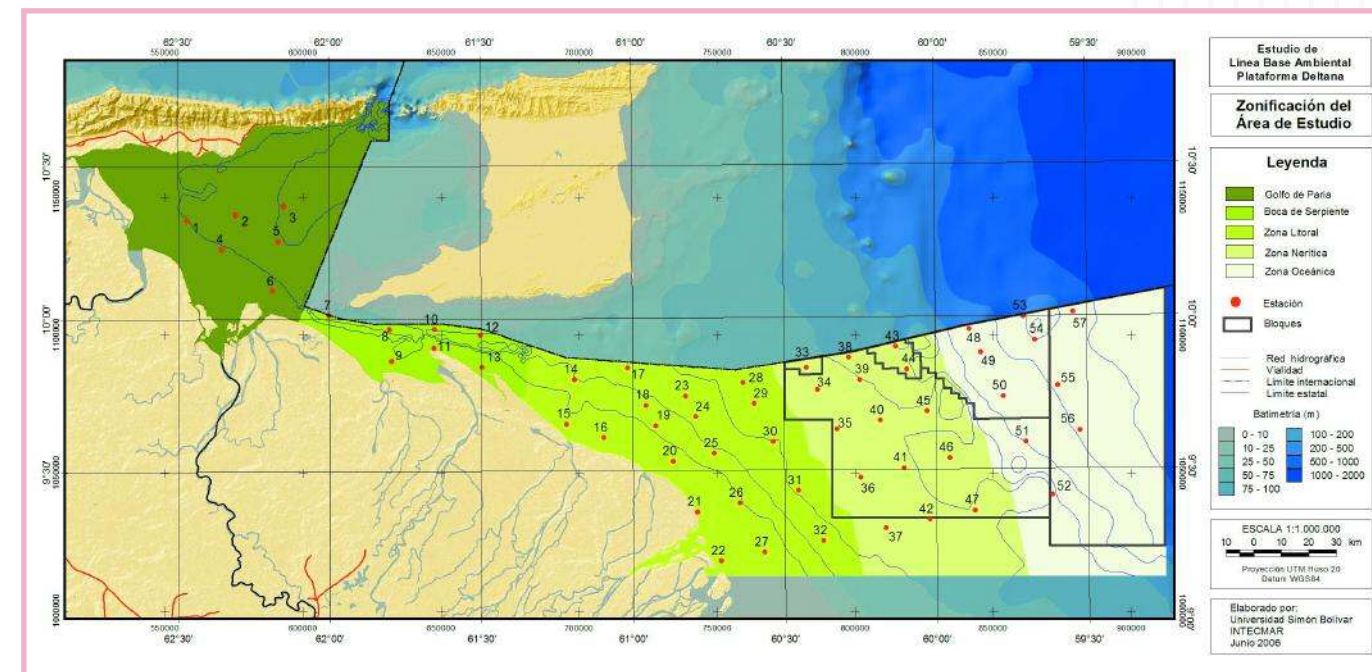


FIGURA 3 Zonificación del área de estudio a los efectos del estudio de Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

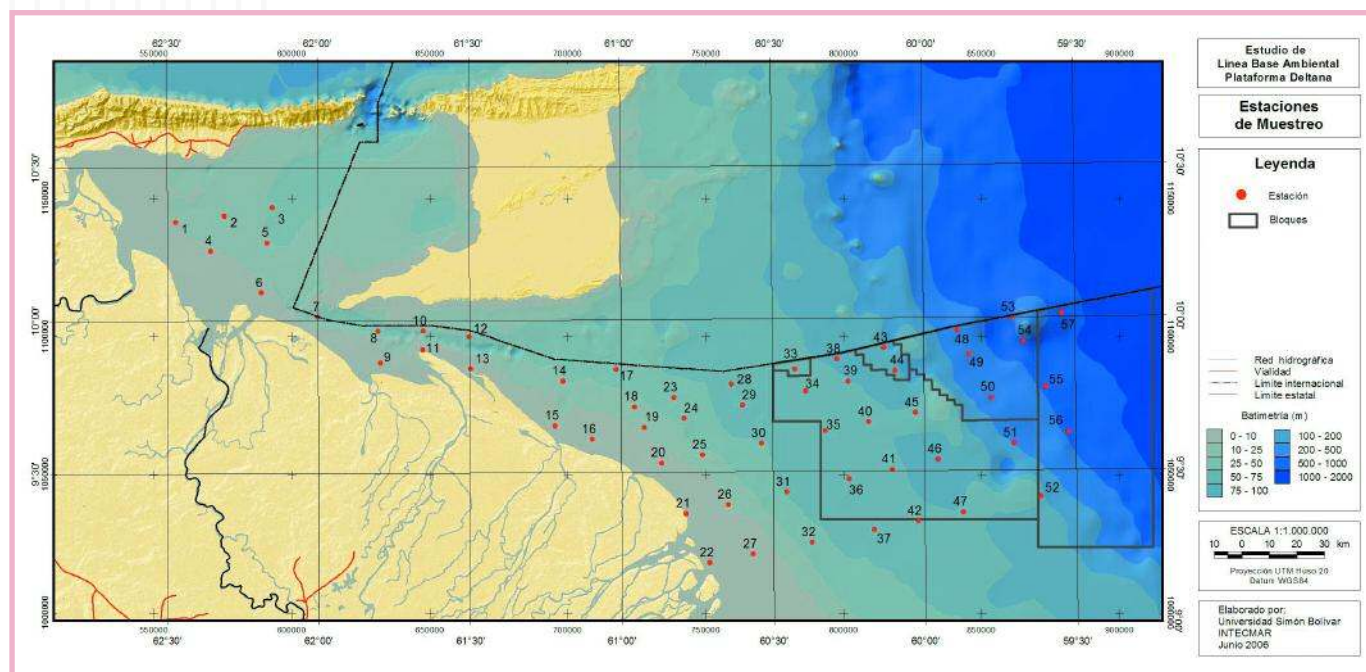


FIGURA 2 Plan de estaciones acordadas indicando además los polígonos de los bloques de exploración

- **Plataforma Deltana Litoral:** aquí se encuentran las estaciones comprendidas entre la 14 y 32; la cual abarca un área aproximada de 5.618 km² y una masa de agua con un volumen cercano a 150.802 millones de metros cúbicos.
- **Plataforma Deltana Nerítica:** comprende las estaciones entre la 33 y 47, abarcando un área aproximada de 5.121 km² y una masa de agua con un volumen cercano a 362.118 millones de metros cúbicos.
- **Plataforma Deltana Oceánica:** que abarca las estaciones 48 a la 57 y con un área aproximada de 6.446 km² y una masa de agua con un volumen cercano a 3.428.904 millones de metros cúbicos.

Dentro de las veinticuatro estaciones ubicadas en la Plataforma Deltana, encontramos que la distribución de las mismas dentro de los bloques de exploración, quedó de la siguiente manera:

- **Bloque 1:** una estación, correspondiente a la número 33.
- **Bloque 2:** dos estaciones, correspondientes a los números 43 y 44.
- **Bloque 3:** doce estaciones, correspondientes a los números 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 47 y 51.
- **Bloque 4:** cinco estaciones, correspondientes a los números 48, 49, 50, 53 y 54.
- **Bloque 5:** cuatro estaciones, correspondientes a los números 52, 55, 56 y 57.

Las veinte estaciones restantes están fuera de los bloques especificados, particularmente entre la región del delta del río Orinoco y los bloques de exploración.

A los efectos del proyecto se diseñaron campañas específicas de muestreo para los componentes que fueron evaluados, partiendo de la premisa de lograr la mayor eficiencia en la utilización de los recursos dispuestos por PDVSA sin menoscabar la calidad y requisitos de información necesarios para una investigación de esta envergadura. En tal sentido, se definieron campañas que abarcaron los dos períodos climáticos más relevantes de la zona evaluada, la primera para evaluar el período lluvioso (aguas altas), denotándose en todos los casos como LBAPD-01, y la segunda para evaluar el período de sequía (aguas bajas), denotada en todo los casos como LBAPD-02.

CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE (LBAPDAIRE)

La calidad de aire en una zona, y como consecuencia los efectos inducidos sobre la misma, son función directa de la cuantía de la emisión y de los fenómenos de transporte y dispersión que tengan lugar en la atmósfera sobre los penachos que conforman los gases y las partículas

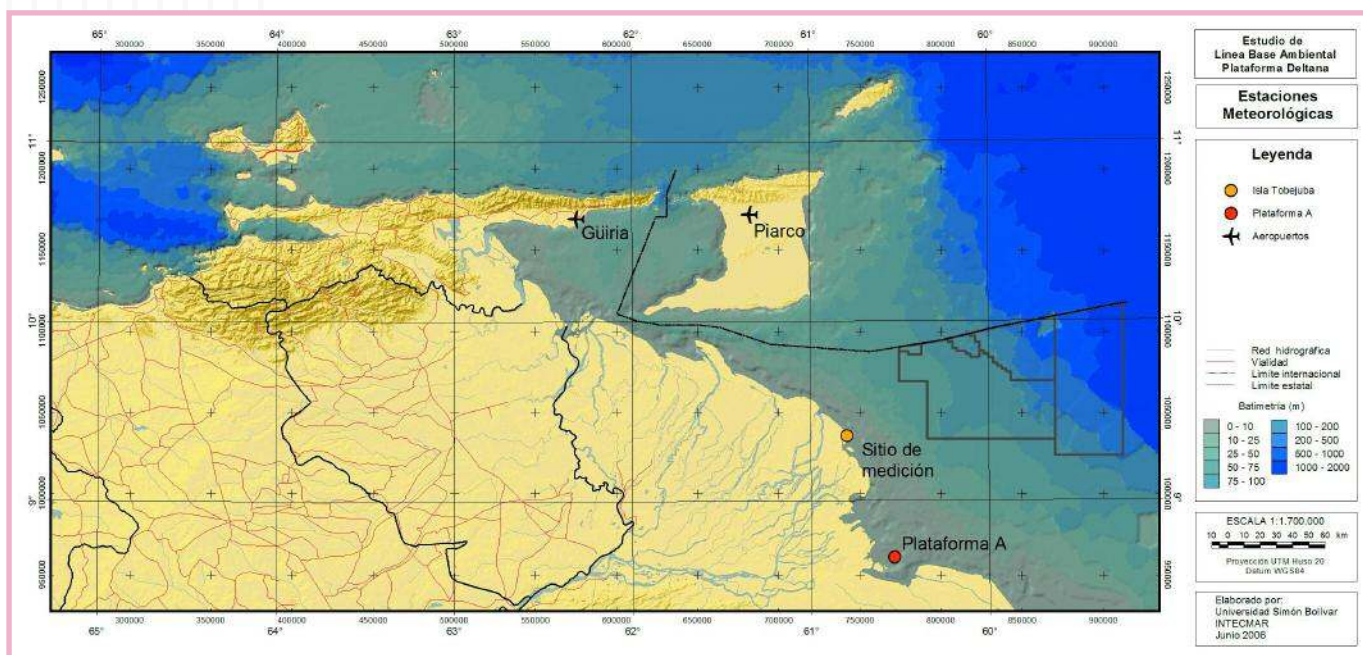


FIGURA 4
Ubicación de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio

emitidas por un foco contaminante. La evaluación de los parámetros asociados a la calidad del aire, en función a la actividad a realizar en la Zona de Influencia, se relacionó al Decreto n° 638 “Normas sobre Calidad de Aire y Control de la Contaminación Atmosférica”.

El establecimiento de la estación de muestreo para las mediciones de la calidad de aire pasó por una evaluación y modelación previa, necesaria para la determinación del lugar más adecuado para su medición.

En tal sentido, se seleccionaron los mechurrios como las fuentes más importantes de emisión de contaminantes; por considerarse, que en caso de emergencia, será por allí por donde saldrán la mayor parte de las emisiones. Dentro de la metodología diseñada para estimar las concentraciones de contaminantes viento abajo, fue utilizada como herramienta de cálculo el modelo Iscst3, el cual es un modelo matemático de tipo “Gaussiano”, de estado permanente, desarrollado por la United States Environmental Protection Agency (Usepa), como modelo preferido para determinar el impacto de emisiones provenientes desde múltiples fuentes. Adicionalmente, las emisiones de contaminantes provenientes de las operaciones de los bloques fueron estimadas con base a dos premisas: 1) el gas a quemarse por los mechurrios es gas natural, como el obtenido de las pruebas del pozo Loran, realizadas por PDVSA; y 2) se ha supuesto que el escenario a analizarse es el caso direccional, con un volumen de producción de 1.000 mmpcd. Igualmente se ha supuesto, que de acuerdo con la composición del gas, el principal contaminante serían los NO_x, los cuales se han escogido como trazador para estas corridas preliminares. Se trabaja igualmente con datos característicos de las plataformas de perforación trabajando en el mar del Norte. Los datos meteorológicos que requiere el modelo se obtuvieron de Intevep, quien entre 1977 y 1979 midieron valores de celeridad y dirección de los vientos. Estos valores se midieron en una plataforma ubicada cerca de la costa frente a Boca Grande (delta del río Orinoco). Se adquirieron igualmente, los datos de Meteorología de las estaciones más cercanas (Güiría - Venezuela; aeropuerto de Piarco - Trinidad) a los fines de reafirmar la modelación.

Se estableció una línea base con una estación (Figura 4), ubicada de acuerdo a las exigencias establecidas en las Normas Venezolanas Covenin 2060-96 “Determinación de la Concentración de Partículas Totales Suspendidas en la Atmósfera (PTS)”. Las consideraciones

para la ubicación de la estación de muestreo, partieron de las simulaciones realizadas y de una evaluación logística de campo. La estación fue ubicada en la isla más cercana a la perforación en la Plataforma Deltana (isla Tobejuba), ubicada en las coordenadas UTM 1.035.000 N - 725.000 E sobre dos cuerpos de andamio a una altura de tres metros del piso (Figura 5).

El estudio de calidad de aire tuvo un lapso de muestreo superior a los veinte días en cada campaña; las cuales fueron realizadas en el periodo de tiempo abarcado entre los días 26/08/05 al 16/09/05, correspondiente al periodo lluvioso (LBAPD_{aire}-01), y entre los días 26/01/06 al 15/02/06, correspondiente al periodo de sequía (LBAPD_{aire}-02). La toma de datos se realizó con una frecuencia de una toma de muestra diaria, cada veinticuatro horas, con una cantidad de muestras efectivas de veintiuna.



FIGURA 5
Estación de muestreo para evaluación del aire

Los equipos y el personal necesarios, para la ubicación de la estación de muestreo en la localidad indicada, fueron suministrados por la empresa Hidrolab Toro Consultores C.A., bajo la coordinación del responsable del componente. Ambas campañas se realizaron usando apoyo de embarcaciones locales, para el traslado de los equipos y el personal a la ubicación de la estación de muestreo. La logística necesaria para el traslado y sustento del personal, en esa remota localidad, fue proporcionada por empresas nacionales de la zona.

Los parámetros del estudio de calidad de aire fueron medidos a través de una estación meteorológica ubicada en el punto de muestreo anteriormente indicado (isla Tobejuba). Esta estación fue expresamente instalada para medir los siguientes parámetros:

- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Temperatura ambiente
- Presión atmosférica
- Precipitaciones

Para las caracterizaciones Hidrolab Toro Consultores C.A. utilizó un Tren de Muestreo y Métodos de Análisis aprobados por la Usepa, muchos de los cuales han sido adaptados como norma venezolana Covenin y aceptados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MinAmb), para la determinación de cada uno de los parámetros exigidos.

El estudio de calidad de aire toma en cuenta la actividad realizada en la zona a evaluar para definir los principales contaminantes que afectan el área. En la Tabla 1 se describen los contaminantes analizados en este estudio.

CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, DE LOS SEDIMENTOS Y DEL ENTORNO BIOLÓGICO (LBAPD)

Para llevar adelante las campañas de muestreo, se elaboró un detallado plan de trabajo en función de la logística y de la seguridad. Cada campaña de muestreo fue subdividida en dos cruceros: uno que denominaremos “Crucero Litoral”, que cubre las estaciones por debajo del rango de seguridad de 10 m de la plataforma principal de muestreo, y otro como “Crucero Oceánico” que cubre todas las estaciones por encima de ese rango.

Cada campaña cubrió las 57 estaciones de muestreo (Figura 2). Del total, 49 estaciones correspondieron a aguas superiores a 10 m y fueron evaluadas a bordo de un buque oceanográfico. Las ocho restantes estuvieron localizadas en el margen costero, y para su muestreo

Contaminantes gaseosos evaluados

Variable evaluada	Descripción	Fuentes principales	Método de captación/análisis
Partículas totales suspendidas (PTS)	Sólidos o líquidos con diámetros entre 0,002 a 100 µm. Aerosoles: suspensiones relativamente estables de partículas sólidas o líquidas en un gas. Clasificación: · Polvos · Nieblas-bruma · Humo · Humo metálico	Quema de leña, diesel y otros combustibles, plantas industriales, agricultura (arado, quema de campos); caminos sin pavimentar, etc.	Muestreo y análisis por Covenin 2060-96. Determinación de la concentración de partículas totales suspendidas en la atmósfera (PTS)
Dióxido de azufre (SO ₂)	Gas incoloro, de olor picante e irritante en concentraciones mayores a 3 ppm. 2,2 veces más pesado que el aire	Combustión de derivados del petróleo azufrados y quema de carbones	Muestreo y análisis por la Usepa 600/4-77, para la determinación de dióxido de azufre. Método pararosanilina
Óxidos de nitrógeno (expresados como NO _x)	El dióxido de nitrógeno (NO ₂) es un gas pardo rojizo, no inflamable, tóxico. El óxido nítrico (NO) es un gas incoloro. Estos dos gases se representan conjuntamente como NO _x	• Natural: Procesos biológicos en suelos, oxidación del NO natural. • Antropogénica: Combustión a altas temperaturas	Muestreo y análisis. Método del Arsenio de Sodio, Covenin, método 1717-82. Determinación de dióxido de nitrógeno
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	Gas incoloro, de olor inofensivo, sabor algo dulce, soluble en agua y alcohol	• Subproducto en las refinerías de petróleo. • Impurezas propias del gas natural.	Determinación de sulfuro de hidrógeno (SM 701)
Monóxido de carbono (CO)	Gas incoloro, inodoro e insípido. Es inflamable y arde con llama azul. Presenta gran toxicidad	Procesos de combustión incompleta de cualquier combustible. Industrias siderúrgicas, químicas y petroquímicas, emisiones de automóviles	Monóxido de carbono. Infrarrojo no dispersivo usando monitor marca Horiba, Modelo APMA-360

TABLA 1

se implementó una logística independiente del buque, usando embarcaciones tipo lanchas o peñeros proporcionadas por empresas nacionales de la zona.

La primera campaña oceanográfica de muestreo fue realizada entre los días 20 al 31 de octubre, simultáneamente con la campaña litoral entre los días 25 al 30 de octubre de 2004, abarcando las estaciones definidas previamente en los tres grandes sectores. La segunda campaña oceanográfica se realizó entre los días 28 de mayo a 09 de junio, simultáneamente con la litoral que se realizó del 06 al 10 de junio de 2005.

FIGURA 6

Buque Oceanográfico Hermano Ginés



Plataforma de muestreo

Los cruceros oceanográficos se realizaron a bordo del Buque Oceanográfico Hermano Ginés (Flasa-Edimar), en el cual se dispuso de un manual con los protocolos para la toma de las muestras de agua, sedimentos y organismos (Figura 6). En cada campaña, el personal científico estuvo conformado por once participantes. Estos profesionales conformaron dos grupos de trabajo, los cuales fueron responsables de las actividades de muestreo en turnos de ocho horas (doce horas de labor diaria). En la primera campaña, y como parte de la tripulación científica, se incorporó a bordo un representante de la empresa ABSG Consulting, quien compartió su tiempo en ambos grupos, a los fines de certificar y auditar el proceso de captación de las muestras, los intentos realizados, el estado del tiempo, etc. Para la segunda campaña, ese puesto fue utilizado para un profesional que colaboró en todas las actividades.

Los cruceros litorales se realizaron a bordo de embarcaciones tipo peñero, cuya logística era netamente local (Figura 7), en las cuales se dispuso de un manual con los protocolos para la toma de las muestras de agua, sedimentos y organismos. El personal científico quedó constituido por seis

FIGURA 7

Embarcaciones de apoyo local

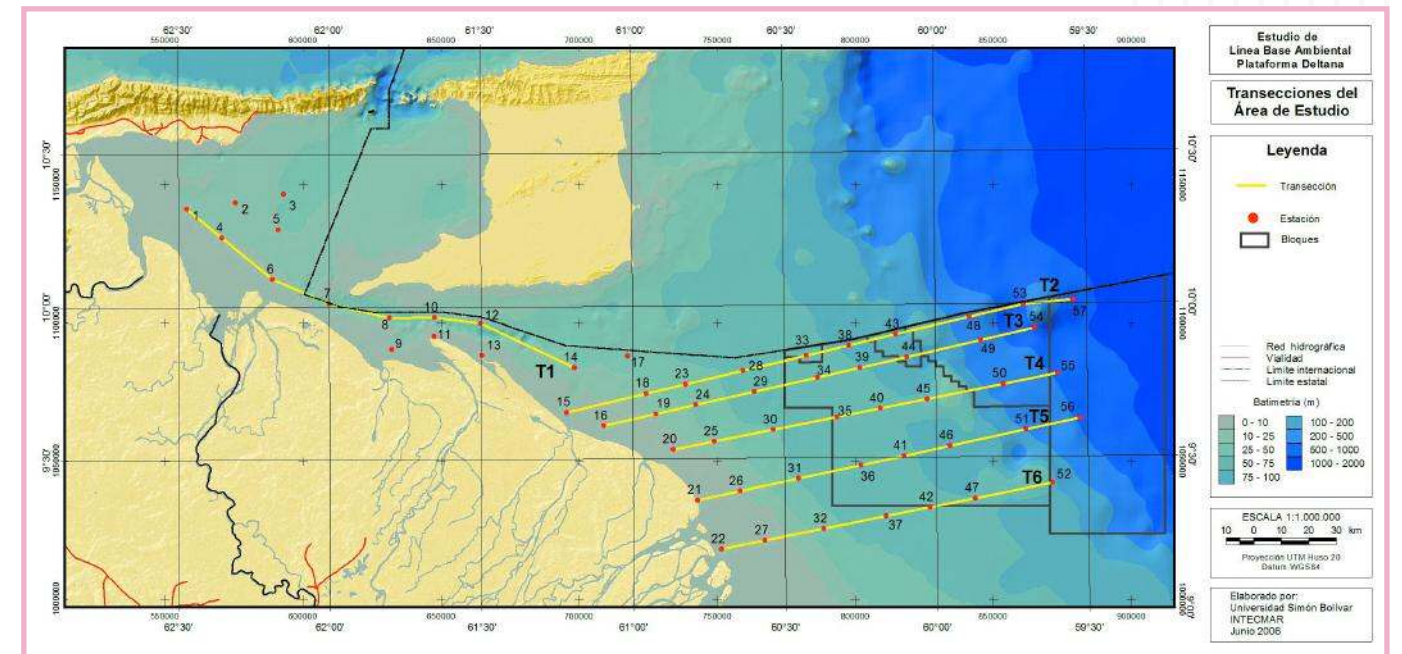


FIGURA 8

Transecciones sugeridas para el análisis del área de estudio

investigadores responsables de las actividades a realizar. Las actividades se realizaron en el horario diurno y fueron altamente dependientes de los cambios de mareas en la zona.

Muestreos en agua

La captura de las muestras en la columna de agua se realizó de acuerdo a criterios previamente establecidos, a saber:

a) Aspectos hidrográficos

La sección hidrográfica examinó las variables temperatura y salinidad, las cuales constituyen las propiedades físicas más importantes del agua de mar. Ellas, junto a la presión determinan la densidad, de la cual a su vez, depende toda la dinámica interna de los mares y océanos. Casi toda nuestra comprensión del funcionamiento de la circulación de los mares y océanos se ha hecho en base a estos dos parámetros, de manera que, siguiendo la tradición oceanográfica, en este estudio se describió primordialmente su relación.

Se realizó la adquisición de información básica de calidad del agua en el perfil de profundidad con los sensores del sistema CTD Seabird Electronics modelo SB19, del B/O Hermano Ginés de la Fundación La Salle. El sistema de sensores permitió examinar el perfil vertical de variación de las variables: presión, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, conductividad y fluorescencia. Los datos objeto del reporte provienen de las 49 estaciones oceanográficas que fueron evaluadas e incluyen, adicionalmente, las variables de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto medidas en las ocho estaciones evaluadas durante el crucero litoral. Con el fin de verificar la calibración de la sonda multi-paramétrica se contempló la captación de un grupo de muestras para la medición en el barco de los mismos parámetros; pero utilizando otros equipos portátiles. Este conjunto de muestras representó el 30% de las estaciones establecidas.

b) Aspectos físico-químicos

Las variables físico-químicas de la zona de estudio se examinaron a través de las 57 estaciones de la campaña oceanográfica, organizadas en los tres sectores de estudio evaluados (Figura 3) y, adicionalmente, en aproximadamente seis transecciones (Figura 8).

FIGURA 9
Detalle de la roseta de botellas Niskin con sensores



La primera sección ocupa las aguas internas del Golfo de Paria y el canal de entrada por Boca Serpiente, las restantes cinco secciones cortan la plataforma continental, iniciándose justo en la costa y extendiéndose hasta la estación más alejada al Este.

En ambos cruceros, las variables del agua se midieron a partir de muestras colectadas con las botellas Niskin; en el caso del crucero oceanográfico las mismas se encuentran incorporadas en una estructura de roseta al que se encuentra adosada la sonda con sensores multiparamétricos (Figura 9). En el caso del crucero oceanográfico, la roseta usada permitió colectar muestras líquidas, a profundidades pre-programadas, de cuyo análisis se establecieron los perfiles verticales de nutrientes y otros constituyentes del agua de mar.

En el recorrido por las estaciones de muestreo, tanto las litorales como oceánicas, se analizaron un total de 143 estratos de profundidad repartidos de la siguiente manera:

Rango de profundidad (m)	Estrato muestreado
0 < 10	Superficie
10 < 50	Superficie y fondo
50 < 100	Superficie, medio y fondo
100 < 750	Superficie, 50 m, 100 m, 175 m, 250 m, 350 m, 450 m, 550 m, 650 m y fondo

Para la evaluación de componentes orgánicos en el agua, las muestras fueron colectadas de forma independiente al sistema roseta-CTD. Las mismas fueron directamente captadas en frascos de vidrio de boca ancha de un litro de capacidad y a nivel superficial; tomándose dos muestras de agua en cada estación.

Por campaña de muestreo se analizó un volumen cercano a los 1.000 litros de agua de mar a los fines de evaluar su calidad; tomándose de seis a siete litros por profundidad analizada, los cuales fueron repartidos para los análisis que se detallan a continuación (Tabla 2):

Análisis realizados en las muestras de aguas captadas

Variable evaluada	Descripción / método de evaluación	Precisión (error)	Referencias
Salinidad	Salinómetro de inducción marca Kahlsico modelo (118 WC 200)	± 0,001	Unesco (1981a,b) Lewis y Perkin (1981)
Oxígeno	Método de titulación de Winkler con detección visual de la titulación	(1%)	Carpenter (1965) Carrit y Carpenter (1966) Aminot y Chaussepied (1983)
pH	Potenciómetro marca Digimeg DM-21	± 0,01	
Armonio	Método descrito por Koroleff y medido a 640 nm en un espectrofotómetro Jenway 6300	± 0,01 µmol/L	Koroleff (1969)
Fosfato	Método de Murphy-Riley y medido a 885 nm en un espectrofotómetro Genesis 8	± 0,01 µmol/L	Murphy y Riley (1962) Strickland y Parsons (1972)
Nitrito	Método colorimétrico de Bendschneider-Robinson y medido a 543 nm en un espectrofotómetro Genesis 8	± 0,01 µmol/L	APHA-AWWA-WPCF (1992) Bendschneider y Robinson (1952) Strickland y Parsons (1972)
Nitrato	Método por reducción por cadmio con sistema autoanalizador Technicon II según el método descrito por Tréguer y Le Corre	± 0,01 µmol/L	APHA-AWWA-WPCF (1992) Tréguer y Le Corre (1975) Wood y col. (1976)
Nitrógeno y fósforo total	Método de oxidación simultánea de los compuestos orgánicos fosforados y nitrogenados. El nitrato y el fosfato formado se analizaron por los métodos descritos anteriormente		Valderrama (1981)
Silicatos	Se analizaron en el autoanalizador Technicon II según el procedimiento descrito por Mullin y Riley	± 0,01 µmol/L	Mullin y Riley (1955) Tréguer y Le Corre (1975)
Componente orgánico	Método de extracción según Usepa-SW846-1664A/SW846-3630C	Control / aseguramiento de calidad	

TABLA 2

c) Aspectos biológicos (comunidades planctónicas)

Se evaluaron las principales comunidades biológicas, residentes de la columna de agua para realizar estimaciones de diversidad, abundancia y composición de especies. Estas comunidades fueron evaluadas según cuatro grupos principales fitoplancton, zooplancton, macrozooplancton e ictioplancton; adicionalmente, dada la relevancia del grupo, se realizó una evaluación específica sobre los peracáridos del zooplancton. En cada una de las estaciones consideradas, las muestras para la evaluación de la composición y abundancia se colectaron tanto por captación puntual (sólo para fitoplancton) como por arrastre horizontal (todos los grupos).

El muestreo puntual del fitoplancton obedece a la realización de estimaciones de concentración de clorofila_a y feopigmentos. La misma se realizó subsuperficialmente utilizando una botella de captación tipo Van Dorn de cinco litros de capacidad (Figura 10a). Las muestras colectadas se filtraron a través de filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C de 47 mm de diámetro y 0,7 micras de poro. Los filtros se mantuvieron en oscuridad y a 4 °C hasta su posterior análisis en el laboratorio. De la misma botella de captación se tomó una muestra para la estimación de la composición y abundancia del fitoplancton, a los fines del establecimiento de relaciones con la medición de esos elementos. Para el caso de los arrastres horizontales de fitoplancton, los mismos se llevaron a cabo superficialmente y haciendo uso de una malla de 100 micras de poro y 35 cm de diámetro de boca (Figura 10b). Para la colecta se realizaron arrastres de cinco minutos de duración y a una velocidad de cuatro nudos. Las muestras así colectadas se colocaron en frascos plásticos de 500 ml y se fijaron con 4 ml de formol al 15%.

Durante el crucero oceanográfico, las muestras para los distintos componentes del zooplancton fueron obtenidas a partir de arrastres oblicuos con red de Bongo modificada (*Twin-net*) de malla de 500 µm y 300 µm de poro (Figura 10c), con 56 cm de diámetro de boca, con la cual se hicieron caladas desde cerca del fondo, a una profundidad no mayor de 100 m, hasta la superficie (0 m) durante 15 min. La velocidad de calado de la embarcación se mantuvo cerca de los dos nudos. La red estuvo equipada con un medidor de flujo marca Rigosha para permitir el cálculo de los volúmenes de agua filtrada. Durante el crucero litoral, las muestras fueron obtenidas con arrastres oblicuos de una red de malla de 300 µm de poro, con 32 cm de diámetro de boca, con la cual se hicieron caladas desde el fondo hasta la superficie durante 10 min. En ambos casos el material zooplantónico colectado fue tamizado y vertido en recipientes de plástico. Los frascos

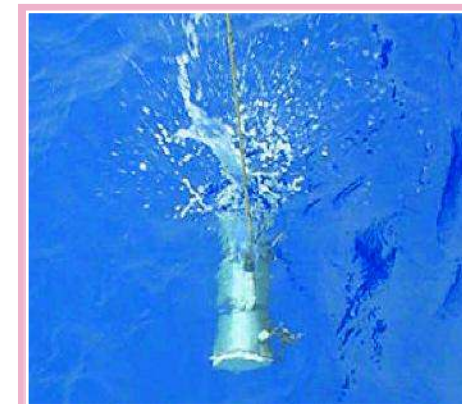


FIGURA 10
Equipos de muestreo para las comunidades planctónicas:
a) botella de Van Dorn,
b) malla para fitoplancton y
c) malla de zooplancton

fueron fijados con formaldehído diluido en agua de mar, entre un 5 a 7%, y etiquetados hasta su análisis.

La Tabla 3 resume los análisis y metodologías empleadas en cada componente:

Análisis y metodologías empleados para los diversos componentes de las comunidades planctónicas estudiadas			
Componente biológico evaluado	Tipo de análisis	Metodología empleada	
Fitoplancton	Clorofila_a y feopigmentos	Análisis cuantitativo	Método monocromático de Lorenzen (1967) leído a 665 nm en un espectrofotómetro Jenway 6300
	Diversidad, abundancia y composición de especies	Análisis cuantitativo	Las muestras fueron analizadas bajo un microscopio invertido marca Leica, siguiendo la técnica Uthermohl y utilizando cámaras de sedimentación de 10 y 25 ml de capacidad
Zooplancton	Diversidad, abundancia y composición de especies	Métodos volumétricos (volumen sedimentado)	Sedimentación en 24 en un cilindro graduado
		Métodos volumétricos (volumen desplazado)	Diferencia de volumen del material filtrado en volumen conocido
		Métodos gravimétricos (peso húmedo)	Método de Lovegrove (1966) usando una electro-balanza Navigator-Ohaus (0,0001 g)
		Análisis cuantitativo	Mediante alícuotas tomadas con una pipeta Hensen-Stempel, identificando hasta el menor taxón posible y la densidad poblacional fue expresada en (ind/m ³)
Macrozooplancton	Diversidad, abundancia y composición de especies	Métodos volumétricos (volumen sedimentado)	Sedimentación en 24 en un cilindro graduado
		Métodos gravimétricos (peso húmedo)	Peso del material filtrado
		Análisis cuantitativo	Mediante alícuotas de 2,5 ml se procedió al conteo e identificación de los organismos en una cámara de Bogorov. Se utilizaron textos básicos para la identificación de los principales grupos del macrozooplancton, tales como Tregouboff y Rose (1957), Smith (1977), Boltovskoy (1981, 1999) y Todd y Laverack (1991)
Ictioplancton	Diversidad, abundancia y composición de especies	Análisis cuantitativo	Separación en cápsulas de Petri. Identificación con los textos de Fahay (1983), Moser y col. (1984), Leis y Rennis (1985) y Beltrán y Ríos (2000). Las terminologías para la descripción de estadios larvarios es la de Hubbs (1943) y los aspectos morfológicos son utilizados según Leis y Trnski (1989)
Peracáridos	Diversidad, abundancia y composición de especies	Análisis cuantitativo	Mediante alícuotas de 20 ml se procedió al conteo e identificación de los organismos en una cámara de Bogorov. Se identificó mediante el uso de claves como las de Vinogradov y col. (1996), Fontes (1974), Montú (1994, 1998), Duarte (1994), Gonçalves de Lima (1996) y Lima y Valentin (2001). En los isópodos se utilizaron las claves de Kensley y Schotte (1989), Poore (1990) y Müller (1992). Los tanaidáceos fueron identificados mediante el programa Delta intkey 5.0, proporcionado a través de la web (www.crustacea.net). Los mysidáceos por su parte se identificaron mediante las claves de Stuck y col. (1979)

TABLA 3

Las matrices de datos correspondientes al componente biológico fueron analizadas separadamente para cada campaña de muestreo: lluvia y sequía. Los datos fueron analizados a nivel de familias, órdenes o especies de acuerdo con la comunidad particular. Se evaluaron las relaciones entre los diversos parámetros ambientales de influencia sobre la estructura de la comunidad, particularmente sobre la presencia y abundancia de los distintos grupos taxonómicos, mediante diversos análisis de correspondencia. Los mismos se realizaron considerando las estaciones bajo estudio, discriminando entre ambas campañas y posteriormente se realizaron los respectivos análisis para los distintos sectores.

d) Sensores remotos

A los fines de lograr un mayor entendimiento de la dinámica de la zona muestreada en una visión de mayor envergadura, se analizaron imágenes promedio trimestrales para la zona de estudio a lo largo de la duración del período del proyecto. La abundante cobertura de nubes hizo prácticamente imposible obtener mapas de clorofila con una resolución temporal más fina. Los mapas utilizados fueron derivados a partir del producto de "Chlor_Modis" del sensor Modis y producidos por el Instituto de Sensores Remotos (ImaRS) de la Universidad del Sur de la Florida (USF) [1].

Se generaron imágenes promedio utilizando las utilidades del Sistema Web Cariaco [2] para los siguientes períodos: abr-jun 2004, jul-sep 2004, oct-dic 2004, ene-mar 2005, abr-jun 2005 y jul-sep 2005. De esta imagen se produjo una tabla con los valores puntuales de clorofila sobre las estaciones de muestreo para cada trimestre.

Adicionalmente, se generó una serie de tiempo para las estaciones ubicadas en una hipotética transecta central perpendicular a la costa (25, 30, 35, 40, 45, 50 y 55) para el período comprendido entre 01 de enero de 2004 y el 15 de octubre de 2005, utilizando las herramientas del Sistema Web Cariaco y empleando imágenes diarias, cuando estuvieron disponibles para la zona de estudio.

Muestreos en sedimentos

Durante los cruceros oceanográficos se tomaron las muestras de sedimentos, mediante el uso de una draga Van Veen (modelo 214WB270) de 0,19 m² (Figura 11a). Dado que en algunos casos la draga se hacía inefectiva, por condiciones de corriente y de mayor profundidad, se probó la extracción de sedimentos con un nucleador, el cual pesaba más de 110 kg (Figura 11b).

En el caso de las dragas, se tomaron dos dragas completamente llenas de sedimentos por estación en 4-5 intentos (muestra efectiva), en ellas se insertaron cilindros de submuestreo (Figura 9) necesarios para los componentes a evaluar. De cada una de ellas se extrajeron primero las dos (2) muestras del meiobentos; luego las cuatro (4) muestras del macrobentos; y a continuación se extrajeron las cuatro (4) para química general de los sedimentos. En la campaña LBAPD-02 se implementó la toma de dos (2) cilindros metálicos para determinaciones de TPH's, PAH's y decahalos, de manera de hacerlas independientes de las muestras de química general. En el caso del nucleador, el contenido de sedimento fue vertido directamente en bolsas plásticas; siendo etiquetadas y relacionadas a las coordenadas de la toma de muestra.

Para el caso de las ocho estaciones cubiertas en la campaña litoral, se tomaron las muestras de sedimentos mediante el uso de una draga manual de 0,0279 m² de área (Figura 12). Debido a las dimensiones del equipo de muestreo y a diferencia del crucero oceanográfico, en el que se insertaban cilindros de muestreo; el contenido de sedimentos de las dragas, fue vertido directamente en una bolsa plástica; siendo igualmente etiquetadas y relacionadas a las coordenadas de la toma de muestra.

FIGURA 11
Equipos de muestreo para las comunidades bentónicas:
a) draga Van Veen y
b) nucleador



FIGURA 12
Equipo de muestreo para las comunidades bentónicas costeras: draga manual



Durante la campaña de muestreo LBAPD-01 fueron captadas muestras efectivas en 47 estaciones, con duplicados para el control/aseguramiento en ocho estaciones seleccionadas al azar; salvándose muestras de dos estaciones adicionales de muestreo para algunos análisis de laboratorio. El desarrollo de la primera campaña de muestreo evidenció fuertes limitaciones de los equipos disponibles para la colección de muestras en aguas profundas (superiores a 300 metros de profundidad); sin embargo logró realizarse más del 82% del programa de muestreo, limitándose a cerca del 12% de las estaciones donde no pudo captarse la muestra por limitaciones de los equipos y a cerca del 5% por causas de condiciones meteorológicas adversas.

La segunda campaña LBAPD-02 fue realizada bajo condiciones ambientales (lluvias, viento y corrientes marinas) y de navegación relativamente más difíciles que la LBAPD-01, lo que llevó a la obtención de un menor número de muestras por estación. Durante esta campaña fueron captadas muestras de sedimentos superficiales en 31 estaciones y cuatro duplicadas; salvándose muestras de una estación adicional de muestreo para algunos análisis de laboratorio. Se completó más del 54% del programa de muestreo, limitándose a 33% las estaciones donde no pudo captarse la muestra por causas de condiciones meteorológicas adversas y cerca del 12% por limitaciones de los equipos disponibles.

a) Aspectos físico-químicos

De la muestra tomada por la draga se extrajeron cuatro cilindros de 10 cm de diámetro, dos por lado. Cada cilindro era vertido en un recipiente plástico, a la espera de los otros cilindros correspondientes de la segunda draga, para ser mezclados homogéneamente y realizar la toma de la muestra representativa de la estación. Para los casos del nucleador y del crucero litoral las muestras se combinaban de manera directa en la bolsa que las contenía.

Cada muestra representativa de la estación fue almacenada en una bolsa plástica que fue sellada y debidamente identificada, con datos de origen y un número, en una etiqueta que era colocada en el punto de cierre. Las bolsas plásticas estaban previamente introducidas en una bolsa de tela, con una segunda etiqueta interna idéntica a la anterior, y cada bolsa numerada almacenada inmediatamente en el congelador de la embarcación y mantenidas en congelación hasta su análisis. En el caso de las muestras para las determinaciones de TPH'S, PAH's y decalinos, de la campaña LBAPD-02, el contenido de cilindros metálicos fue vertido en un envase de vidrio. Cada muestra era asegurada mediante un tapado hermético y era almacenada en el congelador hasta su análisis. Se tomó la precaución de dejar suficiente espacio en el envase para evitar las rupturas al momento de la expansión del material por la congelación.

Cada muestra tomada era relacionada en el cuaderno de campo, con su posición geográfica, de acuerdo a los datos suministrados por el GPS de la embarcación. Para ambas campañas, se realizó la toma de réplicas de las muestras en algunas de las estaciones al azar y, para la segunda campaña, se prepararon blancos de viaje.

Por campaña de muestreo se analizó un peso cercano a los 180 kg de sedimento marino, representativo de una superficie muestreada de 34 m², a los fines de evaluar su calidad; tomándose de 2 a 4 kg de muestra por estación analizada, los cuales fueron repartidos para los análisis que se detallan a continuación (Tabla 4).

Análisis realizados a las muestras de sedimentos captadas

Variable evaluada	Descripción / método de evaluación	Precisión (error)	Consideraciones
Descripción general	Tamaño de grano, identificación de bioclásticos y granos de minerales visibles a nivel de lupa de mano, y olor anómalo		
Color	Determinado empleando la tabla de colores para suelo Munsell		
pH	Realizada utilizando una porción de sedimentos y una alícuota de agua deionizada en una relación 1:1 peso/volumen	0,1	
Potencial redox (ORP o Eh)	Realizada en una suspensión formada por una porción de sedimentos y de agua deionizada. Las mediciones fueron realizadas en un potenciómetro pH/Eh Barnant 20	±10 mV	
Conductividad	Realizada utilizando una porción de sedimentos y una alícuota de agua deionizada en una relación 1:1 peso/volumen. Determinada con un conductímetro YSI modelo 32 o YSI modelo 85	5%	
Granulometría	La cuantificación de las distintas fracciones de arena, limo y arcilla fue realizada siguiendo la metodología descrita por Tosiani y col. (2005)		
Carbono total	Se efectúa en un analizador coulométrico de carbono marca UIC Coulometrics, modelo 5011		Uso de patrones SPEX CA25 TM1 10 y LECO part n° 502 - 309
Carbono carbonático	Se efectúa en un analizador coulométrico de carbono marca UIC Coulometrics, modelo 5011		Uso de patrones SPEX CA25 TM1 10 y LECO part N° 502 - 309
Metales y no metales en sedimentos	Cromo Fósforo Zinc Plomo Cadmio Niquel Silice Manganeso Cobre Bario Vanadio Hierro Aluminio	Determinada por la técnica de espectrometría de emisión óptica-plasma inductivamente acoplado (ICP), mediante un equipo marca Jobin Yvon modelo JY24, después de un proceso de digestión parcial con una mezcla de HCl/HNO ₃ , en caliente	
Hidrocarburos totales del petróleo	Determinados por cromatografía de gases con un detector de ionización a la llama (GC/FID) mediante el uso de un cromatógrafo Hewlett-Packard modelo 5890 Series II	8%	Métodos de análisis normalizados y recomendados por NIVA
Hidrocarburos aromáticos policíclicos Decalinas	Determinados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS) utilizando el modo de seguimiento de iones específicos (SIM) empleado un cromatógrafo Hewlett-Packard con detector de masa (GC-MS) modelo 6890		Criterios técnicos de calidad para laboratorios de la norma ISO 17.025 Uso de patrones certificados nacionales e internacionales

TABLA 4

b) Aspectos biológicos (comunidades bentónicas)

Se evaluaron las principales comunidades biológicas, residentes en el sedimento marino para realizar estimaciones de diversidad, abundancia y composición de especies. Estas comunidades fueron evaluadas en tres grupos principales: meiobentos, macrobentos y megabentos.

Las muestras para la evaluación del meiobentos y macrobentos provinieron de las dragas realizadas, tanto en el muestreo litoral como en el muestreo oceanográfico.

En el caso del meiobentos, el cilindro de muestreo lo constituía una inyectadora o jeringa plástica de 3 cm de diámetro, las cuales fueron introducidas en el sedimento hasta una profundidad de 10 cm. Las dos inyectadoras introducidas en cada draga se almacenaban en una misma bolsa identificada en cada caso, lo que totaliza una muestra por draga efectiva (dos muestras por estación). Para el caso del macrobentos se extrajeron dos cilindros de 10 cm de diámetro, cada uno de los cuales corresponde a una submuestra para macrobentos, con un total de cuatro submuestras por estación (dos por draga). En el caso del crucero litoral o del empleo del nucleador, las muestras corresponden al material extraído y almacenado directamente en las bolsas.



FIGURA 13
Equipo de muestreo para las comunidades megabentónicas: rastra Beam Trawl

Para la evaluación del megabentos, en cada estación de muestreo se realizó un arrastre, mediante el uso de una rastra tipo Beam Trawl de 1,8 m de ancho por 0,5 m de alto y una abertura de malla de 1 cm (Figura 13). El tiempo durante el cual se realizaba el arrastre era dependiente de la consistencia del sedimento del fondo marino, por lo que los tiempos variaron entre los cinco a diez minutos; durante los que se mantenía una velocidad cercana a los dos nudos (1.825 m/h). La toma de muestras para este componente estuvo restringida a la operatividad del equipo disponible, viéndose limitada a su uso exclusivo en el crucero oceanográfico y a la profundidad de cada estación, realizándose sólo en profundidades comprendidas entre los 8 m y los 82 m.

Todas las muestras tomadas fueron preservadas con una solución de formalina neutralizada en agua de mar al 10% y cada bolsa cerrada herméticamente, debidamente etiquetada e identificada, tanto por fuera como por dentro para mayor seguridad, hasta su posterior análisis. Una vez en el laboratorio, las muestras de bentos fueron coloreadas con Rosa de Bengala, para facilitar la identificación de los organismos, y tamizadas mediante el uso de tamices Tyler; en el caso del macrobentos de 0,5 mm y 1 mm de apertura de malla; sobre tamices de 0,5 mm y 0,063 mm, de apertura de malla para la obtención de la fracción de organismos del meiobentos; y de 0,5 mm de apertura de malla para la fracción del megabentos. Todos los organismos presentes fueron extraídos del sedimento acompañante usando una lupa estereoscópica y pinzas especializadas, separados en envases adecuados a su tamaño, preservados en etanol al 70% y etiquetados.

EVALUACIÓN DE LA FAUNA RELEVANTE

Dado que durante las últimas décadas, ha aumentado el interés por evaluar el efecto que las actividades petroleras realizadas costa afuera puedan tener sobre las poblaciones de grandes vertebrados acuáticos como aves, mamíferos y tortugas, que a los efectos del presente estudio los denominaremos como “fauna relevante”, debido a que gozan de una estricta protección legal por parte de diversos instrumentos nacionales e internacionales; se incluyó su evaluación como parte novedosa dentro del estudio de Línea Base Ambiental.

Se efectuó un inventario preliminar de las especies de fauna relevante presentes en la región, realizado con base en una revisión bibliográfica, hemerográfica y museística. Cuando fue pertinente se realizaron consultas con especialistas nacionales e internacionales conocedores de la región. También se evaluó la situación legal y de conservación de las especies, tanto a nivel nacional como internacional.

Para abordar el diagnóstico de las comunidades de aves de la zona de influencia del proyecto, se siguió un esquema metodológico, basado en el uso de la información existente, sin incluir el levantamiento de nueva información de campo. Un aporte adicional al proyecto se efectuó durante la realización de las campañas de levantamiento de información; ya que se llevaron registros fotográficos de algunos avistamientos realizados, tomados principalmente por parte del observador de reptiles y mamíferos.

Para el caso de reptiles y mamíferos, en todas las campañas realizadas, un observador entrenado estuvo encargado de realizar observaciones acerca de la presencia de las

especies de esta fauna relevante en las cercanías de la embarcación, con énfasis en tortugas y mamíferos (Figura 14). El mayor esfuerzo del trabajo de campo estuvo enfocado en el crucero oceanográfico y en el crucero litoral realizado en cada campaña; sin embargo, parte del trabajo se realizó también durante las campañas de muestreo realizadas para la evaluación de calidad de aire.

A pesar de no haber estado inicialmente contemplado en el proyecto, adicionalmente, se registraron las aves marinas. En algunos casos, se realizó un registro fotográfico de los grupos o ejemplares avistados. En los cruceros litorales, la información fue enriquecida además, mediante la realización de algunas encuestas exploratorias dirigidas a evaluar el conocimiento de los pobladores acerca de mamíferos y tortugas, y generar recomendaciones.

Los materiales utilizados para la toma de datos fueron las planillas para avistamiento de tortugas marinas preparadas por Fundatun, las láminas de identificación de tortugas marinas de Widecast y en las ilustraciones de Eckert y col. (2000); y, para el caso de mamíferos marinos, los protocolos de avistamientos y el reporte diario utilizados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y el Plan Nacional de Observadores de Venezuela (Fundatun-PNOV) en el Océano Pacífico oriental y por el MinAmb y la Sociedad Ecológica Venezolana Vida Marina (Sea Vida) en la costa central de Venezuela^[3,4].

Las observaciones, desde las embarcaciones, se realizaron a simple vista y mediante el uso de binoculares Tasco 10x25. Las localidades de avistamiento fueron geo-referenciadas por medio del uso de un GPS. El diseño general de los recorridos para las campañas fue realizado por la coordinación del proyecto LBAPD y a los efectos de las evaluaciones de abundancia, el esfuerzo de observación se concentró, fundamentalmente, en las transectas cubiertas por la embarcación en su recorrido entre las estaciones evaluadas durante las horas diurnas. En ningún caso, el rumbo del barco fue modificado para aproximarse a los grupos o ejemplares avistados. Durante el tránsito entre las estaciones evaluadas se llevó un registro rutinario de las condiciones ambientales que tienen incidencia sobre la posibilidad de avistar los ejemplares (visibilidad, estado del mar según la escala de Beaufort y nubosidad), así como posición y velocidad del barco, las cuales fueron vaciadas en un reporte diario.

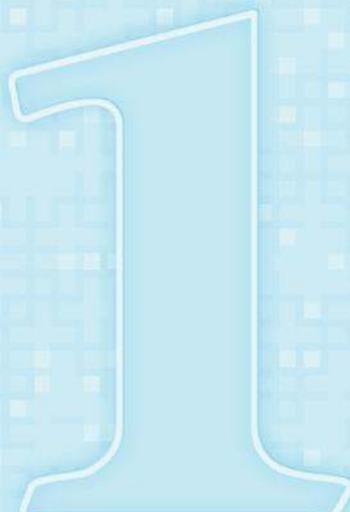
El esfuerzo de observación superó las 100 horas diurnas, de las cuales 32 estuvieron dedicadas a la evaluación por el método de las transectas; las restantes corresponden al esfuerzo de observación pasivo de avistamientos. ■



FIGURA 14
Delfines cerca del buque

REFERENCIAS

1. <http://modis.marine.usf.edu>
2. <http://cariaco.ws>
3. Bolaños y Campo, 1998
4. Bolaños y col., 1998



1 | ANÁLISIS INTEGRADO

En este apartado, se presenta una visión general de toda el área de estudio, en términos de su caracterización ambiental y biológica, con base a la información recabada sobre todos los componentes evaluados, que tienen que ver con la calidad del aire, la calidad de la columna de agua y la calidad del sedimento, integrando la data del entorno físico y biológico, y su expresión en posibles patrones, gradientes o tendencias más generales.

Asimismo, se estableció cuales variables ambientales y biológicas tienen mayor relevancia en cada componente, dado su grado de variabilidad en el ambiente, y utilizar estas variables para definir valores de línea base (VLB) que permitan ser utilizados como niveles umbrales del estado actual de la calidad del aire, agua y sedimentos marinos del área de estudio, así como los valores promedio, y los rangos de fluctuación, de las variables que definen la estructura y composición de los diferentes comunidades marinas presentes. Estos VLB podrían ser utilizados en la fase de evaluación de los posibles impactos que se pueden generar en el área de estudio por el desarrollo de las distintas etapas de las operaciones petroleras costa afuera.

Para ello es necesario, entonces, como primer paso, conocer y analizar los antecedentes ambientales y biológicos que tienen prevalencia en la región comprendida entre el Golfo de Paria y la zona oceánica de la Plataforma Deltana.

CALIDAD DE AIRE

Los posibles impactos producidos por la alteración de la composición del aire sobre los ecosistemas costeros, generados por la futura actividad de extracción de gas y condensados en los bloques definidos dentro del proyecto Plataforma Deltana, podrían

generarse por el efecto combinado del transporte advectivo producido por los vientos presentes en la zona, más el efecto de difusión por el gradiente de concentraciones. Para estimar dichos efectos, es indispensable el conocimiento del campo de vientos en la región, la turbulencia y la definición de la concentración de los contaminantes presentes en el medio, antes del inicio de la actividad.

Datos meteorológicos

Del análisis de los datos se aprecia que el área presenta una temperatura media mensual que se mantiene en un rango entre 25 y 28°C, con un máximo absoluto de 37,2°C y un mínimo absoluto de 15,7°C. Se observan dos picos de temperatura al año donde los meses de mayor temperatura son mayo y septiembre (Figura 15). Asimismo, se puede observar claramente una temporada seca, entre enero y abril, y una de lluvia, entre junio y noviembre, con mayo y diciembre como meses de transición (Figura 16).

Los resultados de viento para las campañas de campo mostraron que en la campaña de LBAPD-01 la dirección prevaleciente fue Este, presentando valores promedio de la velocidad de 3,2 m/s, con máximos de 4,5 m/s; mientras que para la campaña LBAPD-02, la dirección prevaleciente fue Noreste-Nornoreste, con vientos más fuertes, con promedio de 6,2 m/s, y máximos de 7,4 m/s (Figura 17).

Los resultados de la primera campaña de aire, mostraron las siguientes características:

Del análisis de las muestras obtenidas en sitio, se puede afirmar que la influencia de las emisiones provenientes de las plataformas petroleras operando en mar territorial de Trinidad y Tobago, es insignificante debido a los bajos niveles de inmisión obtenidos, los cuales para los casos de la concentración

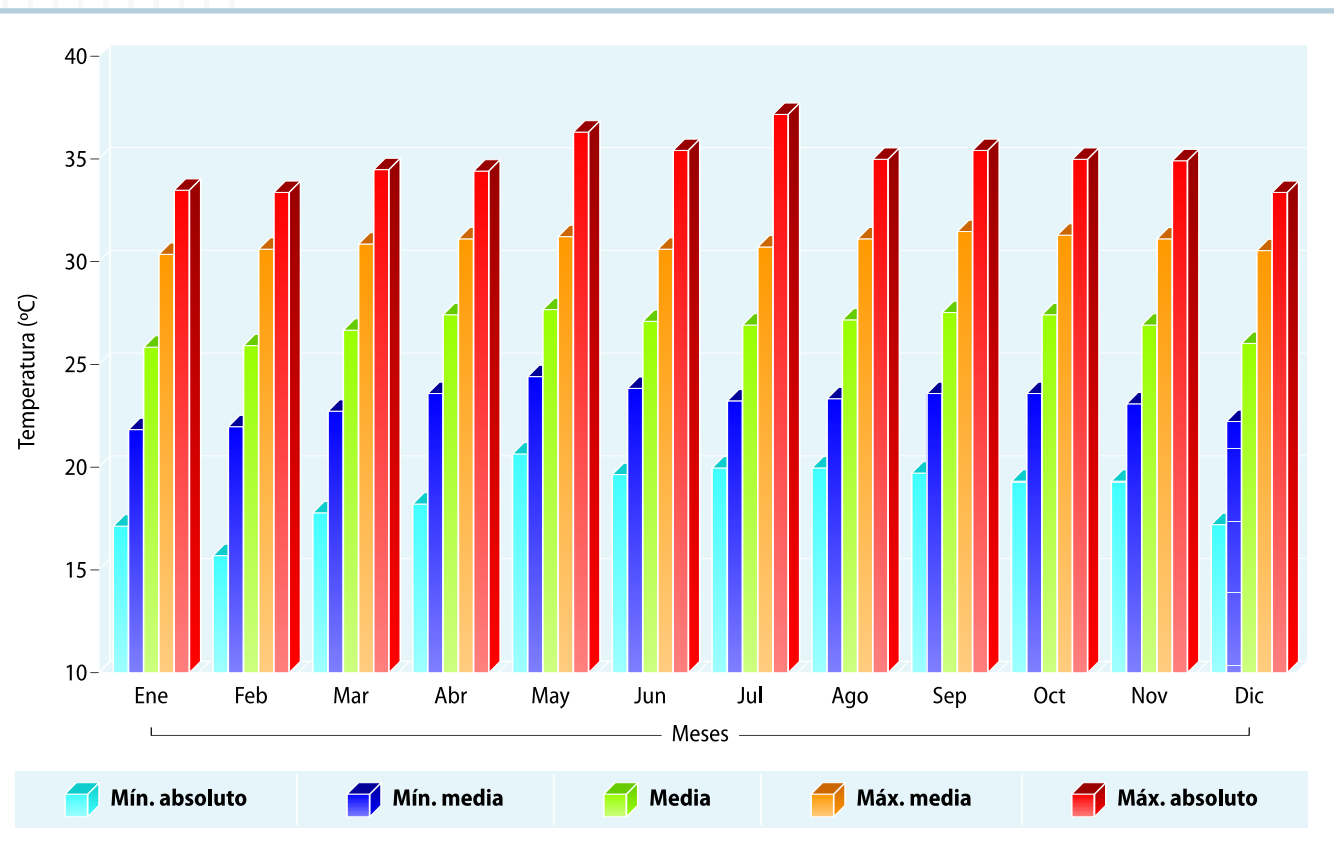


FIGURA 15 Datos de temperatura por mes, para el período 1961-1990, obtenidos a partir de los registros de la estación meteorológica de Güiria

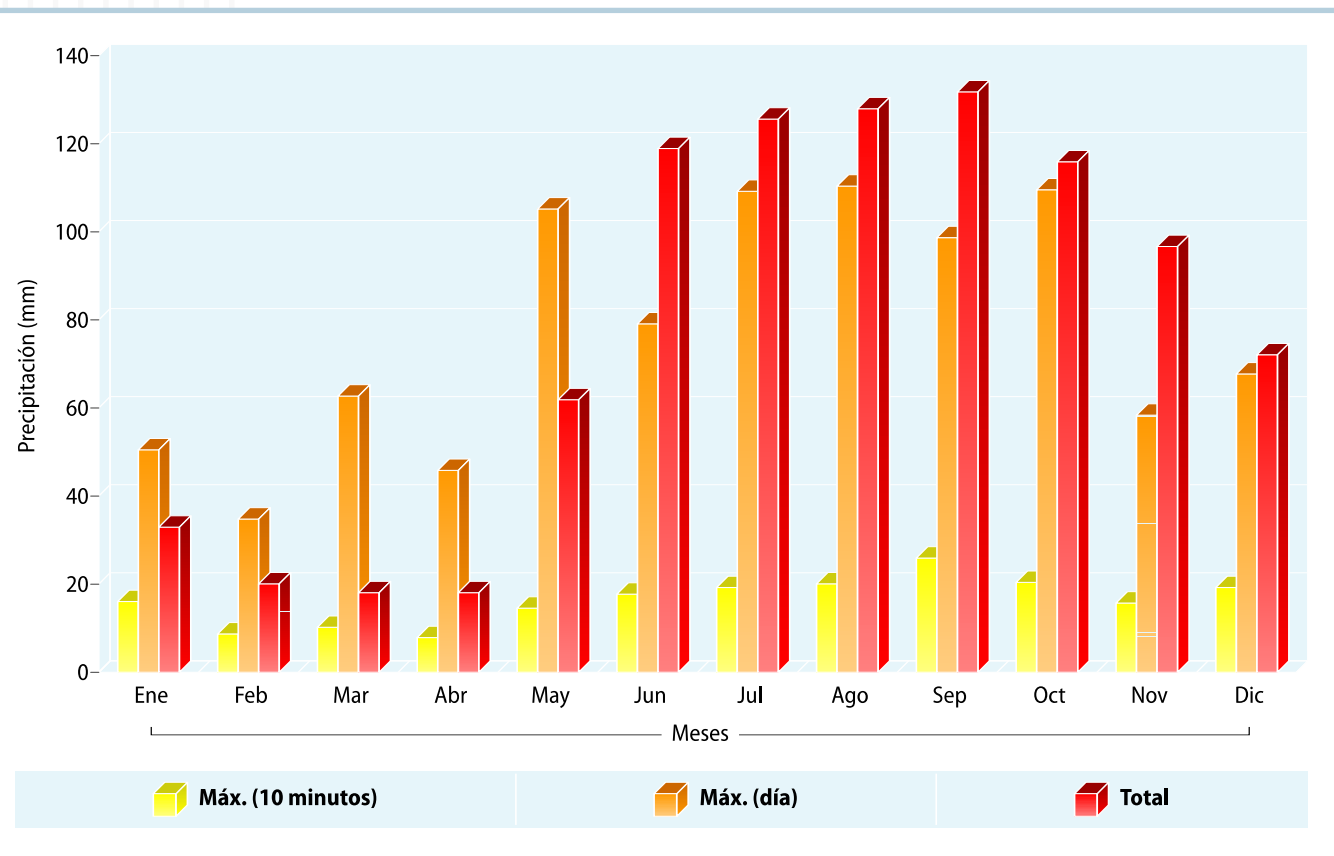


FIGURA 16 Datos de precipitación por mes, para el período 1961-1990, obtenidos a partir de los registros de la estación meteorológica de Güiria

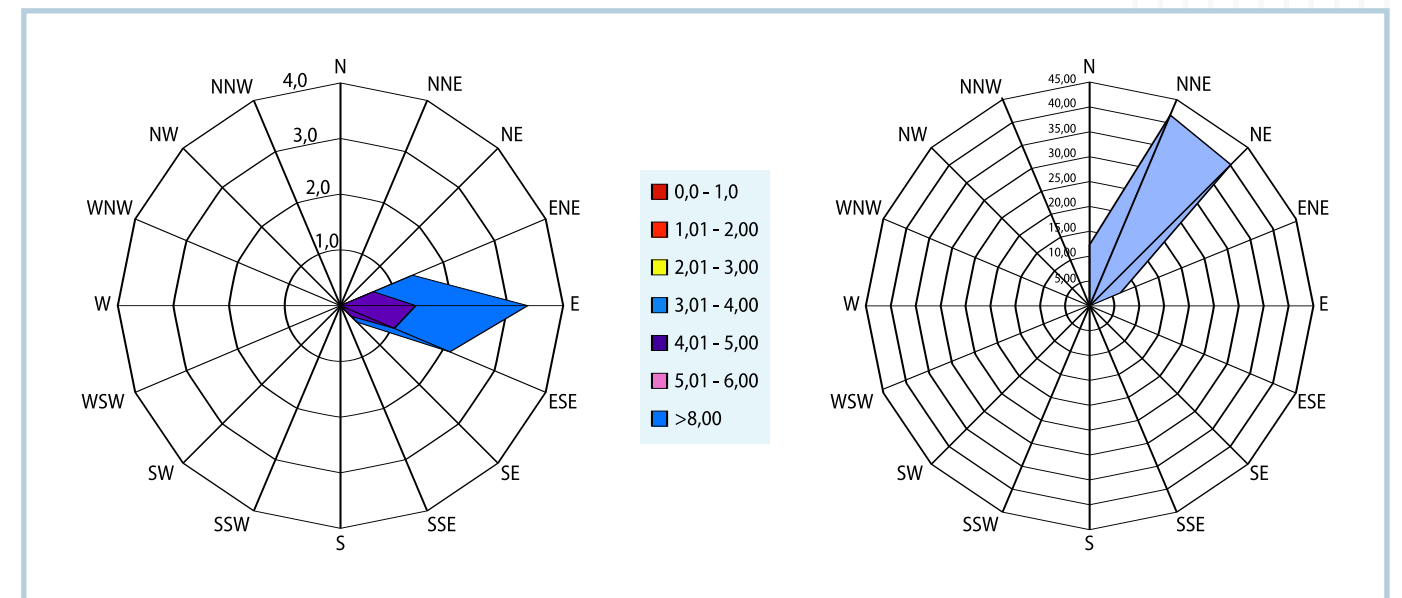


FIGURA 17 Resultados de las mediciones de vientos durante las campañas de calidad del aire. Izquierda: LBAPDaire-01 (agosto-septiembre 2005); derecha: LBAPDaire-02 (enero-febrero 2006)

de partículas totales suspendidas (PTS), dióxidos de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), dióxidos de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), dieron valores muy cercanos a los niveles de fondo para zonas no perturbadas.

De estos contaminantes, dióxidos de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y monóxido de carbono (CO), los valores medidos estuvieron por debajo del límite de detección de los equipos.

Los valores de partículas totales suspendidas (PTS) y dióxidos de nitrógeno (NO₂) resultaron ser igualmente bajos, con valores que no superaron los 11 µg/m³.

Dichos valores tan bajos de inmisión, hacen innecesario realizar simulaciones para extrapolar los valores obtenidos a otras zonas del espacio terrestre venezolano.

Los resultados de la segunda campaña de aire, presentaron las siguientes características:

Del análisis de las muestras obtenidas en sitio, se puede afirmar que la alteración de la calidad del aire es insignificante debido a los bajos niveles de inmisión obtenidos, los cuales para los casos de la concentración de partículas totales suspendidas (PTS),

dióxidos de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), dióxidos de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), dieron valores muy cercanos a los niveles de fondo para zonas no perturbadas.

De estos contaminantes, dióxidos de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y monóxido de carbono (CO), los valores medidos estuvieron por debajo del límite de detección de los equipos.

Los valores de partículas totales suspendidas (PTS) y dióxidos de nitrógeno (NO₂) resultaron ser igualmente bajos, con valores que no superaron los 25 y 1.5 µg/m³ respectivamente, muy bajos respecto de los valores más estrictos previstos en la norma, que son de 75 y 100 µg/m³.

Simulaciones para la determinación de posibles áreas de afectación e influencia

Con el fin de estimar las zonas de influencia, se evaluaron episodios de emisiones extremas para analizar la posibilidad de que contaminantes provenientes de la operación de los pozos previstos para el proyecto Plataforma Deltana, pudiesen alcanzar la costa del delta del Orinoco, que es la parte terrestre más cercana al proyecto. Para ello

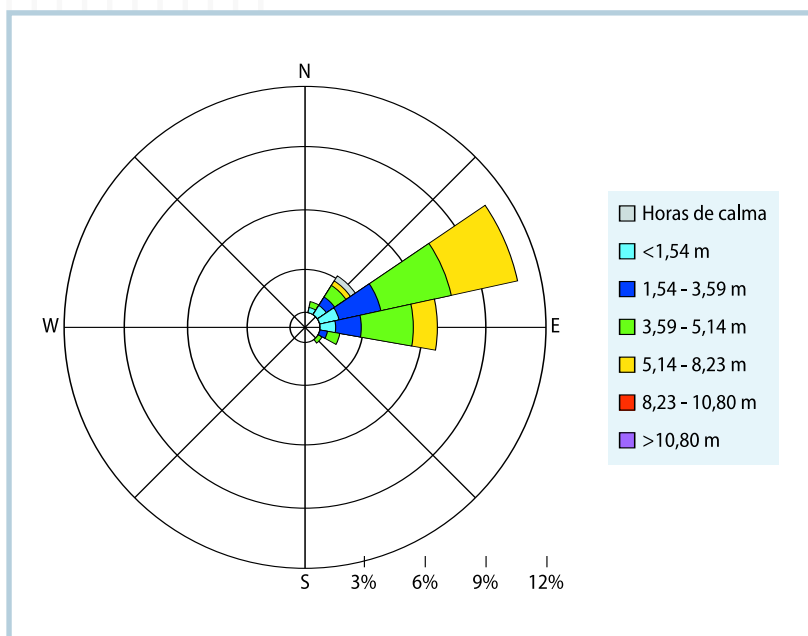


FIGURA 18
Rosa de los vientos para la estación Piarco, en Trinidad, determinada a partir de los datos registrados del 1° de enero al 31 de diciembre de 1999

se han estimado las emisiones de NO_x que se pudieran generar en los mechurrios ubicados en las plataformas Tajali y Bora, trabajando a su capacidad promedio, de acuerdo con la previsualización del Proyecto Plataforma Deltana, donde se contempla el mayor volumen de producción previsto, estimado en un total de 1.000 mmpcd. Para esta simulación se utilizó el modelo Aermod para la dispersión de contaminantes en el aire, el cual es, desde noviembre de 2005, modelo de uso obligatorio de acuerdo con la Usepa. Dicho modelo requiere del conocimiento de los valores de emisión, la meteorología y la topografía del sitio. Se seleccionaron las condiciones meteorológicas medidas en el aeropuerto Piarco en Trinidad, por ser la estación más cercana al proyecto. En cuanto a la topografía, considerando que es mar abierto, el dominio se ha considerado plano. También se seleccionan los mechurrios como únicas fuentes de emisión, por considerarse que en un caso de emergencia, será por allí por donde saldrán la mayor parte de las emisiones. En general, se considera que las mayores emisiones de un campo de extracción de gas costa afuera, provienen de los mechurrios, en caso de alguna falla en el sistema de gasoducto. El gas contenido en el sistema debería quemarse o ventearse a través de ellos. Igualmente, y de acuerdo con la

composición del gas, el principal contaminante a ser asimilado serían los NO_x , por lo que fue escogido como trazador para estas corridas.

La Figura 18 muestra la rosa de vientos para la estación Piarco, Trinidad, donde se observa la predominancia de los vientos provenientes del Este-Noreste, con magnitudes de entre 5,14 y 8,23 m/s.

Se realizaron diversas simulaciones, variando en cada caso uno de los parámetros desconocidos, entre ellos la velocidad de salida, altura y diámetro de la chimenea, así como temperatura de emisión. Los mayores rangos de variación se obtuvieron al variar la altura de la chimenea (Figura 19 y Figura 20).

En estas figuras se pueden apreciar las isolíneas de concentración, mostrando los resultados para una altura de chimenea de 122 m y una altura de chimenea de 35 m respectivamente. Las mayores concentraciones de NO_x se obtuvieron para la altura de chimenea más baja, obteniéndose un valor máximo de $55,6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de $27,5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la chimenea más alta. Para la simulación de H: 120 m, la pluma se dispersa a 50 km antes llegar a la costa; en el caso de la simulación con H: 50 m, la pluma desaparece a 35 km de la costa. De tal manera que para el caso más desfavorable la costa no se vería afectada, siendo poco probable que se pueda presentar algún episodio que represente algún deterioro de la calidad del aire en la costa por efecto de las emisiones de Plataforma Deltana.

CALIDAD DE AGUA

Toda esta región está influenciada por la conjugación de varios aspectos hidrográficos importantes, que son determinantes en la caracterización de las masas de agua de la zona de estudio, y son contemplados a continuación:

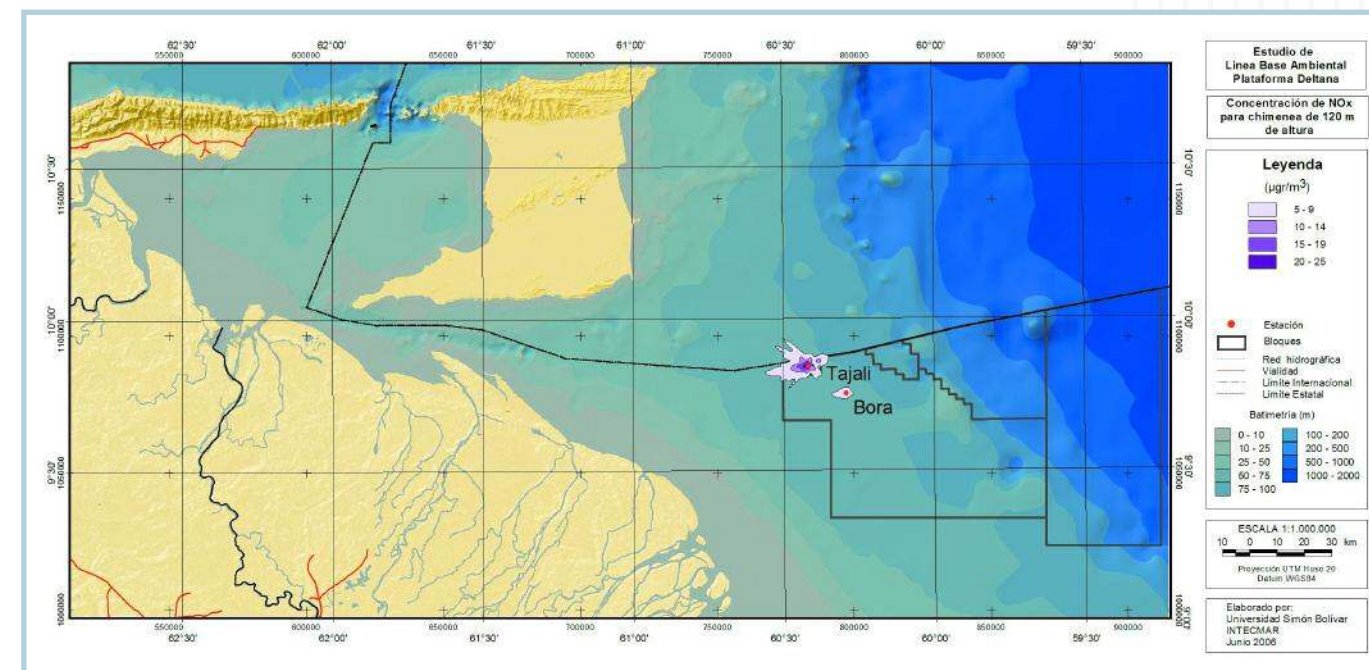


FIGURA 19 Isolíneas de concentración de NO_x para el caso de altura de chimenea de 120 m

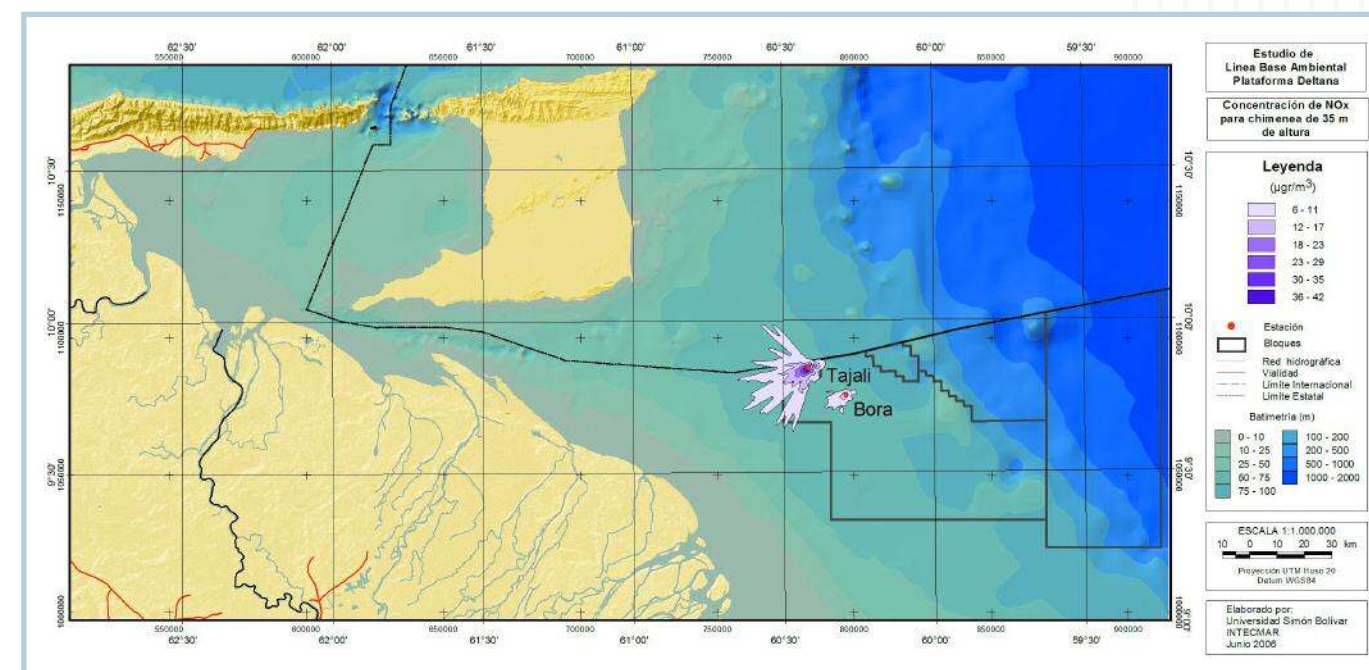


FIGURA 20 Isolíneas de concentración de NO_x para el caso de altura de chimenea de 35 m

Influencia del río Orinoco

El aporte fluvial que recibe la zona de estudio se atribuye predominantemente a la escorrentía directa del río Orinoco. Otros aportes provienen de los ríos de Guyana y de las aguas salobres transportadas por la corriente de Guayana desde el delta del río Amazonas^[1]. El Orinoco, considerado como el tercer río más grande del mundo en términos de volumen de descarga, tiene un ciclo estacional de ascenso y descenso con un patrón unimodal, el cual por lo general posee un máximo de descarga en agosto y un mínimo en marzo. Data histórica basada en mediciones realizadas en Ciudad Bolívar, reflejan una descarga media anual de 36.000 m³/s. El período de ascenso dura aproximadamente cinco meses, a una tasa de media de 8,6 cm/día, mientras que el descenso dura unos siete meses, a razón de 6,5 cm/día^[2].

La pluma que genera la descarga del Orinoco, introduce impactos de importancia en lo que se refiere a las distribuciones espaciales de salinidad, temperatura y sobre la calidad de las aguas superficiales. Muller-Karger y col. (1989) muestran que la dispersión estacional de la pluma del Orinoco alcanza regiones del Caribe oriental, cubriendo un área que excede los 300.000 km².

El río Orinoco tiene una fuerte influencia en la distribución de los nutrientes y en los componentes de las aguas del Atlántico venezolano, Golfo de Paria y Mar Caribe. Estas distribuciones de las especies químicas presentes en el agua, están acorde con los patrones de circulación de las aguas del Orinoco. Este río muestra una variación muy amplia en su caudal como producto del régimen de estacionalidad de sequía y lluvia (flujo promedio = $3,9 \times 10^4$ m³s⁻¹; rango aproximado = 1×10^4 m³s⁻¹ en marzo a 7×10^4 m³s⁻¹ en agosto). Esto está ligado a la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que a

la vez afecta el sistema de vientos y corrientes marinas, factores que dan forma a la descarga.

La pluma del Orinoco y la surgencia costera en Venezuela, son los fenómenos que producen un notable incremento en las concentraciones de nutrientes y de pigmentos clorofílicos en el sector oriental del Mar Caribe. Durante el primer semestre del año, cuando los vientos alisios son más intensos, domina la surgencia, incrementándose las concentraciones de nutrientes en la superficie, debido al afloramiento de las aguas de fondo. En el segundo semestre, los vientos merman su intensidad y son entonces las lluvias las que incrementan los caudales de los ríos, aumentando las descargas sobre el Atlántico y el Caribe. No es fácil delimitar las altas concentraciones inducidas por la surgencia y las atribuidas a la pluma del río, ya que en la época de menor descarga, el flujo del agua del Orinoco entra al Caribe por Boca Dragón y se dirige en dirección Noroeste-Oeste/Noroeste en diagonal a la costa del estado Sucre. Esto es explicable por la acción de los vientos alisios y el flujo del agua del Atlántico hacia el Caribe, que alcanzan su máxima intensidad en los primeros meses del año. Estos factores confinan a la costa la descarga de los ríos del sector Atlántico (Orinoco y Esequibo), con un caudal mínimo en esta época, fluyendo hacia el Norte a través del Golfo de Paria. La inclinación de la pluma de descarga hacia el Noroeste-Oeste/Noroeste resulta de la fuerte corriente que entra al Caribe y del viento del noreste, el cual genera un transporte de Ekman hacia el Noroeste.

Cuando el Orinoco llega a su máximo nivel, el patrón de descarga, define un efecto más fuerte sobre las aguas del Mar Caribe. Una vez en el Caribe, la pluma se dispersa en dirección Noroeste o Oeste/Noroeste, afectando a todo el suroeste del Caribe. Todos estos patrones de circulación afectan la dispersión de los nutrientes en el

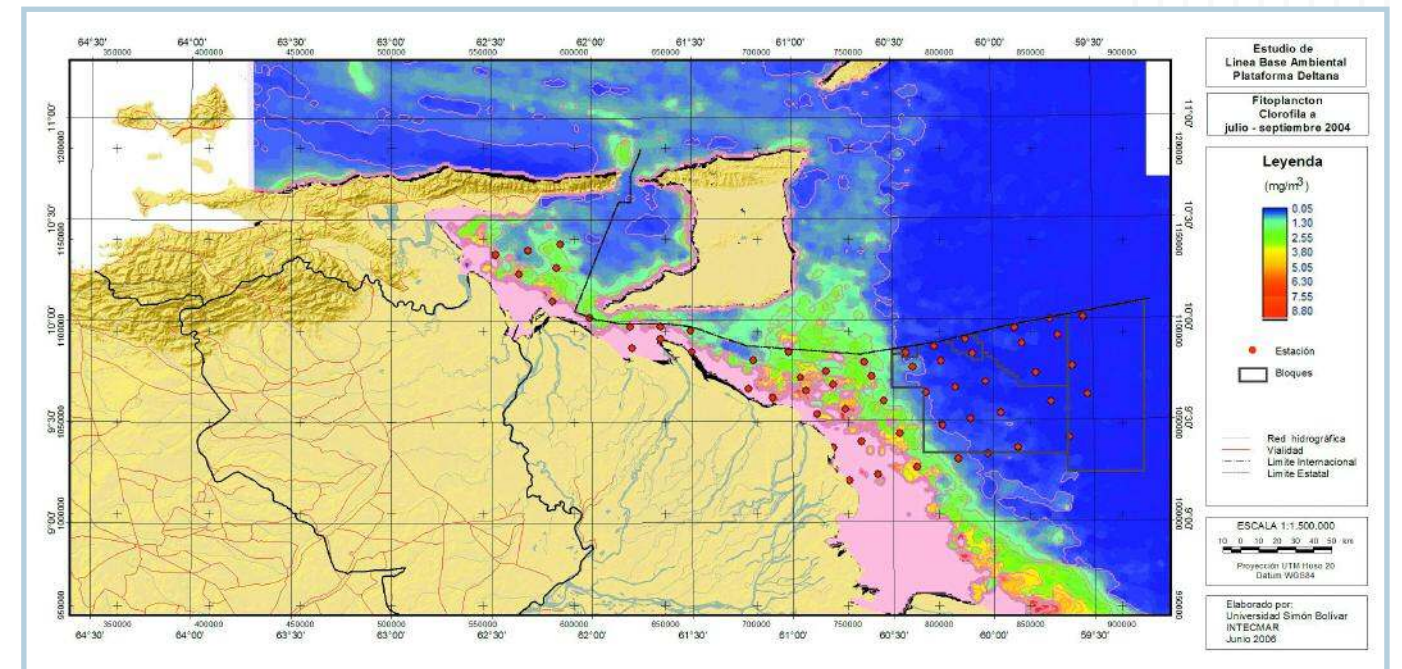


FIGURA 21 Mapa de concentración promedio de clorofila_a estimada mediante el satélite Modis para el periodo jul-sep 2004

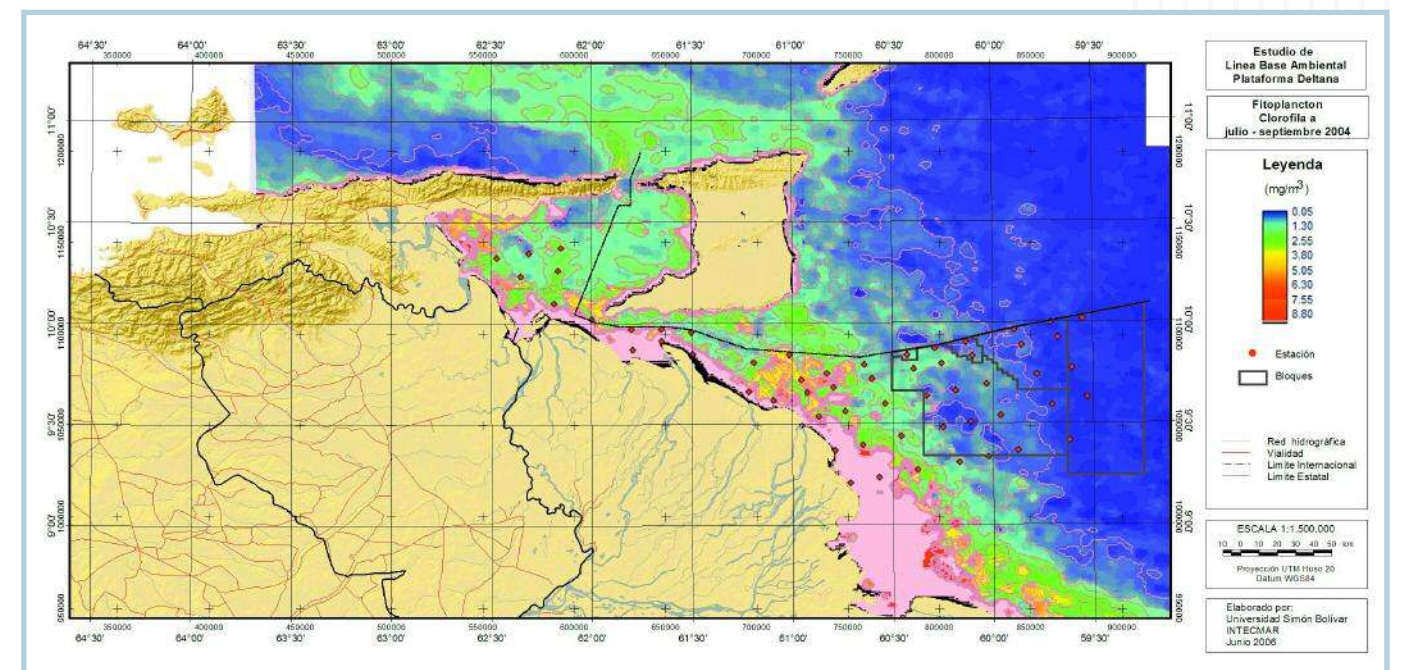


FIGURA 22 Mapa de concentración promedio de clorofila_a estimada mediante el satélite Modis para el periodo jul-sep 2005

agua e influyen en otros parámetros como el pH, material en suspensión y distribución del oxígeno disuelto.

Klein y col. (2005) señalan que el efecto de las descargas del río Orinoco puede extenderse hasta más de 100 km de la costa, presentando una marcada estacionalidad, definida por los máximos de descarga y del río y la menor influencia de las masas de agua transportadas por la corriente de Guayana (Figuras 21 y 22).

Influencia de la corriente de Guayana

En la zona de la plataforma interactúan los aportes de aguas atlánticas provenientes del Sur, junto a la descarga del río Orinoco, ello junto a las oscilaciones de marea crean una variedad de ambientes de agua fresca y salobre que soportan varios ecosistemas biológicos. Esta región, junto a la zona profunda, forman parte del sistema de circulación ecuatorial. Durante los primeros seis meses del año, generalmente las aguas del Amazonas se propagan hacia el Noroeste, impactando a su vez la zona de la plataforma deltana. Esto incluye una zona costera de turbidez, una larga pluma y lentes de agua salobre costa afuera. Por el contrario, en la segunda mitad del año, las aguas de la pluma del Amazonas fluyen a lo largo de la retroflexión de la corriente norte de Brasil, a los 5-10° Norte, por lo que son llevadas hacia el Este sobre la serpenteante contracorriente Nor-Ecuatorial.

En la zona se reconoce el paso de la corriente de Guayana, la cual a su vez se desprende de la corriente norte de Brasil, fluyendo paralela a la línea de costa en dirección Noroeste, transportando un flujo aproximado de 10 Sv (1 Sv = 106 m³/s). La así referida corriente de Guayana, pareciera ser el flujo medio de los remolinos que se desprenden de la retroflexión de la corriente norte de Brasil.

El impacto de estos remolinos sobre la zona de la plataforma es importante, por cuanto

se reconoce que estas estructuras son muy energéticas. Además, las corrientes asociadas con esos remolinos o giros son por lo general más intensas que la circulación media, lo que podría dar lugar a episodios transitorios de reversión de la corriente predominante.

Influencia de las mareas

La marea juega un papel importante a escala local, en especial, las corrientes asociadas con la marea. Estas presentan un carácter rotativo y alternante, por lo que son de interés para el establecimiento de planes de contingencia. En toda la región de este estudio, las mareas son del tipo semidiurno (una bajamar y una pleamar que se repite cada 12 h). Para el interior del Golfo de Paria las mareas son del tipo mixto semidiurno. El fenómeno de resonancia (ceranía de la frecuencia natural del modo de oscilación del golfo, respecto a las frecuencias de las constituyentes de mareas), hace que la altura de marea se amplifique en el interior del golfo, con un gradiente de incremento desde Boca Dragón hacia la porción Sur y más estuarina del golfo, llegando a alcanzar valores cercanos a los dos metros.

Una vez hechas estas consideraciones previas, se procederá al análisis de la información hidrográfica, fisicoquímica y química en las zonas que confirman toda el área de estudio.

GOLFO DE PARIA

Hidrografía

Desde el punto de vista hidrográfico el Golfo de Paria se comporta como un estuario. Por el estrecho de Boca Dragón (al Norte) ingresa cinco veces más agua oceánica en relación al intercambio que se produce por Boca de Serpiente (al Sur). Las aguas que ingresan por Boca de Serpiente son mayoritariamente provenientes de la descarga del río Orinoco. También se le añade el aporte de varios ríos, que drenan en su parte interior,

tales como: río San Juan y caños secundarios del Orinoco (Mánamo, Macareo, etc.). Estos elementos, aunado a la baja profundidad media del Golfo de Paria, que es menor de 20 m (valor promedio de 14,4±8 m), hacen que el patrón de distribución espacial tenga un fuerte impacto de las descargas estacionales del Orinoco y la condición de la marea. La relativa poca profundidad del Golfo de Paria favorece la mezcla vertical inducida en parte, por el esfuerzo cortante del viento, el cual facilita la mezcla de las aguas superiores, mientras que la marea favorece la mezcla de las aguas de fondo. La conjugación de estos elementos hace que el Golfo de Paria, sea un cuerpo de agua con muy poca estratificación vertical hacia la porción oriental y más somera, mientras que se desarrolla una estratificación vertical moderada hacia la sección occidental. La tasa media de intercambio a través de Boca de Serpiente para marea viva es de 1,3 × 10⁴ m³/s. El volumen estimado del Golfo de Paria, basado en el modelo batimétrico derivado de las cartas de la Armada de Venezuela (Dirección de Hidrografía y Navegación) es de 1,46 × 10¹¹ m³, lo que permite establecer un estimado del tiempo de residencia de las aguas de trece días.

En esta región hay una baja estratificación, expresada a través de la variable Anomalía de Energía Potencial (AEP), que mide el déficit de energía necesario para mezclar toda la columna de agua. Así, valores bajos o cercanos a 0 J/m³ se asocian a sitios verticalmente homogéneos o bien mezclados, valores menores de 100 J/m³ estarían asociados a condiciones de estratificación débil, y valores superiores a 100-150 se asocian con columnas estratificadas. Desde este punto de vista, el Golfo de Paria es un ecosistema muy frágil, pues el parámetro de estratificación indica que la zona oriental del Golfo de Paria está verticalmente mezclada y la región central posee estratificación débil. Este comportamiento se mantiene para las dos temporadas, sólo que en sequía la zona de mezclada cubre una mayor porción del Golfo de Paria.

Evidentemente esta estratificación está controlada por la salinidad, lo que explica que el gradiente de intensificación sea de oriente a occidente. Las implicaciones de esta distribución tienen consecuencias importantes en la rapidez con la cual un posible contaminante presente en las aguas superficiales se distribuya en toda la columna, e incluso en el sedimento. De aquí emerge que, desde el punto de vista de sensibilidad ambiental, la zona oriental del Golfo de Paria es muy susceptible a ser impactada. La situación se intensifica, si a lo anterior le añadimos el efecto combinado de las mareas y la turbulencia inducida por el viento.

Parámetros oceanográficos

Las aguas superficiales muestran una marcada variación estacional. El efecto de la descarga del río Orinoco se aprecia notablemente en la distribución superficial de la temperatura. En general para la temporada de lluvias, las aguas superficiales son cálidas, con temperaturas que varían entre 29,0°C (cerca de la costa) a 29,8°C en las aguas costa afuera. La escasa variabilidad de este parámetro sugiere que toda la capa superior del Golfo de Paria, está ocupada por una misma masa de agua, la cual tiene su origen en la descarga de los ríos cercanos. A nivel halino, las variaciones estacionales en todo el Golfo de Paria son muy notables, obviamente, la descarga del río Orinoco impacta dramáticamente toda el área. Para la temporada de lluvia, la salinidad a nivel superficial presentó un valor medio alrededor de 17,7‰ (±1,2), mientras que para las aguas del fondo fue de casi 28‰ (±6,6). Las aguas superficiales del Golfo de Paria, se caracterizan por tener baja salinidad y una alta concentración de oxígeno disuelto.

Según Monente (1993), la masa de agua de los primeros 25 m de profundidad está bien oxigenada, debido a la acción regular de los vientos relativamente fuertes, y a fenómenos físicos que ocasionan movimientos

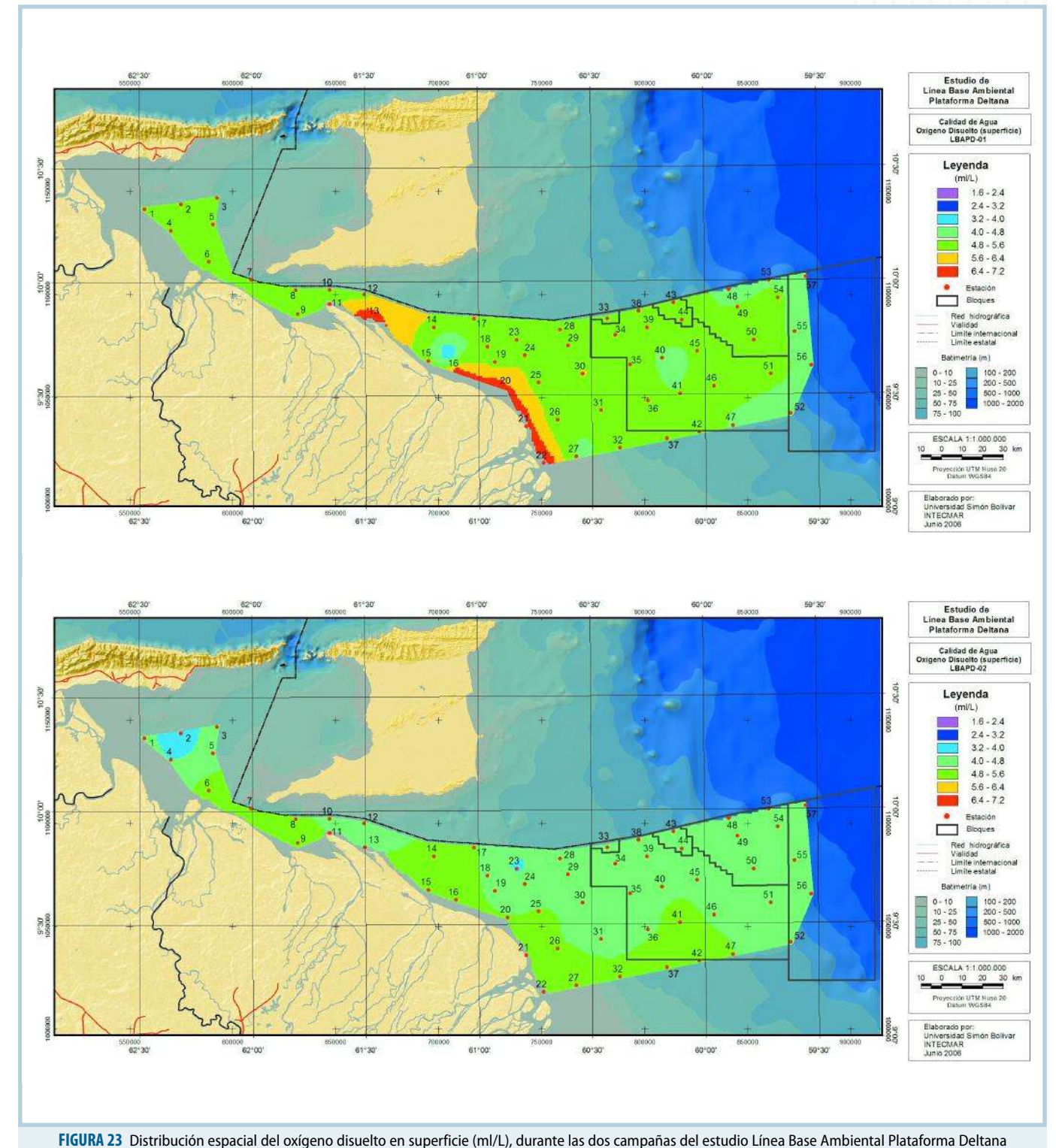
superficiales y verticales importantes. No obstante las variables que condicionan la solubilidad del oxígeno en el agua, fundamentalmente la salinidad, varían de manera significativa a lo largo del año, debido a los cambios en el caudal del río Orinoco. Así, en el período de lluvias (LBPD-01) se registraron concentraciones superficiales superiores a los 5 ml/L; mientras que en sequía, disminuyeron, registrándose concentraciones comprendidas entre 5 y 3,5 ml/L. Esta misma tendencia se puede observar entre superficie y fondo (Tabla 5). Los bajos valores de oxígeno disuelto probablemente se encuentran asociados a procesos de degradación de materia orgánica producida in situ, o arrastrada por las corrientes, a través de los diferentes caños y ríos que desembocan en la zona; pero

hay evidencias de la entrada de aguas bien oxigenadas desde el Sur, que penetran por Boca de Serpiente. Hacia el sector Norte del golfo se aprecia que las concentraciones de oxígeno disuelto son inferiores a 3 ml/L, como consecuencia de la penetración de aguas del Mar Caribe, a través de Boca Dragón, las cuales poseen bajas concentraciones de oxígeno, debido a procesos de descomposición de la materia orgánica (Figuras 23 y 24). Contrariamente al oxígeno, los valores superficiales de pH, en el Golfo de Paria, son mayores durante el período de sequía que durante el período lluvioso, tanto en las aguas de superficie como en las de fondo. De hecho, los valores apreciados en nuestras observaciones nunca fueron inferiores a siete (Figuras 25 y 26).

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en el Golfo de Paria, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo

Campañas	Valor	Variables fisicoquímicas						Nutrientes						Metales pesados										
		PROF m	T °C	pH	SAL ‰	O ₂ ml/L	MES mg/L	NT µmol/L	NH ₄ µmol/L	NO ₂ µmol/L	NO ₃ µmol/L	PT µmol/L	PO ₄ µmol/L	Si(OH) ₄ µmol/L	Cu µg/L	Mn µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ni µg/L	Pb mg/L	Zn mg/L			
LBAPD-01	Nivel superficie																							
	Promedio		27,7	8,2	17,0	5,2	7,6	20,5	1,1	0,1	0,9	0,5	0,1	30,2	1,1	1,9	0,1	0,2	1,1					
	Desv. est.		1,9	0,1	1,2	0,2	9,1	9,5	0,6	0,1	1,1	0,2	0,1	14,0	0,4	2,2	0,1	0,1	0,5					
	Máximo		30,0	8,4	18,4	5,3	25,0	39,5	1,7	0,2	3,2	0,8	0,2	41,7	1,6	5,7	0,3	0,3	1,5					
	Mínimo		24,7	8,0	15,6	4,8	1,2	14,2	0,3		0,2	0,3		2,7	6,0	0,2			0,2					
	Nivel de fondo																							
	Promedio		14,4	26,7	8,2	27,9	3,6	5,3	20,3	1,1	0,4	1,5	0,7	0,2	27,1	0,9	3,2	0,1	0,1	0,6				
	Desv. est.		8,0	2,0	0,3	6,6	1,2	3,4	7,4	0,4	0,3	2,0	0,2	0,2	13,6	0,4	1,6		0,1	0,3				
Máximo		26,0	29,6	8,6	35,9	5,0	9,3	31,0	1,5	1,0	5,6	0,9	0,5	41,2	1,4	5,6	0,1	0,3	0,9					
Mínimo		8,0	23,9	7,9	19,4	1,9	1,2	10,6	0,5		0,2	0,5		6,1	0,2	1,3	0,1		0,3					
LBAPD-02	Nivel superficie																							
	Promedio		29,3	8,7	27,6	4,3	16,0	9,1	1,1	0,1	2,2	0,5	0,3	13,2	0,1	2,8	0,1							
	Desv. est.		0,4	0,4	0,9	0,6	4,0	1,7	0,7	0,1	3,2	0,1	0,2	5,5	0,1	2,0	0,1		0,1	0,1				
	Máximo		29,7	9,2	28,4	5,1	21,1	11,8	2,0	0,3	8,7	0,7	0,5	20,4	0,3	5,5	0,1	0,1	0,3	0,2				
	Mínimo		28,9	8,0	25,9	3,3	11,3	6,9	0,3		0,7	0,4		7,2		0,9								
	Nivel de fondo																							
	Promedio		14,4	29,0	8,4	30,3	3,7	16,9	8,0	1,4	0,5	1,6	0,7	0,3	12,7	0,1	4,7	0,1	0,1	0,1	0,2			
	Desv. est.		7,8	0,7	0,2	3,4	0,3	4,5	0,7	0,9	0,5	0,8	0,2	0,1	3,7		0,7	0,1	0,1	0,1	0,3			
Máximo		26,0	29,7	8,7	35,2	4,1	24,9	0,9	2,6	1,4	3,1	0,9	0,4	18,6	0,1	5,8	0,2	0,1	0,2	0,7				
Mínimo		7,5	28,1	8,3	27,1	3,4	12,1	7,1		0,1	0,8	0,5	0,1	8,5		3,9	0,1							

TABLA 5



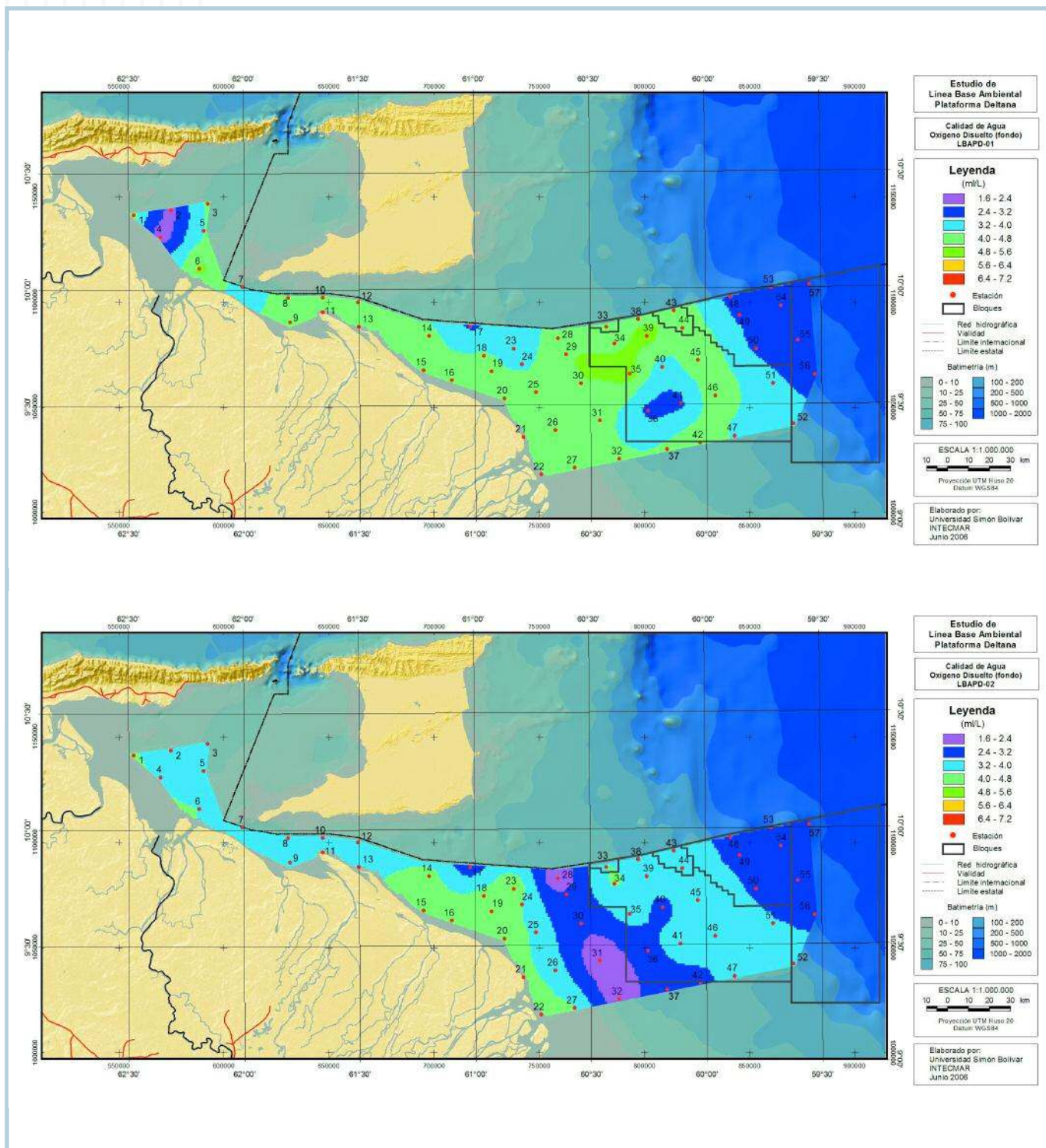


FIGURA 24 Distribución espacial del oxígeno disuelto en fondo (mg/L), durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Delta

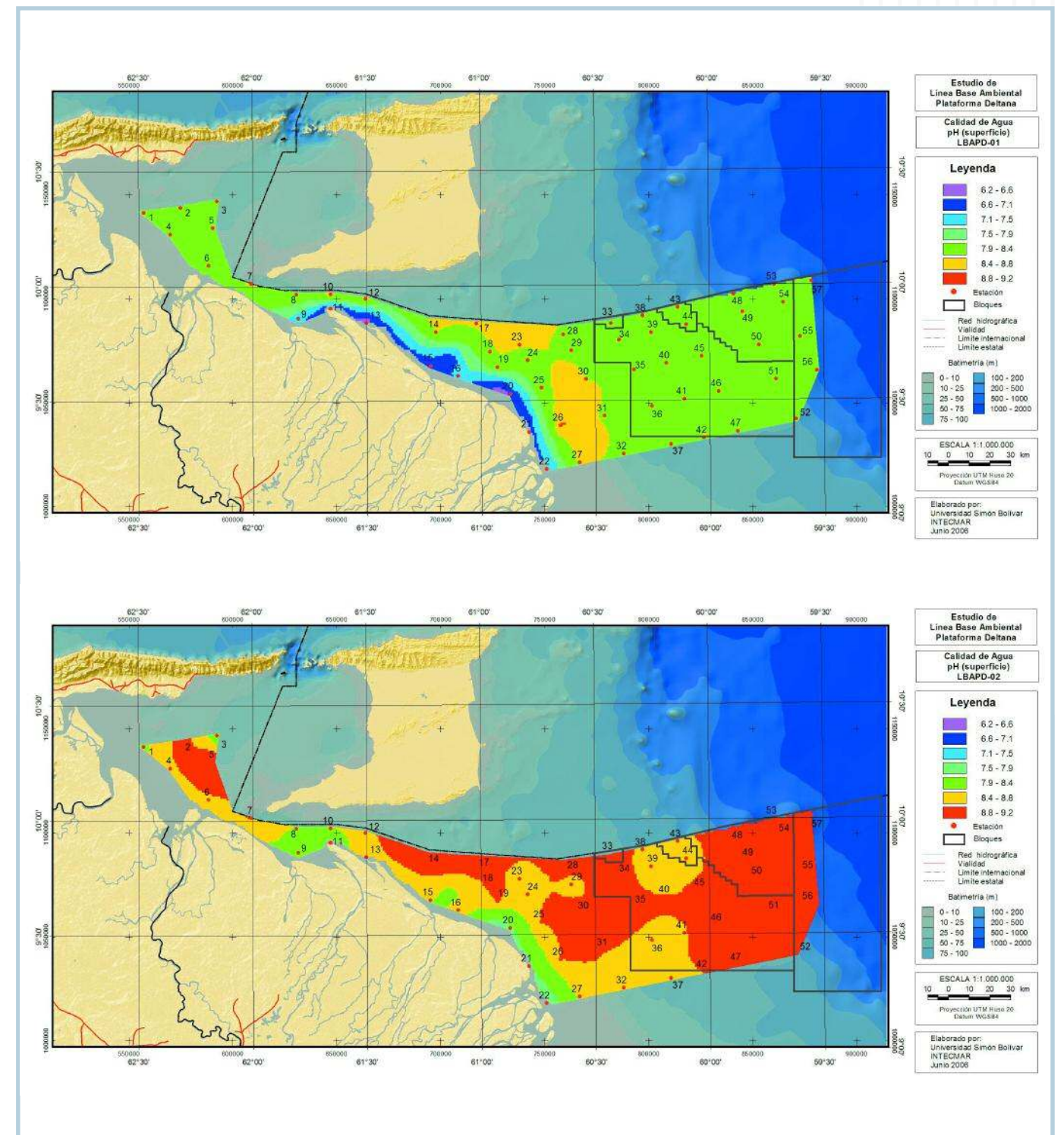


FIGURA 25 Distribución espacial del pH en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Delta

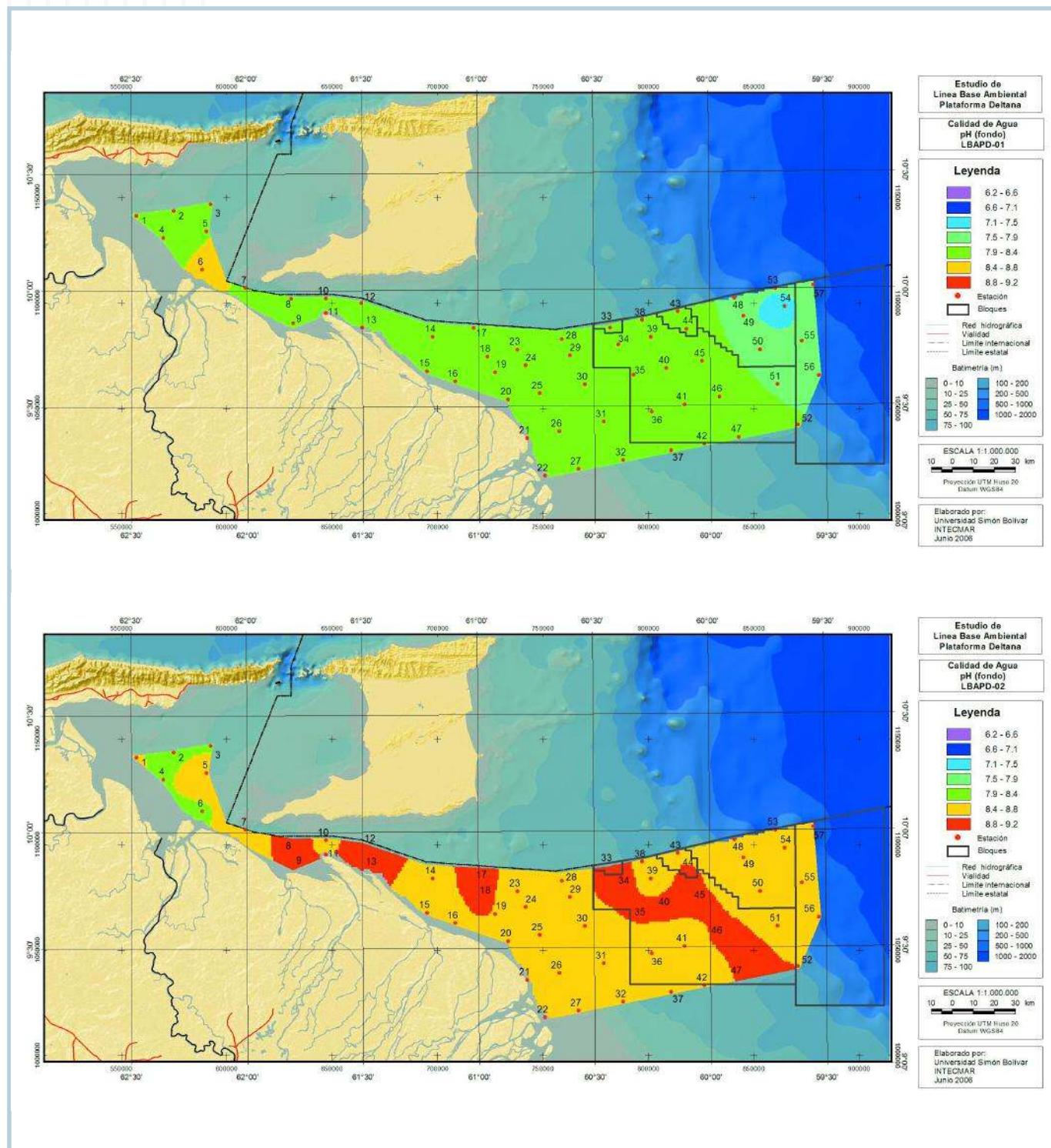


FIGURA 26 Distribución espacial del pH en fondo, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Delta

Patrones y tendencias

Dada la evidente influencia del río Orinoco en la distribución espacial y temporal de las variables fisicoquímicas aquí estudiadas, se procedió a realizar un análisis multivariado para el sector del golfo. Como puede observarse en la Figura 27, la separación temporal se hace muy evidente sobre el primer eje de variación, donde las estaciones en la época de sequía tienen salinidades más elevadas y mayores concentraciones de manganeso que durante la época de lluvias; pero durante la época de lluvias las concentraciones de silicatos son mucho mayores que en la época de sequía. En este caso, la influencia de la variación temporal (sequía vs. lluvia) es tan marcada que no existe un gradiente de distribución espacial con respecto a la cercanía de la costa. Por lo tanto, se puede afirmar que la influencia de la descarga del río tiene un efecto generalizado (en base a las variables consideradas) sobre todas las estaciones estudiadas.

Resumiendo la información analizada para esta región, ésta evidencia ser la más compleja desde el punto de vista hidrodinámico, ya que las masas de agua que giran en el golfo están influenciadas por aguas de origen continental

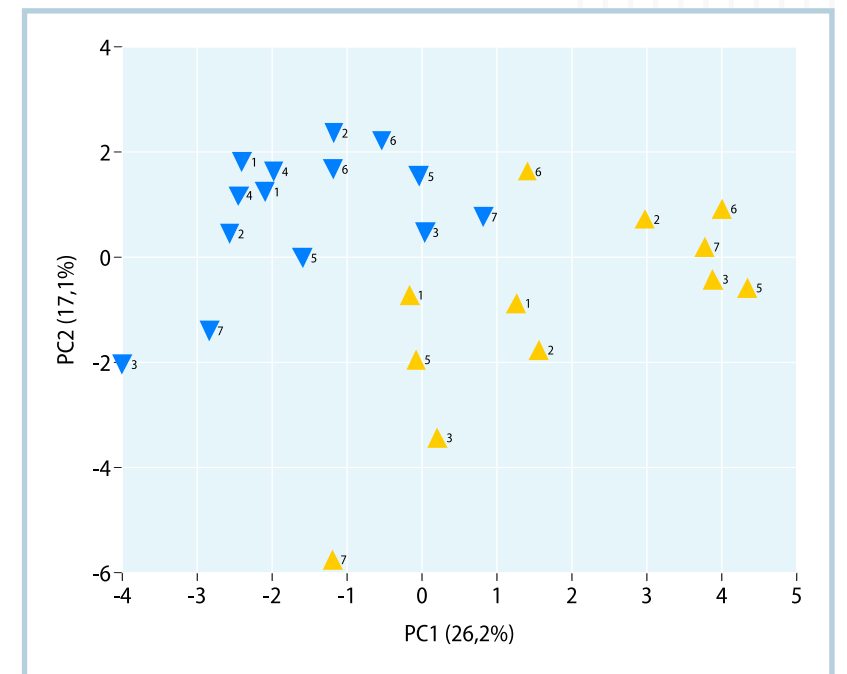


FIGURA 27

Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas tomadas en siete estaciones (indicadas en números) dentro del Golfo de Paría (estaciones 1 a la 7) durante dos períodos del año (▲ lluvia, ▼ sequía)

(ríos que drenan en la zona y caños provenientes del río Orinoco principalmente) y aguas de origen oceánico, que penetran en el golfo, tanto del Norte (por Boca de Dragón, como por el Sur, por Boca de Serpiente) (Figura 28). Esta región funciona, aparentemente, como un sitio de acumulación de materia orgánica particulada, ya que el tiempo de residencia de las aguas es de casi dos semanas. Los parámetros oceanográficos de mayor influencia, por su

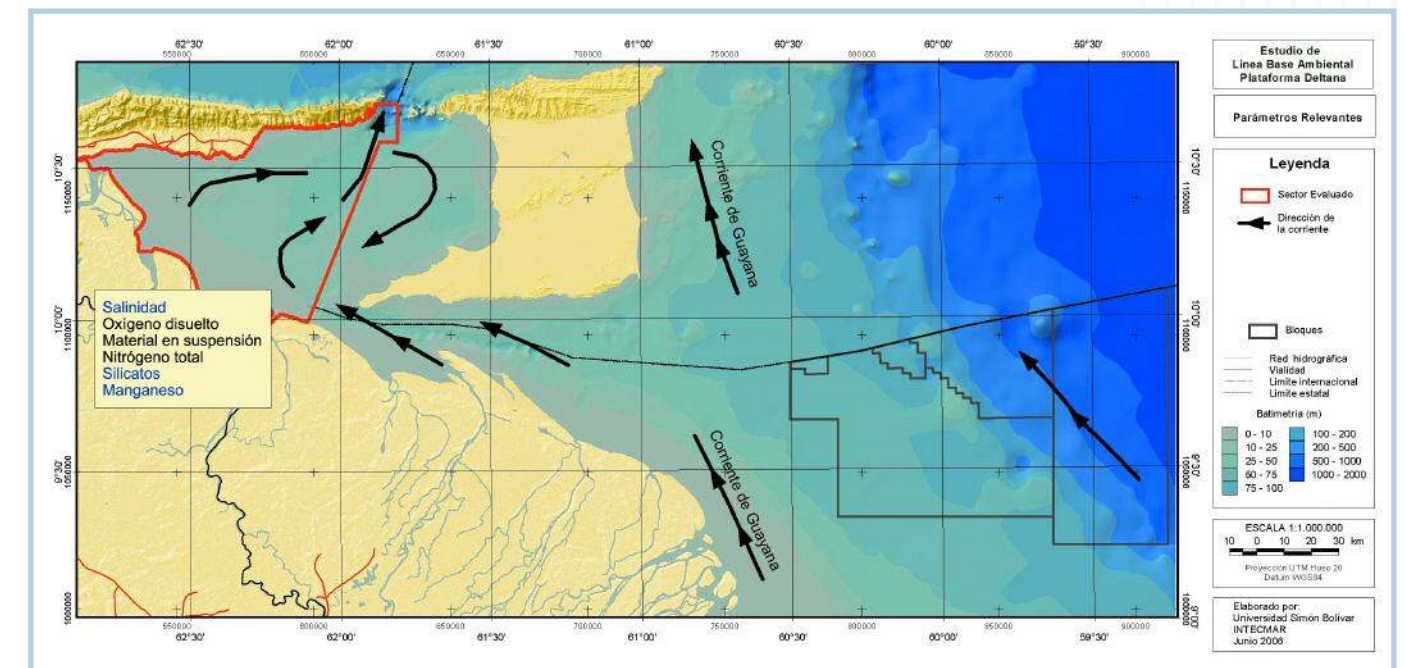


FIGURA 28 Patrón general de corrientes en la región de estudio, donde se señalan los parámetros de mayor relevancia para el Golfo de Paría

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en Boca de Serpiente, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo

Campañas	Valor	Variables fisicoquímicas					Nutrientes						Metales pesados									
		PROF m	T °C	pH	SAL ‰	O ₂ ml/L	MES mg/L	NT μmol/L	NH ₄ μmol/L	NO ₂ μmol/L	NO ₃ μmol/L	PT μmol/L	PO ₄ μmol/L	Si(OH) ₄ μmol/L	Cu μg/L	Mn μg/L	Fe μg/L	Cd μg/L	Ni μg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Mg mg/L
LBAPD-01	Nivel superficie																					
	Promedio		28,2	7,9	9,6	5,1	117,1	22,8	2,7	0,1	3,4	0,7	0,3	57,6	4,5	42,1	2,6	0,0	4,6	0,0	0,0	0,5
	Desv. est.		1,6	1,0	9,3	1,1	204,0	18,5	2,4	0,1	2,6	0,4	0,4	23,1	5,0	72,1	4,3	0,0	5,3	0,0	0,1	0,6
	Máximo		30,0	8,6	21,6	7,0	554,0	52,3	7,3	0,3	6,8	1,4	1,1	91,4	12,4	19,5	10,6	0,1	14,3	0,0	0,2	1,5
	Mínimo		25,0	6,3	0,1	3,1	3,4	6,9	0,6	0,0	0,2	0,3	0,0	30,6	0,5	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,1
	Nivel de fondo																					
	Promedio	28,1	27,3	8,3	36,3	4,1	9,7	14,1	0,7	0,4	2,4	0,4	0,3	5,2	0,9	0,9	0,1	0,0	1,2	0,0	0,0	0,2
	Desv. est.	4,4	0,6	0,0	0,2	0,5	7,1	8,4	0,3	0,1	1,9	0,2	0,3	2,2	0,4	1,3	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
Máximo	34,0	28,1	8,4	36,5	4,4	17,7	26,4	1,1	0,5	5,1	0,8	0,7	8,0	1,4	2,8	0,2	0,0	1,5	0,0	0,2	0,2	
Mínimo	23,5	26,8	8,3	36,2	3,5	3,1	7,4	0,4	0,4	0,9	0,3	0,1	3,4	0,5	0,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	
LBAPD-02	Nivel superficie																					
	Promedio		28,7	8,4	20,5	4,8	47,5	27,2	2,4	0,1	4,3	1,0	1,0	44,9	0,8	25,9	1,8	0,0	0,1	0,5	0,1	
	Desv. est.		0,9	0,3	9,6	0,1	59,1	23,4	1,4	1,0	3,3	0,9	1,8	29,2	1,2	57,1	3,4	0,0	0,1	0,9	0,2	
	Máximo		30,0	8,8	27,7	5,0	149,3	65,3	4,6	0,3	10,6	2,8	4,9	100,5	2,8	154,3	9,4	0,1	0,4	2,3	0,6	
	Mínimo		27,7	7,9	2,7	4,7	2,9	7,9	0,2	0,0	1,5	0,4	0,0	21,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Nivel de fondo																					
	Promedio	28,7	27,5	8,8	36,4	3,5	19,4	7,9	2,6	0,8	3,0	0,4	0,4	6,9	0,2	2,7	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	
	Desv. est.	4,2	0,3	0,2	0,1	0,2	2,0	0,5	1,2	0,2	0,7	0,2	0,1	1,9	0,1	1,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	
Máximo	34,0	27,7	9,0	36,6	3,7	21,5	8,4	4,0	1,1	4,0	0,6	0,5	8,8	0,4	4,0	0,2	0,1	0,4	0,0	0,0		
Mínimo	23,7	27,1	8,6	36,2	3,3	16,8	7,3	1,3	0,5	2,5	0,3	0,3	4,4	0,0	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0		

TABLA 6

variabilidad temporal fueron: salinidad, contenido de oxígeno disuelto, material en suspensión (MES), la concentración de nitrógeno total y silicatos, y el contenido del manganeso (Mn). De todas estas, sólo la salinidad, los silicatos y el Mn resultaron relevantes en los análisis estadísticos (destacados en azul) realizados, separando las estaciones según la época del año.

BOCA DE SERPIENTE

Hidrografía

Esta región se encuentra principalmente afectada por las descargas del río Orinoco, a través de los caños Macareo y Mariusa. El sector de Boca de Serpiente comunica las aguas de la Plataforma Deltana con las del

Golfo de Paria. El estrangulamiento a que se ve sometido el flujo, implica una aceleración y por ende generación de turbulencia. El flujo medio a través de Boca de Serpiente se ha estimado en unos 130.000 m³/s⁻¹, en condiciones de marea viva^[3].

Las corrientes asociadas con el sector son intensas, con valores alrededor de 1 m/s, mientras que la altura de marea alcanza valores cercanos a los 1,5 m^[4]. La profundidad promedio en esta región es de 28±4,4 m, con máximas de 34 y mínimas de 23 m. El parámetro de estratificación indica que la zona es más estratificada durante la temporada de lluvias, con valores superiores a 100 J/m³, ocupando dos tercios del sector. Durante la temporada de sequía la estratificación se debilita, en parte porque se

reduce la descarga del Orinoco, y por la otra porque se intensifican los vientos inductores de mezcla.

Parámetros oceanográficos

Para la temporada de lluvia, lo más interesante de esta región es la estratificación que se produce con aguas estuarinas térmicamente homogéneas, con una temperatura media (28,2±1,6°C) fluyendo en la capa superficial, y aguas frías, de origen atlántico, (27,3±0,6°C) fluyendo por el fondo. En época de sequía las isoterms siguen la dirección del sector, pero con un gradiente ligeramente más intenso que el de lluvia a nivel superficial. La media superficial está alrededor de 28,0°C (±0,9), mientras que para el fondo la media es de 27,5°C (±0,3) (Tabla 6). A nivel superficial, la distribución de la salinidad en esta dinámica región está controlada por la descarga del Orinoco. El sector se convierte en una zona de transición entre las aguas de baja salinidad que ingresan del sureste, y las aguas del Golfo de Paria. Para la temporada de lluvia, el valor medio de la salinidad superficial presenta una media de 9,6‰ (±9,3), con un gradiente progresivo de Sureste a Noroeste de 17,0 a 32,1‰. A nivel de la capa de fondo, la salinidad es más estable, pues está en su totalidad ocupada por aguas de origen oceánico, con media de 36,3‰ (±0,1). En la temporada de sequía, el Orinoco reduce su caudal, y este efecto se percibe en la capa superficial, donde la salinidad media es dos veces superior al valor medio de la temporada de lluvia (20,5±9,6‰).

En la Tabla 6 se aprecia que en Boca de Serpiente hay una buena oxigenación de las aguas superficiales durante ambos periodos. Las concentraciones se situaron alrededor de los 5 ml/L en el área examinada (Figuras 23 y 24). Esa misma distribución se apreció durante el muestreo efectuado en el periodo seco, manteniéndose las concentraciones superficiales en aproximadamente 5 ml/L. Estas elevadas concentraciones de oxígeno disuelto, pueden estar asociadas a la intensidad de las corrientes superficiales, las cuales

favorecerían la oxigenación de las aguas. A nivel del fondo, las concentraciones se mantuvieron elevadas, sugiriendo la existencia de una débil estratificación de la columna de agua, lo que permitió la oxigenación de las aguas de fondo. Los valores de pH a la altura de Boca de Serpiente oscilaron muy poco, entre 7,9 (durante el periodo de lluvias) y 8,8 unidades (periodo de sequía), en las aguas superficiales (Figuras 25 y 26). Estos elevados valores de pH están acordes con los elevados valores de oxígeno disuelto registrados. La concentración del material en suspensión de las aguas superficiales, en la zona costera, variaron entre mínimos de 3,4 y máximos de 554 mg/L en la época de lluvia, y entre 2,9 y 150 mg/L en la de sequía, asociados a la desembocadura de los caños (Figura 29). Las del fondo fueron bastante bajas (Figura 30).

Nutrientes

En general, las concentraciones de nutrientes en la columna de agua (compuestos nitrogenados, fosfatados y silicatos) también fueron bastante bajas en esta zona (Tabla 6). De todos los considerados, el nitrógeno total y el contenido de silicatos presentaron concentraciones mayores en aguas superficiales en la época de lluvia (Figuras 31 y 32), oscilando entre >60 y <7 μM/L y >90 y <20 μM/L respectivamente, y generalmente en la adyacencia de los caños. Estas concentraciones en las aguas superficiales son consecuencia del aporte del Orinoco, y de metales.

Esta región se encuentra principalmente afectada por las descargas de los caños Macareo y Mariusa como ya fue mencionado. De todos los metales medidos en agua, sólo el cobre y el manganeso presentaron niveles destacables. El cobre presentó las mayores concentraciones en aguas superficiales (Figura 33), durante el periodo de lluvia, con concentraciones inferiores a 13 μg/L, posiblemente producto de la descargas de estos caños, mientras que el manganeso mostró valores superiores a los 150 μg/L en aguas superficiales de ambos periodos.

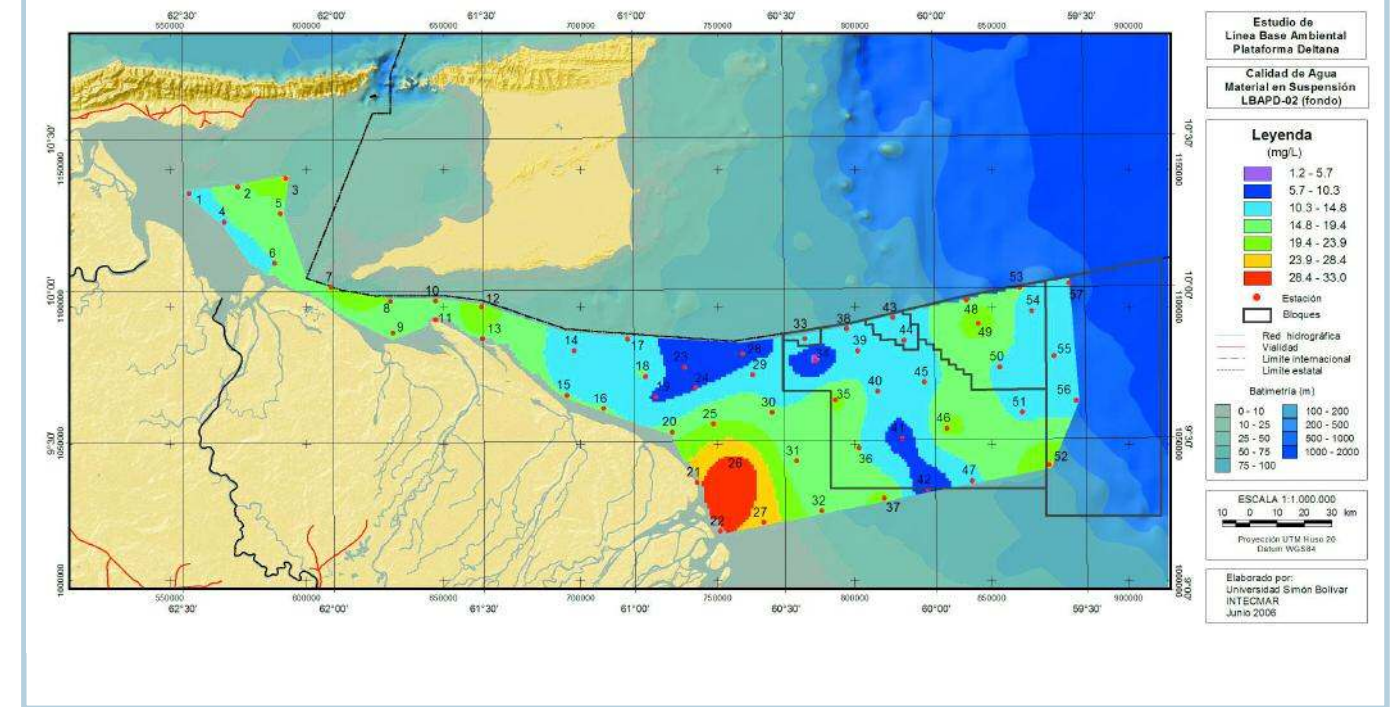
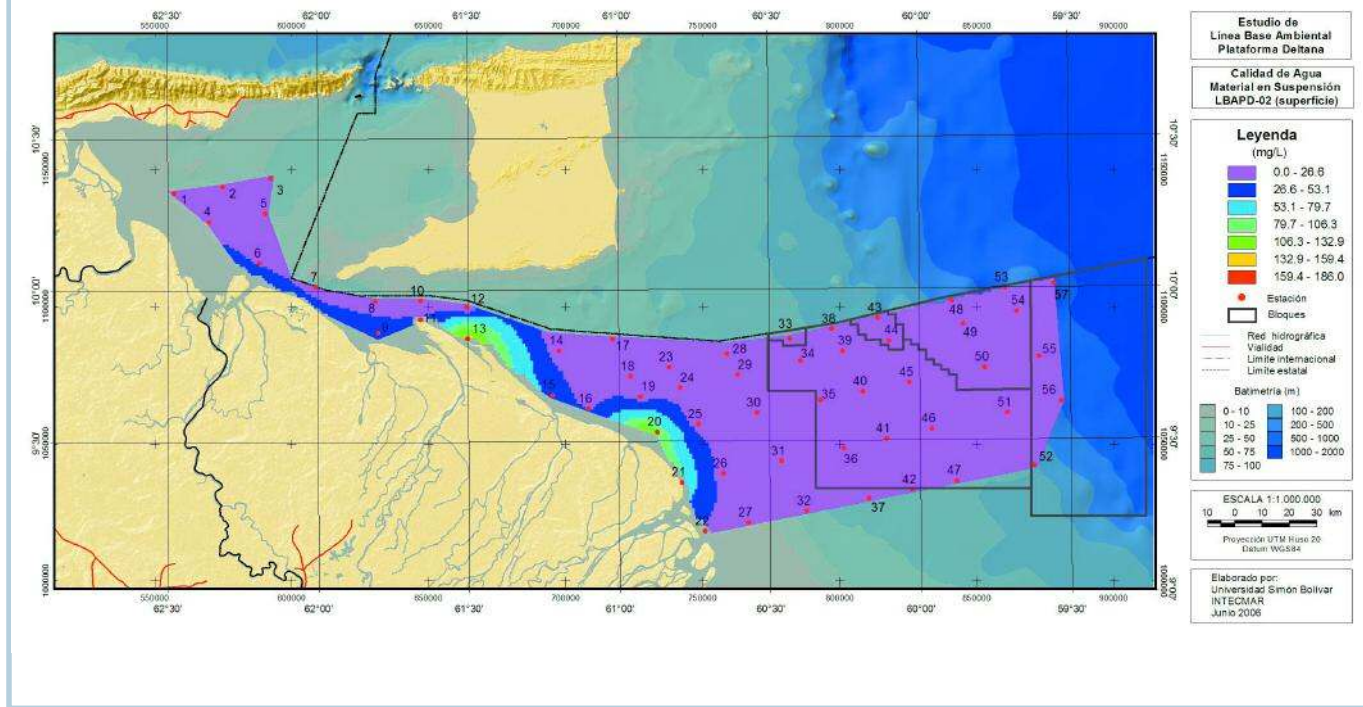
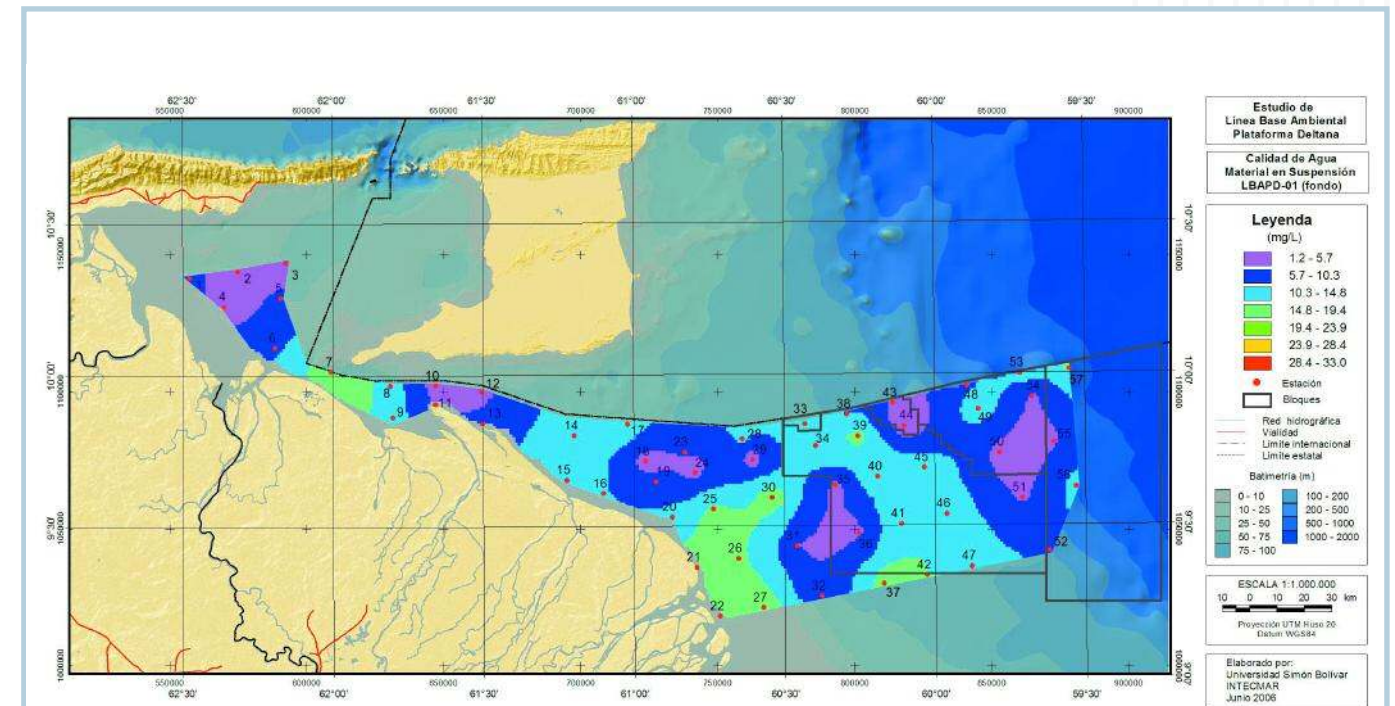
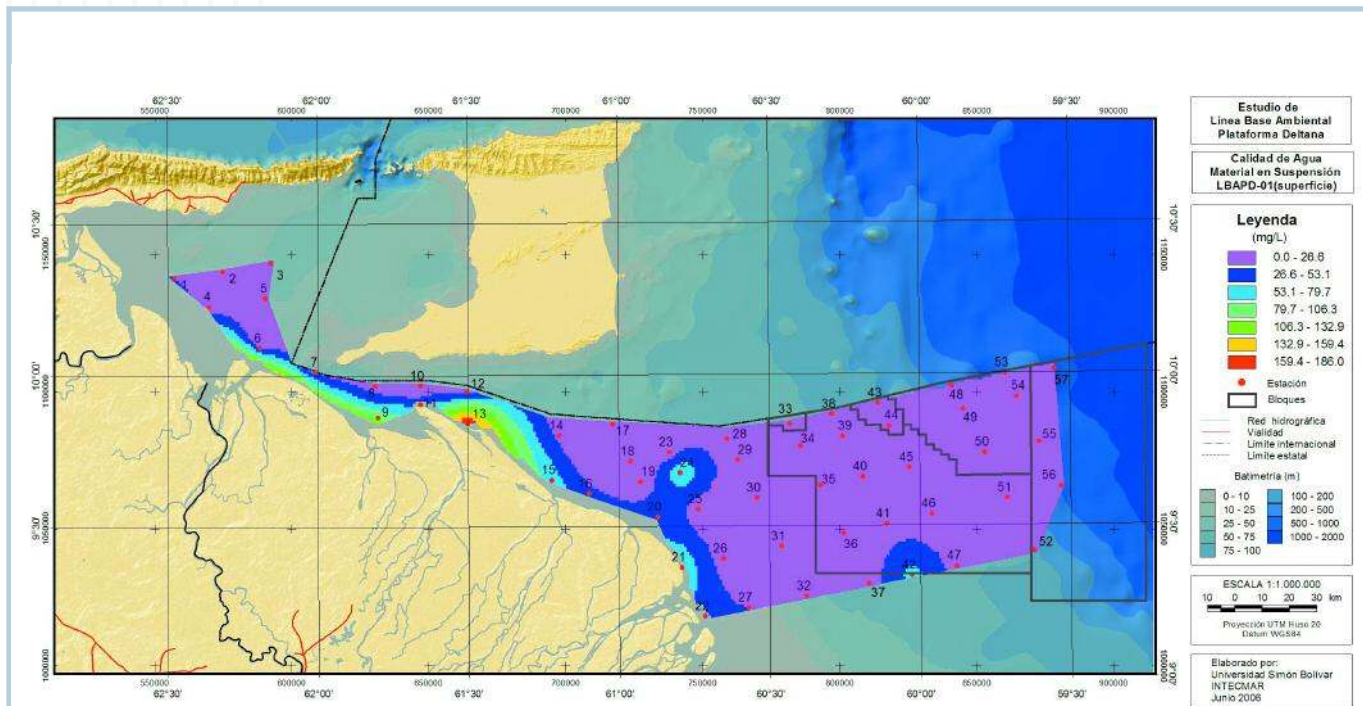


FIGURA 29 Distribución espacial del material en suspensión (MES) en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Delta

FIGURA 30 Distribución espacial del material en suspensión (MES) en fondo, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Delta

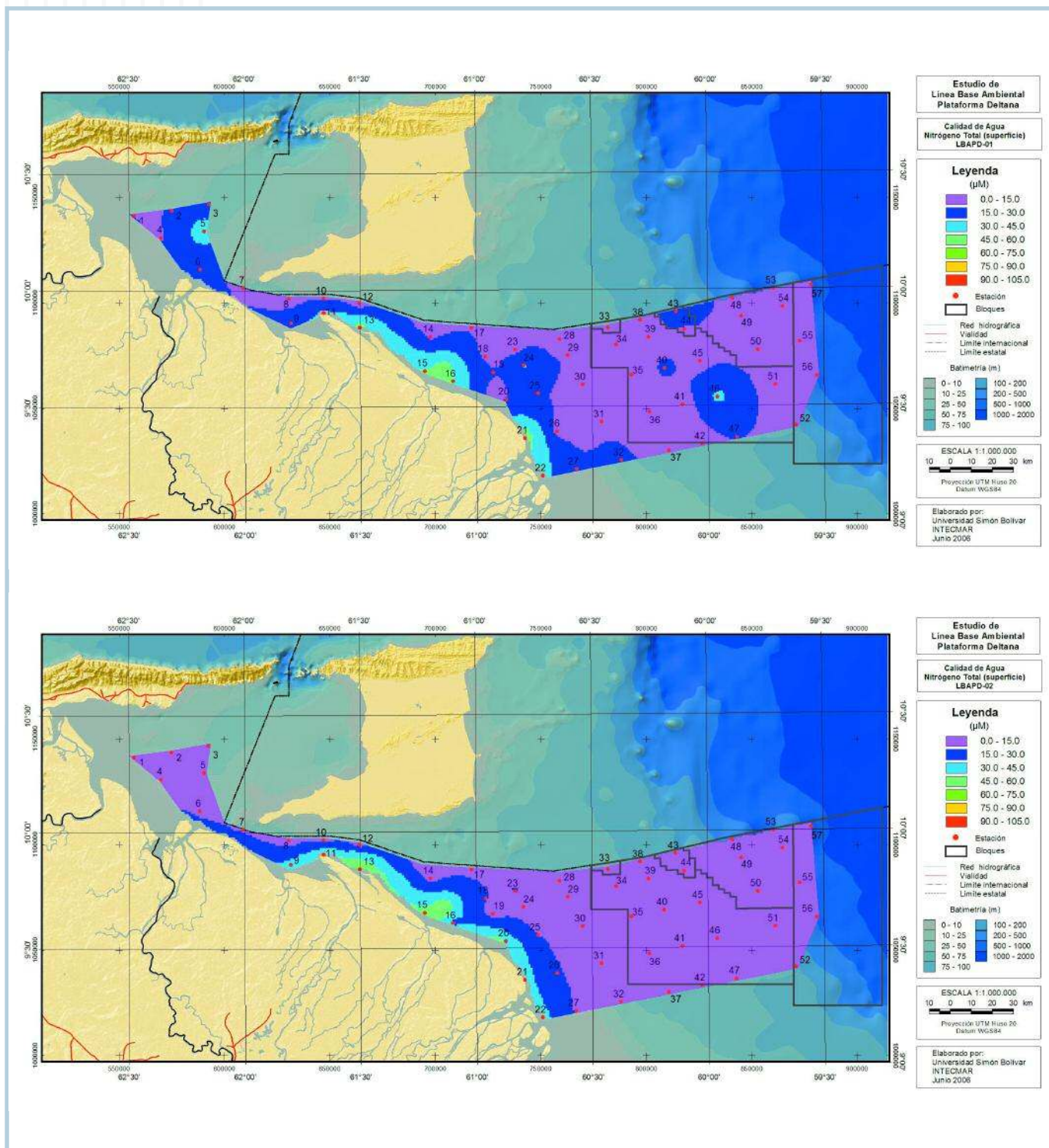


FIGURA 31 Distribución espacial del nitrógeno total (µM) en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltaica

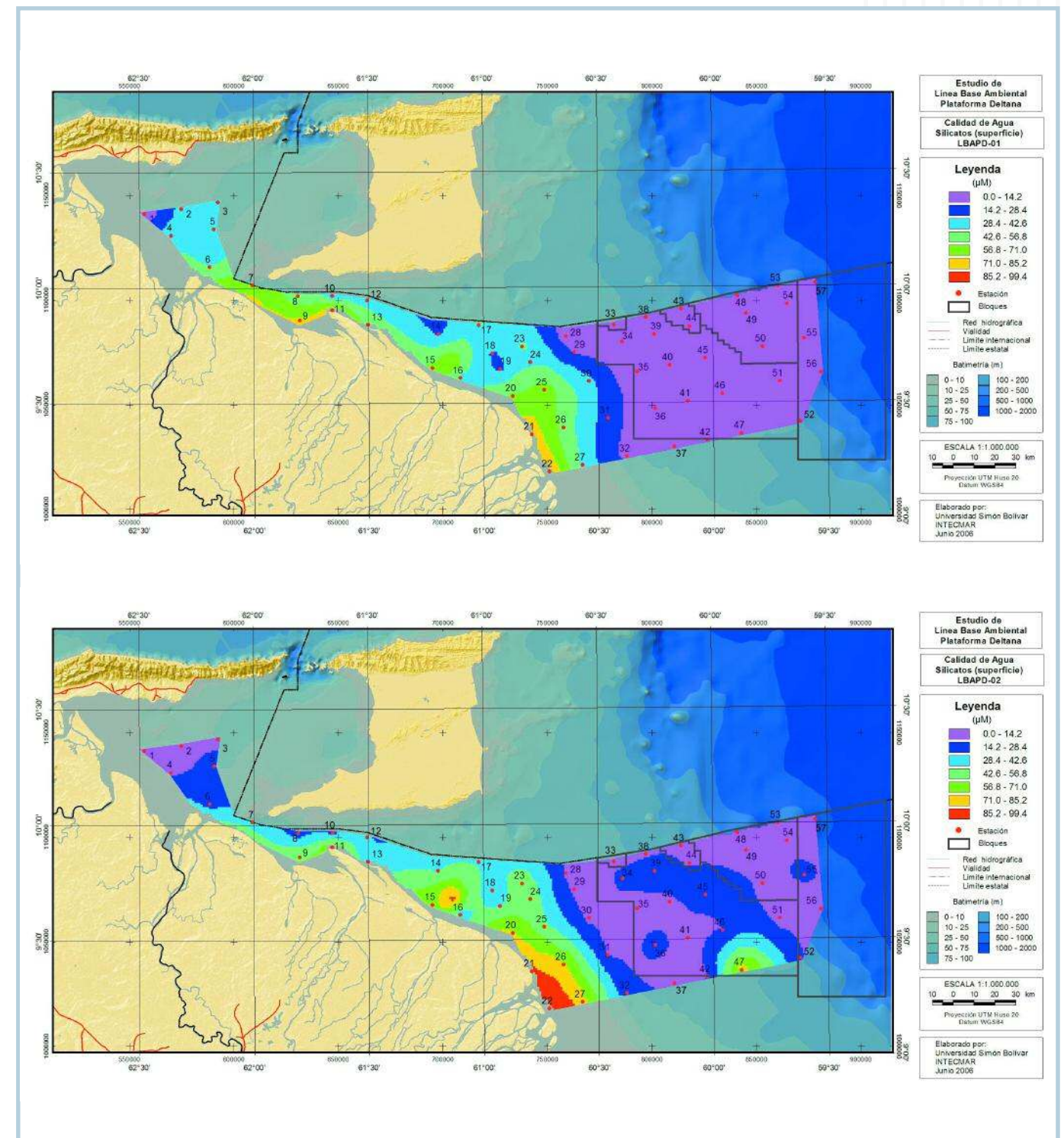


FIGURA 32 Distribución espacial de los silicatos (µM) en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltaica

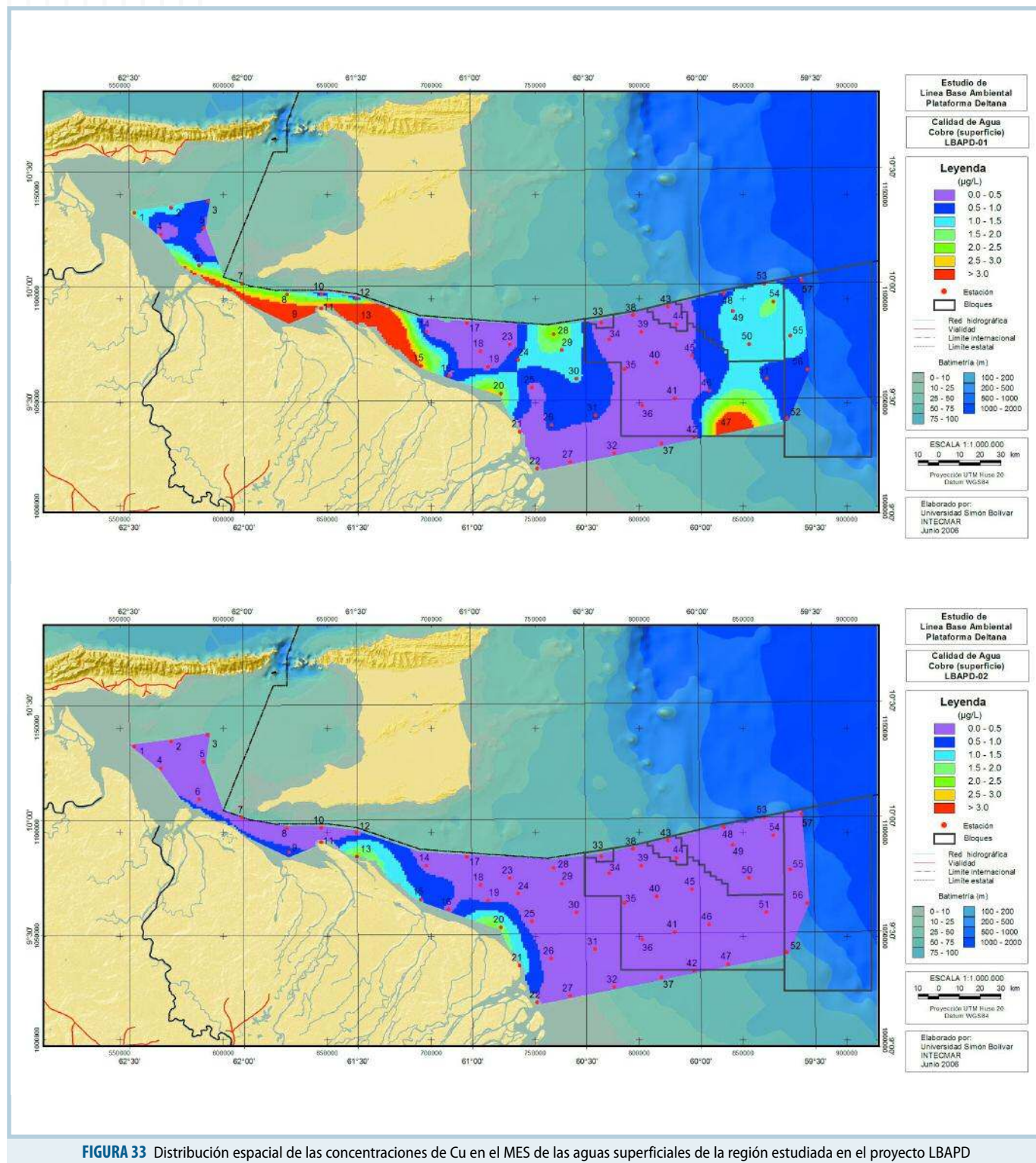


FIGURA 33 Distribución espacial de las concentraciones de Cu en el MES de las aguas superficiales de la región estudiada en el proyecto LBAPD

Patrones y tendencias

Igualmente, se procedió a realizar un análisis multivariado para el sector de Boca de Serpiente. En este sector, y a diferencia de lo que ocurre en el Golfo de Paria, no existe una diferencia entre las épocas en las cuales las estaciones del sector de Boca de Serpiente fueron muestreadas (Figura 34). La distribución de las estaciones a lo largo del primer eje de variación obedece a las mayores concentraciones de silicatos y NT en las estaciones ubicadas del lado negativo del eje horizontal de la figura, y a la presencia de estaciones particulares que poseen concentraciones elevadas de metales pesados. Es muy probable que la falta de patrones claros en la distribución de las estaciones obedezca a su cercanía a la desembocadura del río Orinoco y que las diferencias que existan entre ellas obedezcan más a procesos que estén operando a escalas espaciales mucho más pequeñas que las consideradas en este estudio.

Como resumen de la información analizada para este sector, las masas de agua están influenciadas por: aguas de origen continental, de ríos que drenan en la zona (caños del delta del río Orinoco principalmente) y



FIGURA 34

Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas tomadas en seis estaciones (indicadas en números) en la región de Boca de Serpientes (estaciones 8 a la 13) durante dos períodos del año (▲ lluvia, ▼ sequía)

aguas de origen oceánico que se mezclan y aceleran en esta región. Los parámetros oceanográficos de mayor influencia son: material en suspensión (MES), la concentración de nitrógeno total y silicatos, y el contenido del cobre y manganeso. De todas éstas, los últimos 4 resultaron relevantes en los análisis estadísticos realizados (Figura 35, variables en azul), separando sólo las estaciones 9, 11 y 13, según las épocas del año.

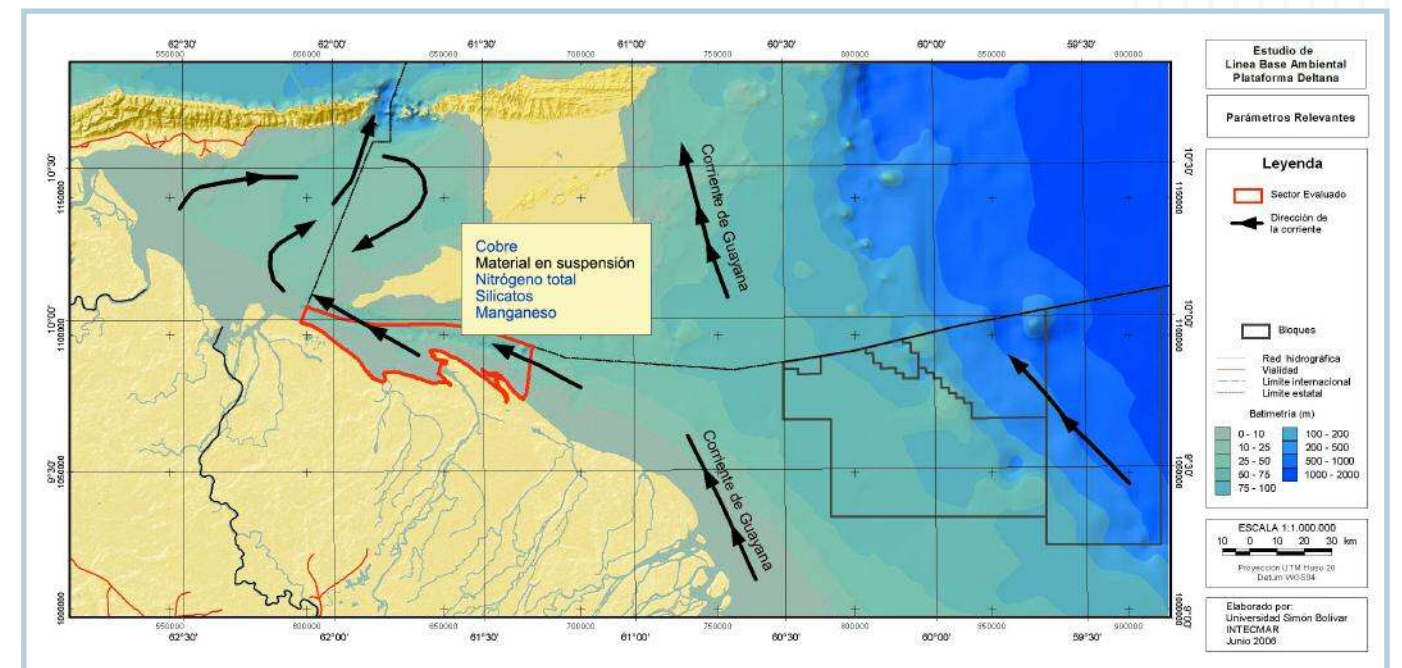


FIGURA 35 Patrón general de corrientes en la región de estudio, donde se señalan los parámetros de mayor relevancia para Boca de Serpiente

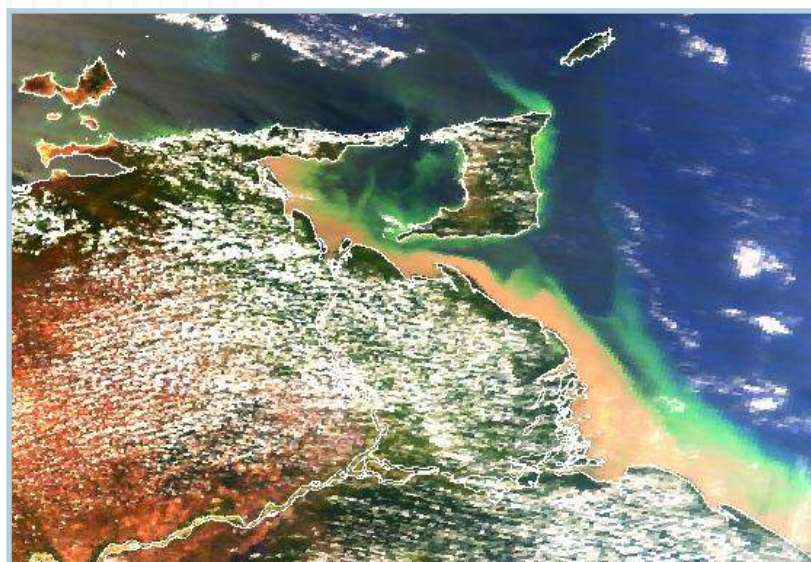


FIGURA 36
Imagen Modis (06/03/07) (RGB-321) mostrando en tonos pardos la pluma de sedimentos proveniente del río Orinoco

Fuente: Laboratorio de Procesamiento de Imágenes de Satélite. Intecmar, USB

PLATAFORMA DELTANA

Hidrografía

En la Plataforma Deltana podemos distinguir dos zonas bien definidas, según sus condiciones hidrográficas y químicas. La primera está constituida por la zona bajo influencia de la desembocadura de los diferentes caños del Orinoco (río Grande), que comprende casi toda la plataforma costera, con 15 estaciones (14-32) (Figura 36), y que se extiende hasta unos 50-60 m de profundidad (esta zona se denominará “somera”). Esta zona presenta estratificación moderada, con valores de anomalía menores a 200 J/m^3 . Si se toma la isolínea de 100 J/m^3 , como indicador de mezcla moderada, se puede observar una zona costera muy susceptible a la mezcla vertical (Figura 37). La segunda zona, más profunda y más al Este, se extiende a partir de los 50-60 m con 13 estaciones (13-57), de influencia propiamente marina, pero altamente estratificada (esta zona se denominará “profunda”). Un aspecto dinámico muy interesante es la presencia de “lentes de agua” de mayor temperatura ($>29,8^\circ\text{C}$) y salinidad ($\sim 35 \text{ psu}$) que ingresan del Sureste. Estas “lentes”, localizadas a 50 km de la costa, se aproximan durante la temporada de sequía a escasos 20 km de la costa. En aguas tropicales, estos núcleos han sido asociados a afloramientos fitoplanctónicos [5]. El origen de estos “lentes” se atribuye a la interacción

que producen los grandes giros que se desplazan desde la retroflexión de la corriente norte de Brasil; que al aproximarse al talud costero se deforman, produciendo turbulencia, y por ende creando meandros y giros de menor escala [6]. Dadas estas diferencias, estas zonas son analizadas por separado.

PLATAFORMA DELTANA SOMERA

Parámetros oceanográficos

El parámetro de mayor variación en esta zona es la salinidad, que puede variar entre un mínimo de 0,3 (estaciones litorales) hasta un máximo de 36‰, con un valor promedio de 19,2‰ ($\pm 10,4$) en época de lluvia; y 27‰ (± 10), en aguas superficiales (Tabla 7), reflejando una fuerte influencia de la estacionalidad del régimen de descarga (Figura 38). La distribución de las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas superficiales de la Plataforma Deltana somera variaron entre 3 y 7 ml/L en el período de lluvia y entre 5,6 y $<2 \text{ ml/L}$ en sequía (Tabla 7). Las elevadas concentraciones de oxígeno disuelto detectadas en el período lluvioso estuvieron ubicadas hacia la desembocadura de los caños.

Las concentraciones de material en suspensión en las aguas de superficie mostraron variación en las aguas superficiales y a nivel de fondo de la Plataforma Deltana somera. En lluvia alcanzaron máximos de 84 mg/L, mientras que en sequía fueron de casi el doble, 135 mg/L, evidenciando la gran influencia de los caños del Orinoco sobre esta zona (Figura 29). Los sedimentos suspendidos son finos y llegan a las corrientes de los ríos por procesos de erosión pluvial de la cuenca vertiente o por lavado del material suelto de los márgenes y pueden tener un efecto perjudicial directo sobre la vida de los organismos acuáticos y su hábitat, así como, un efecto indirecto a través de su influencia sobre la turbidez y reducción de la penetración de la luz en el agua, reduciendo la producción primaria y entorpeciendo el desarrollo de las macrofitas bentónicas.

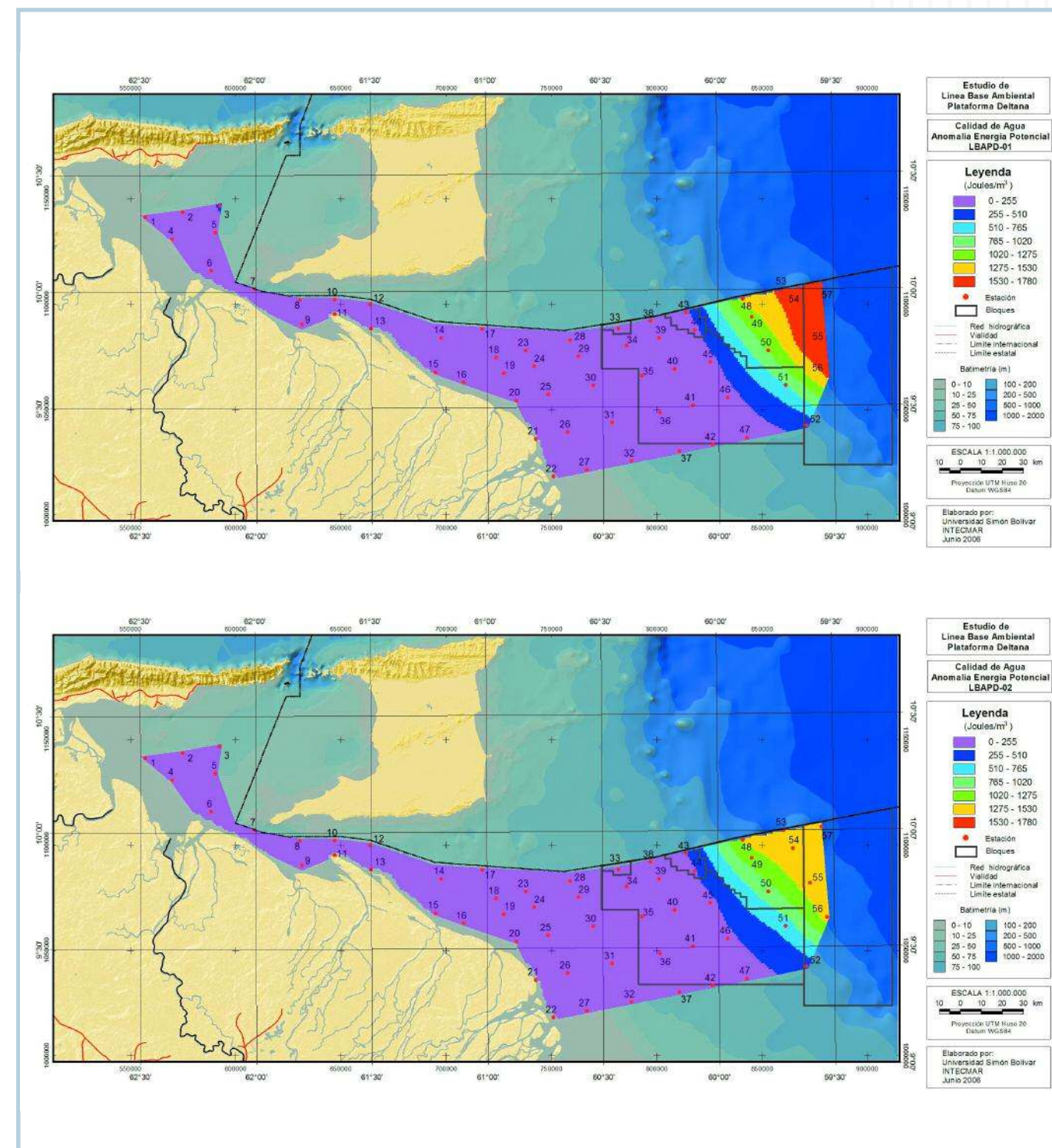


FIGURA 37 Distribución espacial de la estratificación (anomalía energía potencial) $[\text{J/m}^3]$, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en Plataforma Deltana somera, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo

Campañas	Valor	Variables fisicoquímicas					Nutrientes					Metales pesados										
		PROF m	T °C	pH	SAL ‰	O ₂ ml/L	MES mg/L	NT μmol/L	NH ₄ μmol/L	NO ₂ μmol/L	NO ₃ μmol/L	PT μmol/L	PO ₄ μmol/L	Si(OH) ₄ μmol/L	Cu μg/L	Mn μg/L	Fe μg/L	Cd μg/L	Ni μg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Mg mg/L
LBAPD-01	Nivel superficie																					
	Promedio		29,1	8,1	19,2	5,3	20,1	16,8	1,3	0,2	1,9	0,6	0,3	27,8	0,5	2,3	1,1	0,1	1,8	0,0	0,0	0,2
	Desv. est.		1,0	0,7	10,4	0,8	21,7	13,5	1,9	0,2	2,2	0,4	0,4	25,4	0,8	7,8	4,9	0,3	3,1	0,0	0,0	0,2
	Máximo		30,0	8,8	34,9	7,5	83,6	56,6	9,8	0,5	7,1	1,9	2,4	85,8	3,1	42,3	26,3	1,1	10,5	0,0	0,0	0,9
	Mínimo		26,5	6,1	0,3	3,3	2,7	5,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	2,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Nivel de fondo																					
	Promedio		46,5	26,6	8,3	36,4	4,2	11,2	19,6	0,6	1,1	0,4	2,8	0,4	7,1	0,3	1,1	0,1	0,1	0,5	0,0	0,2
	Desv. est.		21,8	0,8	0,1	0,3	0,6	5,2	23,2	0,2	2,1	0,4	2,0	0,2	10,2	0,2	2,2	0,1	0,1	0,4	0,0	0,1
Máximo		73,0	28,7	8,4	36,9	5,2	18,3	107,3	1,0	10,8	1,5	6,4	1,1	52,4	0,7	9,1	0,7	0,2	1,5	0,0	0,5	
Mínimo		8,0	25,1	8,2	35,7	3,0	3,1	6,1	0,2	0,3	0,0	0,2	0,1	0,9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	
LBAPD-02	Nivel superficie																					
	Promedio		28,4	8,6	27,0	4,8	19,0	14,4	1,1	0,1	4,0	0,8	0,4	35,9	0,3	3,5	0,3	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0
	Desv. est.		0,6	0,4	9,7	0,3	26,4	14,0	0,9	0,2	3,4	1,1	0,3	29,0	0,5	7,2	0,9	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0
	Máximo		30,0	9,1	36,5	5,5	134,7	55,9	2,8	0,7	9,9	5,7	1,6	103,5	2,4	35,8	3,6	0,2	0,5	2,3	0,2	0,2
	Mínimo		27,5	7,4	0,5	3,8	2,9	2,7	0,0	0,0	0,7	0,2	0,1	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Nivel de fondo																					
	Promedio		46,1	25,8	8,7	35,7	3,4	14,4	10,6	1,0	0,2	5,4	0,6	0,9	13,2	0,2	1,7	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0
	Desv. est.		22,1	1,2	0,1	4,2	0,9	6,9	3,4	1,1	0,2	2,6	0,3	1,9	15,2	0,4	2,5	0,9	0,0	0,4	0,5	0,0
Máximo		72,0	27,7	8,9	36,8	4,9	33,2	16,3	3,6	1,0	10,5	1,3	9,8	76,4	1,8	9,8	3,6	0,1	1,6	1,3	0,1	
Mínimo		8,0	24,3	8,6	16,0	1,6	4,2	5,4	0,0	0,0	1,8	0,1	0,1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

TABLA 7

Nutrientes

Al igual que para la región de Boca de Serpiente, los valores de las concentraciones de nutrientes son bajos, destacando sólo los de nitrógeno total y los silicatos. Las mayores concentraciones de NT se registraron en las estaciones litorales, con máximos de 56 μmol/L (estación 21) y mínimos de 5,2 μmol/L (estación 38) para aguas superficiales. A nivel de fondo, se llegaron a registrar máximos de 107 μmol/L, probablemente como consecuencia del transporte de materia orgánica por las aguas oceánicas que penetran a la Plataforma Deltana (Tabla 7). Las variaciones de silicato en las aguas superficiales, durante el período de lluvias muestran que las mayores concentraciones se ubicaron hacia la zona costera, indicando que su principal fuente lo constituye el aporte del Orinoco a través de los diferentes caños que desembocan en la Plataforma Deltana (Figura 32). Se detectaron concentraciones cercanas

a los 86 μmol/L a la altura de la Boca de Araguao, manteniéndose las concentraciones elevadas en la desembocadura de los caños Guiniquina y Araguabisi. Durante el período seco la distribución superficial es parecida a la apreciada anteriormente, registrándose concentraciones superiores a 100 μmol/L (Tabla 7).

Metales

En general, los valores de las concentraciones de los metales son bastante bajos para ambas campañas y ambos niveles de profundidad (Tabla 7), pero se presentan las mayores concentraciones de los metales traza en el material en suspensión (MES), hacia la margen del litoral deltáico, específicamente en las desembocaduras de los caños que vierten sus aguas hacia la plataforma, así como hacia la desembocadura de los caños ubicados más al sur del delta del río Orinoco.

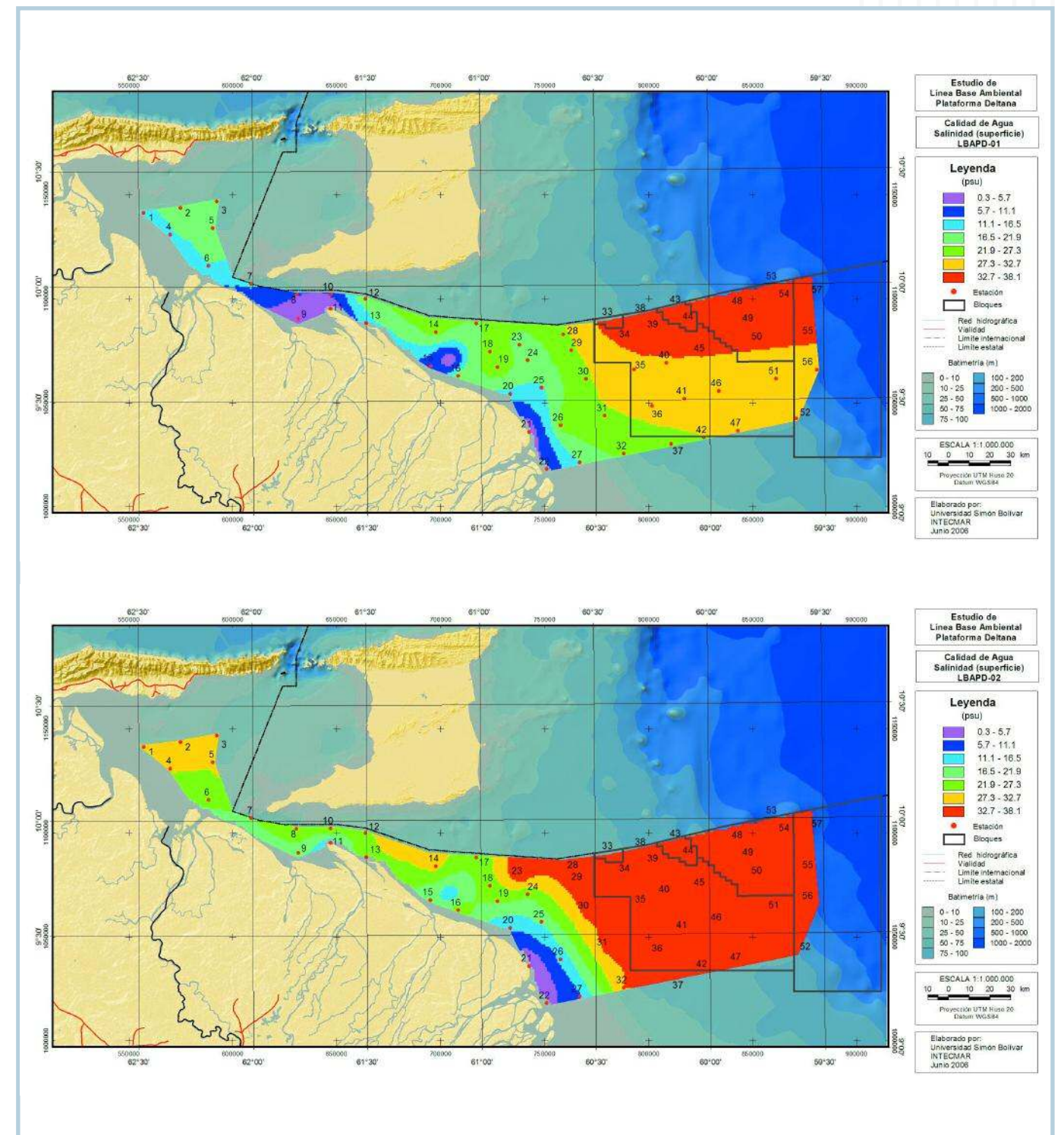


FIGURA 38 Distribución espacial de la salinidad (psu) en aguas superficiales durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

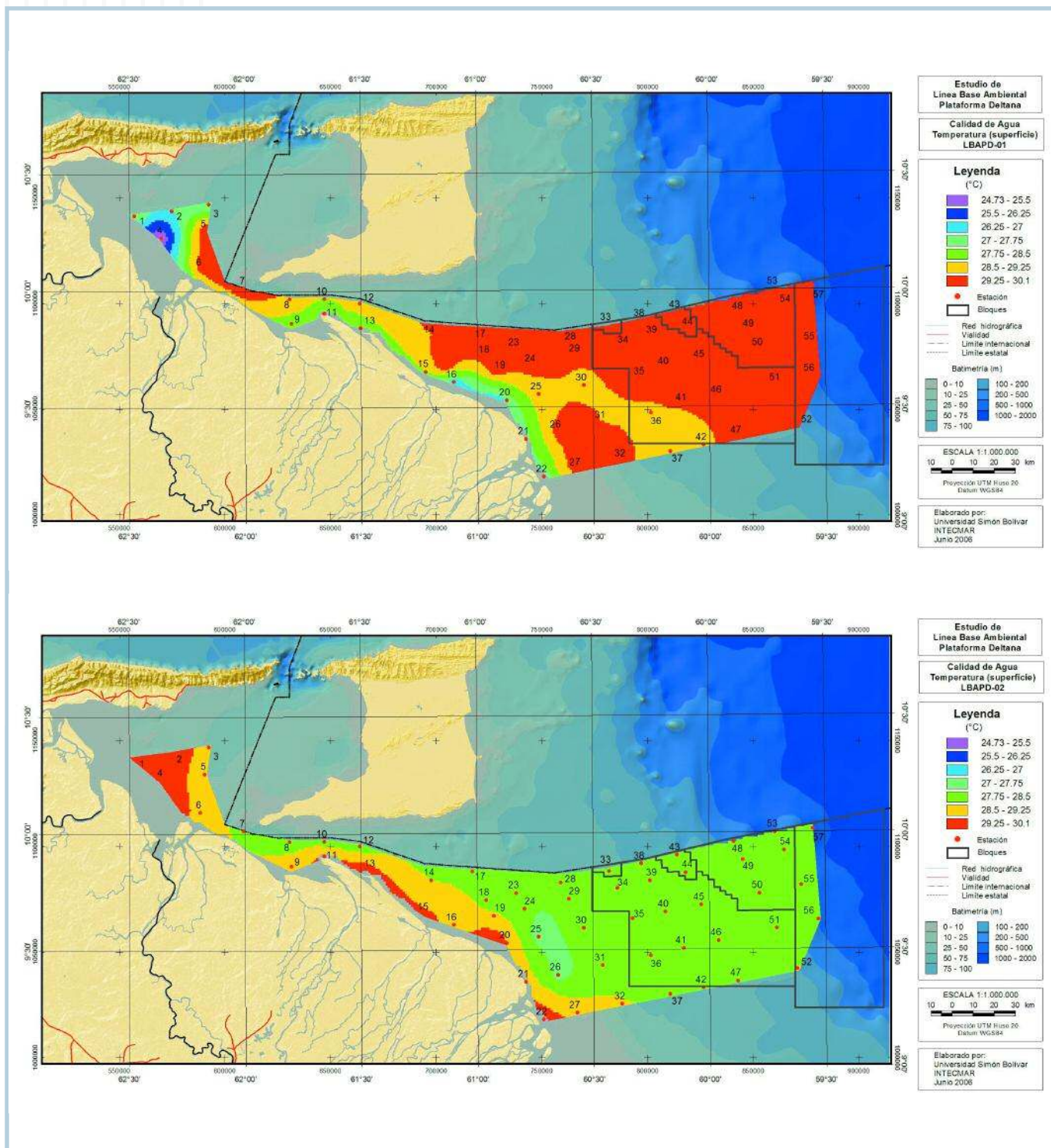


FIGURA 39 Distribución espacial de la temperatura (°C) en aguas superficiales durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltaica

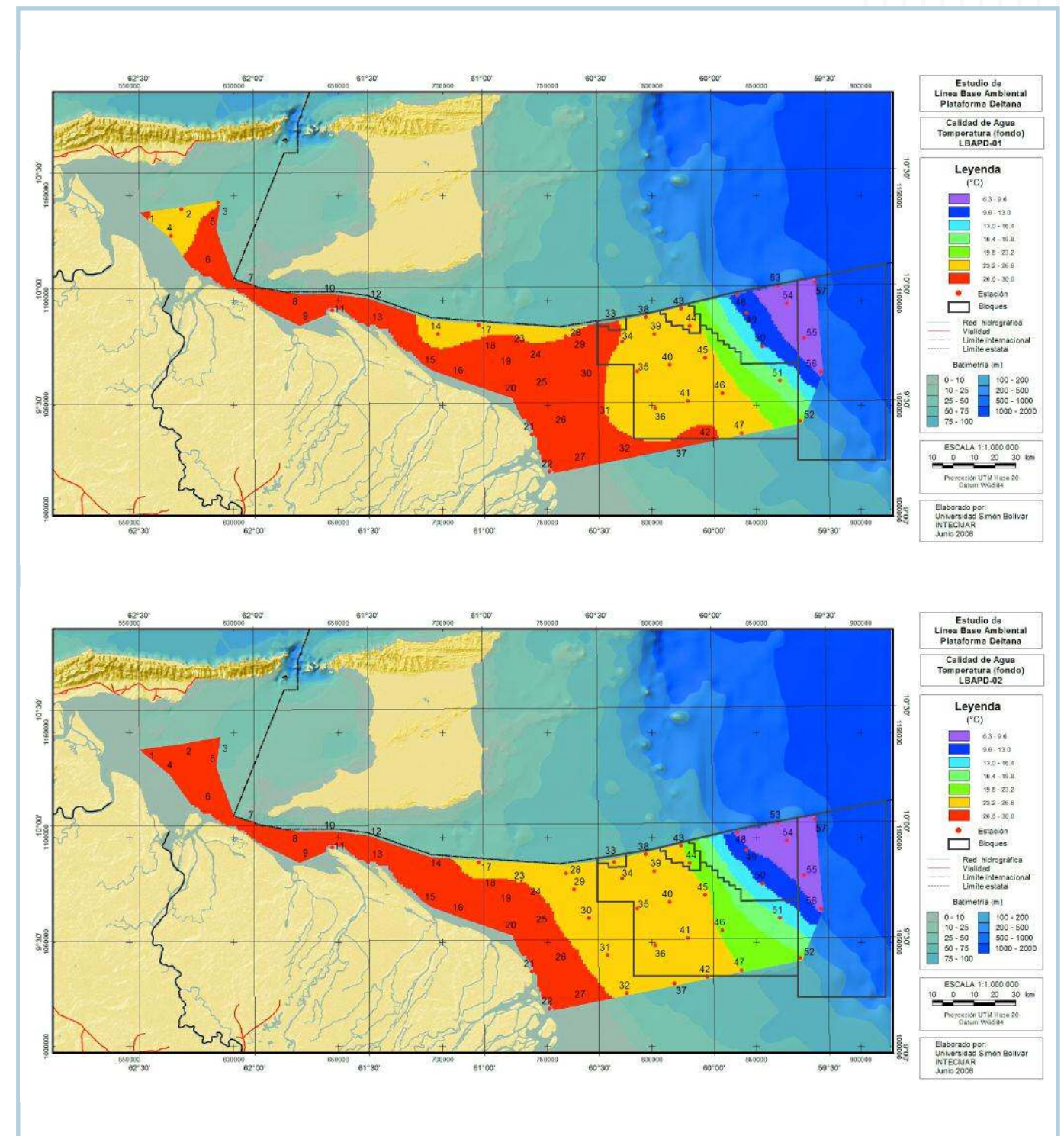


FIGURA 40 Distribución espacial de la temperatura (°C) en aguas de fondo durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltaica

PLATAFORMA DELTANA PROFUNDA

Parámetros oceanográficos

En general, se trata de aguas oceánicas profundas (máxima de 920 m, con un promedio

de 359 m \pm 306), más frías que las de la profundidad de la zona somera, con máximos de 29°C en la superficie (Figura 39), y mínimos de 6,8°C a nivel de fondo (Figura 40), salinidad estable (entre 34 y 35,6‰), y con presencia de masas de agua oceánicas con bajo contenido de oxígeno (<3,3 ml/L). Esta

Nutrientes

En general, los valores de las concentraciones de nutrientes son bajos, con valores promedio por debajo de 15 μ mol/L, característico de aguas oceánicas, oligotróficas, destacando sólo los de nitrógeno total (NT). La región

disminución de las concentraciones de oxígeno no está acompañada de cambios importantes en las variables físicas, lo cual sugiere que los procesos dominantes son los biológicos, como la actividad bacteriana, debido a los procesos de degradación de la materia orgánica.

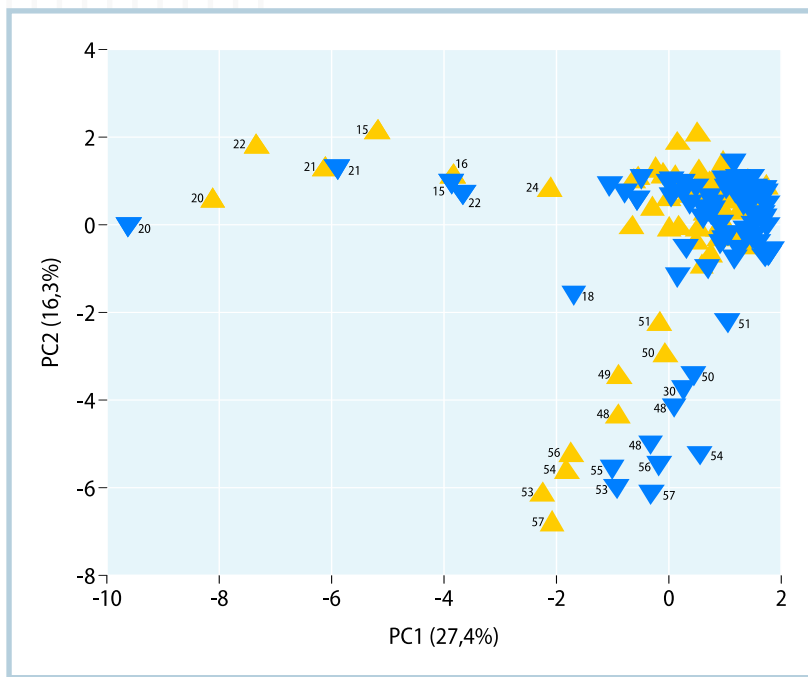


FIGURA 41
Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas tomadas en 44 estaciones (indicadas en números) en la región de Plataforma Deltana (estaciones 14 a la 57) durante dos períodos del año (▲ lluvia, ▼ sequía)

presentó concentraciones promedio cercanas a los 13,5 ($\pm 7,7$) $\mu\text{mol/L}$ en aguas superficiales, en época de lluvia (Tabla 8), con varios núcleos de concentraciones superiores a los 25 $\mu\text{mol/L}$, como consecuencia de los remolinos presentes en el área (“lentes”); pero las del fondo fueron mayores, alcanzando un máximo de 107 $\mu\text{mol/L}$ a 450 m de profundidad (estación 53), como consecuencia de la penetración

de las aguas oceánicas que se dirigen hacia la Plataforma Deltana. Las concentraciones en sequía fueron inferiores a las detectadas durante el período lluvioso y fueron del orden de los 18 $\mu\text{mol/L}$ (Figura 31). Las concentraciones de silicatos disminuyen gradualmente hacia la zona Atlántica, obteniéndose valores promedio por debajo de 16 $\mu\text{mol/L}$, en la zona donde se ubican los pozos exploratorios de la Plataforma Deltana en los bloques (Figura 32).

Metales

En la región oceánica las concentraciones son, en general, más bajas, pero posiblemente influenciadas por las descargas de los caños al Sur y al transporte de la corriente de Guayana que deja sentir su influencia durante este período del año. Estas concentraciones son generalmente más altas durante el período de lluvia, debido principalmente al aumento del material en suspensión que está asociado al incremento del caudal de descarga de todos los caños que drenan al Orinoco. Los valores de todos los metales están por debajo de 5 $\mu\text{g/L}$ en esta zona, y en algunos casos (Fe, Zn, Pb), no están presentes (Tabla 8).

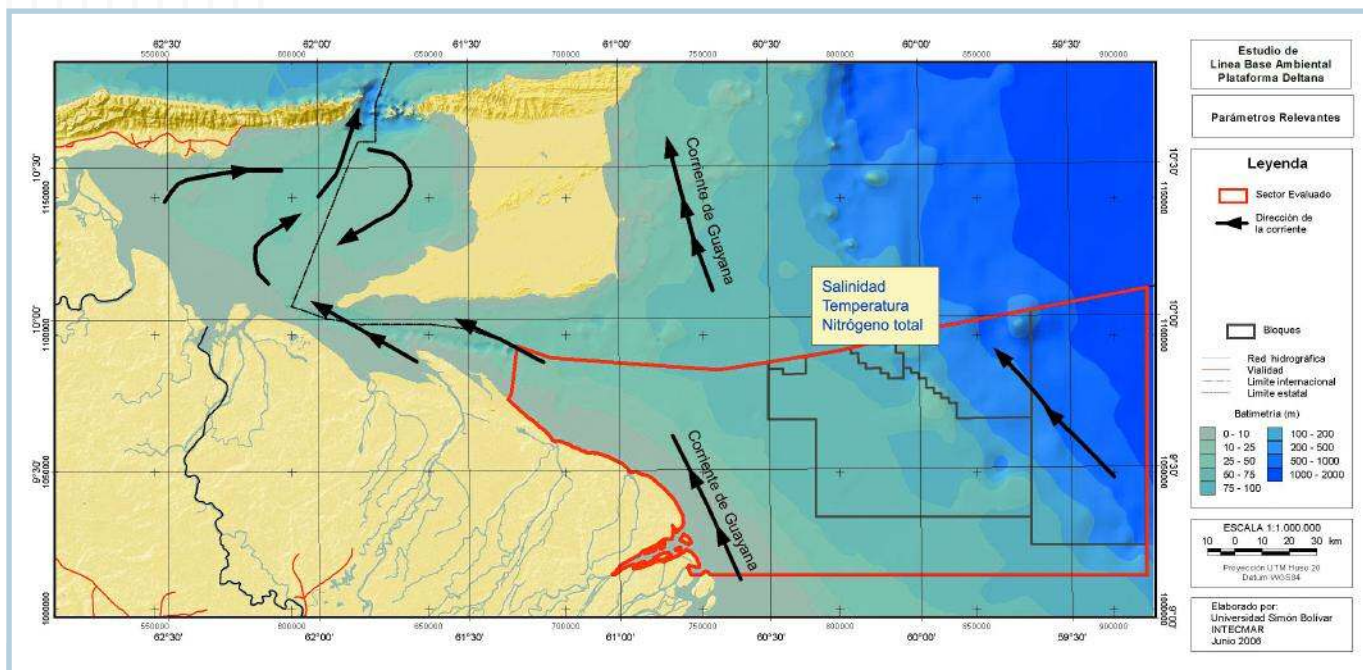


FIGURA 42 Patrón general de corrientes en la región de estudio, donde se señalan los parámetros de mayor relevancia para Plataforma Deltana

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en Plataforma Deltana profunda, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo

Campañas	Valor	Variables fisicoquímicas						Nutrientes						Metales pesados									
		PROF	T	pH	SAL	O ₂	MES	NT	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PT	PO ₄	SI(OH) ₄	Cu	Mn	Fe	Cd	Ni	Pb	Zn	Mg	
		m	°C		‰	ml/L	mg/L	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{mol/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	mg/L	mg/L	mg/L	
LBAPD-01	Nivel superficie																						
	Promedio		29,7	8,4	34,9	4,8	9,5	13,5	0,5	0,0	0,3	0,2	0,3	3,0	1,1	0,3	0,0	0,1	1,3	0,0	0,0	0,2	
	Desv. est.		0,1	0,1	0,0	0,2	4,2	7,7	0,4	0,1	0,4	0,2	0,6	2,1	1,2	0,3	0,0	0,1	0,6	0,0	0,0	0,1	
	Máximo		29,9	8,4	35,0	5,1	13,8	34,0	1,2	0,2	1,4	0,8	2,2	10,0	5,0	1,1	0,0	0,3	2,2	0,0	0,0	0,3	
	Mínimo		29,5	8,1	34,9	4,5	0,5	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	
	Nivel de fondo																						
	Promedio	358,3	16,0	7,8	35,0	3,5	9,3	29,8	0,7	0,1	11,4	1,4	0,9	8,2	0,7	0,3	0,0	0,1	1,2	0,0	0,0	0,2	
	Desv. est.	306,5	7,8	0,3	0,2	0,7	4,7	24,8	0,5	0,1	7,7	1,0	0,9	5,9	0,7	0,2	0,0	0,1	0,9	0,0	0,0	0,1	
Máximo	921,0	25,5	8,3	35,2	4,6	15,6	107,6	1,8	0,4	23,5	2,9	2,4	16,7	2,6	0,7	0,0	0,3	3,4	0,0	0,0	0,5		
Mínimo	45,0	6,8	7,4	34,8	2,7	1,1	7,4	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0		
LBAPD-02	Nivel superficie																						
	Promedio		28,1	8,9	34,5	4,6	13,3	7,5	0,0	0,1	1,1	0,4	0,3	16,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0		
	Desv. est.		0,2	0,1	0,8	0,1	1,4	2,9	0,0	0,1	0,3	0,2	0,3	17,6	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0		
	Máximo		28,5	9,0	36,3	4,8	16,1	13,4	0,0	0,3	1,6	0,8	1,4	78,1	0,5	0,9	0,0	0,1	0,5	0,7	0,1		
	Mínimo		27,0	8,7	33,5	4,4	10,6	0,6	0,0	0,0	0,7	0,1	0,1	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
	Nivel de fondo																						
	Promedio	361,8	15,2	8,7	35,6	3,3	15,1	17,8	0,0	0,0	13,9	1,2	1,0	12,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0		
	Desv. est.	304,5	7,0	0,2	1,0	0,5	4,4	9,5	0,0	0,0	8,4	0,8	0,8	6,9	0,6	0,3	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0		
Máximo	920,0	24,2	8,9	37,2	4,0	24,3	32,9	0,0	0,1	23,7	2,4	2,1	24,0	2,4	0,8	0,0	0,0	0,3	1,7	0,2			
Mínimo	76,0	8,2	8,5	34,2	2,7	11,1	6,5	0,0	0,0	2,5	0,2	0,2	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			

TABLA 8

Patrones y tendencias

Del análisis realizado, existe un claro gradiente de distribución a lo largo del primer eje de ordenación representado por la distancia de las estaciones a la costa, donde las estaciones más cercanas a la misma están ordenadas del lado izquierdo del ACP y las estaciones alejadas de la costa se encuentran del lado derecho en la Figura 41, confirmando lo señalado anteriormente sobre la discriminación en zona somera y zona profunda. Igualmente existe un grupo que claramente se separa sobre el segundo eje, representado por puntos de muestreo en las capas de la columna de agua cercanas al

fondo de las estaciones profundas, las cuales son frías y presentan altas concentraciones de nutrientes (Figura 41).

Como resumen de la información analizada para este sector, las masas de agua están influenciadas por: una primera zona más somera, bajo la acción de la desembocadura de los diferentes caños del Orinoco, muy susceptible a la mezcla vertical y una segunda zona mucho más profunda y por ende más oceánica y altamente estratificada. Los parámetros oceanográficos y de calidad de las aguas de mayor influencia son: la salinidad, la temperatura y el nitrógeno total (Figura 42). ■

REFERENCIAS

1. Gibbs, 1970
2. Silva León, 2005
3. Howard, 1982
4. Marcussi y col., 1996
5. Longhurst y Pauly, 1987
6. Fukuoka, 1971

VISIÓN GENERAL SOBRE LA COLUMNA DE AGUA



2

2 | VISIÓN GENERAL SOBRE LA COLUMNA DE AGUA

Toda el área abordada en el estudio de la LBAPD, está influenciada por la conjugación de varios aspectos físicos importantes: descarga de los grandes ríos suramericanos, el régimen de marea y los aportes costeros de la denominada corriente de Guayana. Las descargas están influenciadas a su vez por el régimen de precipitación, que para la región es de tipo unimodal, con lluvias concentradas entre los meses de junio y octubre, a causa de la mayor actividad de la Zona de Convergencia Intertropical. Durante el periodo de sequía la Zona de Convergencia está en su ubicación más al Sur, caracterizado por vientos y evaporación máximos asociados con bajas temperaturas superficiales y poca o escasa precipitación. Por el contrario, para la estación lluviosa, la Zona de Convergencia Intertropical ocupa su posición más norteña,

caracterizada por vientos y evaporación de intensidad mínima, en oposición a máximas temperaturas superficiales y precipitaciones.

Como pudo observarse, entonces, luego del análisis realizado para las variables de la columna de agua, realmente existen dos grandes zonas, definidas según la mayor o menor influencia de la descarga del río Orinoco o de las aguas marinas, de carácter "peregrino", tal como lo expresa la Figura 28. Estas zonas son:

ZONA DE INFLUENCIA FLUVIAL

Se extendería desde el Golfo de Paria, incluyendo Boca de Serpiente y estaciones litorales del delta, hasta aproximadamente, los 50-60 m de profundidad, en la Plataforma

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos para ambas campañas en la Zona de Influencia Fluvial, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo

Campañas	Valor	Variables fisicoquímicas						Nutrientes						Metales pesados								
		PROF	T	pH	SAL	O ₂	MES	NT	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PT	PO ₄	SI(OH) ₄	Cu	Mn	Fe	Cd	Ni	Pb	Zn	Mg
		m	°C		‰	ml/L	mg/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L
LBAPD-01	Nivel superficie																					
	Promedio	28,77	8,08	16,94	5,27	34,46	18,32	1,51	0,14	2,03	0,58	0,27	33,12	1,28	9,02	1,24	0,12	2,18	0,00	0,01	0,25	
	Desv. est.	1,34	0,67	9,45	0,81	88,72	13,81	1,94	0,13	2,23	0,39	0,40	25,79	2,53	32,48	4,47	0,23	3,48	0,00	0,03	0,28	
	Máximo	30,04	8,82	34,93	7,45	554,00	56,59	9,77	0,54	7,05	1,94	2,42	91,41	12,38	169,50	26,29	1,13	14,25	0,00	0,16	1,52	
	Mínimo	24,70	6,12	0,06	3,14	1,20	5,23	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	2,70	0,05	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	
	Nivel de fondo																					
	Promedio	36,69	26,73	8,28	33,72	4,10	10,00	19,05	1,06	0,43	2,49	0,58	0,33	10,40	0,42	1,37	0,08	0,06	0,64	0,00	0,01	0,24
	Desv. est.	22,57	1,09	0,13	5,35	0,77	5,47	19,84	1,75	0,33	2,02	0,20	0,24	12,77	0,39	2,17	0,12	0,07	0,45	0,00	0,03	0,08
Máximo	73,00	29,50	8,61	36,92	5,19	18,30	107,26	10,78	1,46	6,42	0,95	1,07	52,44	1,38	9,13	0,69	0,25	1,53	0,00	0,17	0,55	
Mínimo	8,00	23,90	7,88	19,42	1,92	1,22	6,10	0,29	0,00	0,15	0,23	0,00	0,93	0,05	0,10	0,00	0,02	0,20	0,00	0,00	0,07	
LBAPD-02	Nivel superficie																					
	Promedio	28,60	8,61	26,01	4,70	23,30	15,77	1,29	0,13	3,77	0,78	0,44	34,20	0,34	7,11	0,55	0,02	0,06	0,40	0,03		
	Desv. est.	0,70	0,41	9,17	0,40	33,30	15,64	1,06	0,15	3,37	0,98	0,76	28,10	0,66	24,20	1,63	0,04	0,13	0,61	0,10		
	Máximo	30,00	9,17	36,50	5,48	149,30	65,27	4,62	0,65	10,64	5,73	4,92	103,50	2,75	154,33	9,35	0,18	0,53	2,30	0,59		
	Mínimo	27,46	7,37	0,48	3,32	2,90	2,72	0,00	0,00	0,71	0,20	0,00	7,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Nivel de fondo																					
	Promedio	38,48	26,69	8,68	34,81	3,43	15,45	9,80	1,25	0,36	4,47	0,61	0,71	12,34	0,16	2,32	0,11	0,02	0,14	0,27	0,01	
	Desv. est.	22,60	1,63	0,18	4,32	0,77	6,26	3,12	1,17	0,36	2,66	0,29	1,63	12,98	0,30	2,41	0,16	0,04	0,30	0,42	0,01	
Máximo	72,00	29,72	8,96	36,76	4,88	33,20	16,30	4,01	1,40	10,50	1,29	9,82	76,37	1,75	9,75	0,66	0,14	1,63	1,32	0,06		
Mínimo	7,50	24,26	8,28	16,02	1,62	4,20	5,43	0,00	0,02	0,85	0,10	0,05	2,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

TABLA 9

Deltana somera (aprox. 100 km de la costa). En esta zona, las variables hidrográficas y oceanográficas reflejan una mayor variabilidad, siendo las más consistentes: la salinidad, el contenido de oxígeno disuelto, el contenido de material en suspensión, algunos nutrientes (nitrógeno total y silicatos) y algunos metales (cobre y manganeso) (Tabla 9), además de ser generalmente turbias y poco o nada estratificadas. Dentro de esta zona, existen sub-zonas donde la influencia de la descarga del río Orinoco es extrema, dependiendo del régimen de precipitaciones (Boca de Serpiente y estaciones litorales), y otras sub-zonas que podrían funcionar como “sumideros” del material particulado aportado por estas descargas (Golfo de Paria). Existen, evidentemente, particularidades, entonces, en cada una de estas sub-zonas, y que han sido bien detalladas a lo largo del análisis de esta parte. Los valores presentados en la Tabla 9, representarían, entonces, a grandes rasgos,

los valores umbrales o de línea base para esta zona de mayor influencia continental.

ZONA DE INFLUENCIA MARINA

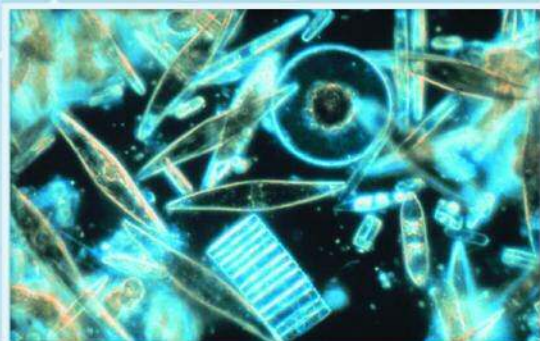
Se extendería desde los 50-60 m de profundidad hasta el final de la zona de estudio, a 920 m de profundidad, definida como Plataforma Deltana Profunda. En esta zona, las variables hidrográficas y oceanográficas que reflejan una mayor variabilidad, serían la temperatura, y la concentración del nitrógeno total (Tabla 10). La columna de agua de esta zona sería más estable, en términos de su estratificación y valores de salinidad, pero con bajos contenidos de silicatos y otros nutrientes, y masas de agua poco turbias. Los valores presentados en la Tabla 10, representarían, entonces, a grandes rasgos, los valores umbrales o de línea base para esta zona de mayor influencia marina. ■

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos para ambas campañas en la Zona de Influencia Marina, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo

Campañas	Valor	Variables fisicoquímicas					Nutrientes							Metales pesados									
		PROF	T	pH	SAL	O ₂	MES	NT	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PT	PO ₄	Si(OH) ₄	Cu	Mn	Fe	Cd	Ni	Pb	Zn	Mg	
		m	°C		‰	ml/L	mg/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
LBAPD-01	Nivel superficie																						
	Promedio	29,72	8,35	34,89	4,81	9,58	13,73	0,56	0,04	0,30	0,23	0,30	3,01	1,11	0,34	0,01	0,15	1,26	0,00	0,01	0,22		
	Desv. est.	0,11	0,07	0,05	0,19	4,37	7,89	0,35	0,06	0,40	0,21	0,59	2,13	1,25	0,28	0,01	0,08	0,56	0,00	0,01	0,07		
	Máximo	29,90	8,41	34,95	5,05	13,80	34,01	1,19	0,21	1,43	0,79	2,24	9,97	5,00	1,13	0,02	0,33	2,03	0,00	0,03	0,32		
	Mínimo	29,47	8,15	34,86	4,47	0,50	6,40	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	0,05	0,10	0,00	0,02	0,33	0,00	0,00	0,02		
	Nivel de fondo																						
	Promedio	380,71	15,33	7,81	34,97	3,39	9,02	30,69	0,75	0,09	12,07	1,44	0,94	8,71	0,72	0,28	0,01	0,14	1,16	0,00	0,01	0,24	
	Desv. est.	305,04	7,63	0,30	0,17	0,68	4,73	25,46	0,50	0,10	7,55	0,93	0,86	5,77	0,70	0,21	0,01	0,10	0,97	0,00	0,01	0,11	
Máximo	921,00	25,54	8,24	35,16	4,59	15,60	107,57	1,79	0,39	23,45	2,91	2,37	16,73	2,60	0,65	0,03	0,27	3,39	0,00	0,02	0,56		
Mínimo	76,00	6,84	7,40	34,84	2,74	1,10	7,35	0,00	0,00	0,48	0,05	0,00	0,44	0,05	0,07	0,00	0,02	0,14	0,00	0,00	0,00		
LBAPD-02	Nivel superficie																						
	Promedio	28,12	8,89	34,46	4,59	13,26	7,51	0,00	0,06	1,11	0,38	0,28	16,31	0,12	0,23	0,00	0,01	0,15	0,15	0,02			
	Desv. est.	0,18	0,07	0,75	0,14	1,36	2,92	0,00	0,10	0,27	0,25	0,33	17,58	0,11	0,29	0,00	0,01	0,19	0,25	0,02			
	Máximo	28,51	8,97	36,27	4,82	16,10	13,41	0,00	0,32	1,62	0,80	1,44	78,08	0,45	0,90	0,01	0,05	0,48	0,70	0,06			
	Mínimo	27,76	8,70	33,51	4,35	10,60	0,56	0,00	0,00	0,71	0,05	0,05	4,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Nivel de fondo																						
	Promedio	361,80	15,15	8,66	35,65	3,28	15,08	17,84	0,00	0,03	13,89	0,17	1,03	12,39	0,30	0,23	0,01	0,00	0,07	0,37	0,02		
	Desv. est.	304,47	7,00	0,15	1,00	0,50	4,40	9,52	0,00	0,03	8,44	0,80	0,79	6,89	0,60	0,26	0,01	0,00	0,11	0,46	0,04		
Máximo	920,00	24,20	8,86	37,19	4,02	24,30	32,88	0,00	0,10	23,74	2,39	2,14	23,96	2,38	0,83	0,03	0,00	0,31	1,69	0,16			
Mínimo	76,00	8,19	8,48	34,16	2,72	11,10	6,51	0,00	0,00	2,53	0,15	0,15	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

TABLA 10

COMPONENTE FITOPLANCTÓNICO



3

3 COMPONENTE FITOPLANCTÓNICO

El fitoplancton conforma la base trófica de los sistemas acuáticos, en particular de los cuerpos de agua oceánicos o de los sistemas costeros de relativa turbidez en los cuales la flora bentónica es escasa o inexistente. Las comunidades heterótrofas en estos ecosistemas dependen de la energía solar, que ha sido convertida en biomasa por el proceso de fotosíntesis que lleva a cabo el fitoplancton. De igual forma, el fitoplancton provee de sustrato energético a las comunidades microbianas, las cuales son a su vez consumidas en forma extensiva por la fauna bentónica detritívora. Estas características hacen del fitoplancton una de las comunidades de mayor importancia ecológica en los sistemas acuáticos.

Por otra parte, es un hecho bien conocido que el fitoplancton representa a un conjunto de organismos, los cuales debido a su talla pequeña, mantienen una alta tasa de recambio. El fitoplancton presenta un conjunto de características que son generalmente consideradas favorables para su uso en el monitoreo de la integridad de los ecosistemas. Entre estas características, Adamus y Brandt (1990), incluyen las siguientes:

El fitoplancton es esencial en las tramas tróficas y mantiene una estrecha conexión con los procesos fundamentales del ecosistema, como son la fotosíntesis y la respiración.

Existe disponibilidad de protocolos con estándares internacionales para muestrear tanto, la estructura, como el funcionamiento de las comunidades fitoplanctónicas.

Hay disponibilidad de procedimientos de colecta de fitoplancton estandarizados, los cuales tienen un impacto mínimo sobre el ecosistema bajo evaluación.

Es bien conocido el valor del fitoplancton como indicador ambiental, así como los niveles de tolerancia, en particular a ciertos nutrientes.

Las rápidas tasas de reproducción de las especies del fitoplancton, aunadas a sus cortos ciclos de vida, hacen a estos organismos muy sensibles a impactos de corta duración.

Otro parámetro de interés en la caracterización de los cuerpos de agua lo constituye la clorofila_a, el cual es un estimador de la biomasa fitoplanctónica. Los análisis de clorofila_a son de reciente interés en monitoreos de calidad ambiental gracias al desarrollo de metodologías de sensores remotos satelitales que permiten el análisis de las propiedades ópticas del agua, y con ello, la evaluación de la concentración de este pigmento fotosintético a amplias escalas. La concentración de clorofila_a en el agua ha probado ser altamente sensible como indicador diagnóstico de cambios espaciales y temporales en las condiciones hidrológicas y químicas de los ecosistemas^[1].

Son muchos los trabajos que se han llevado a cabo sobre el fitoplancton de las costas del país; sin embargo, para la zona de estudio, la mayoría de las investigaciones se han realizado en el Golfo de Paria^[2,3]; encontrándose la Plataforma Deltana casi inexplorada. Los trabajos más recientes sobre la composición de la comunidad fitoplanctónica para esta zona deltana incluyen los realizados por Spiniello y Pérez, (2005) para el frente Atlántico, y Spiniello y Arocha (2004) para el estuario del delta del Orinoco, donde se destaca que la zona litoral del delta presenta una flora planctónica altamente variable, en la escala temporal, representada principalmente por diatomeas, clorofitas y dinoflagelados. El frente Atlántico venezolano muestra a su vez, una composición caracterizada por especies de origen oceánico, donde las diatomeas conforman casi el 80% de la riqueza del fitoplancton. En relación a las investigaciones

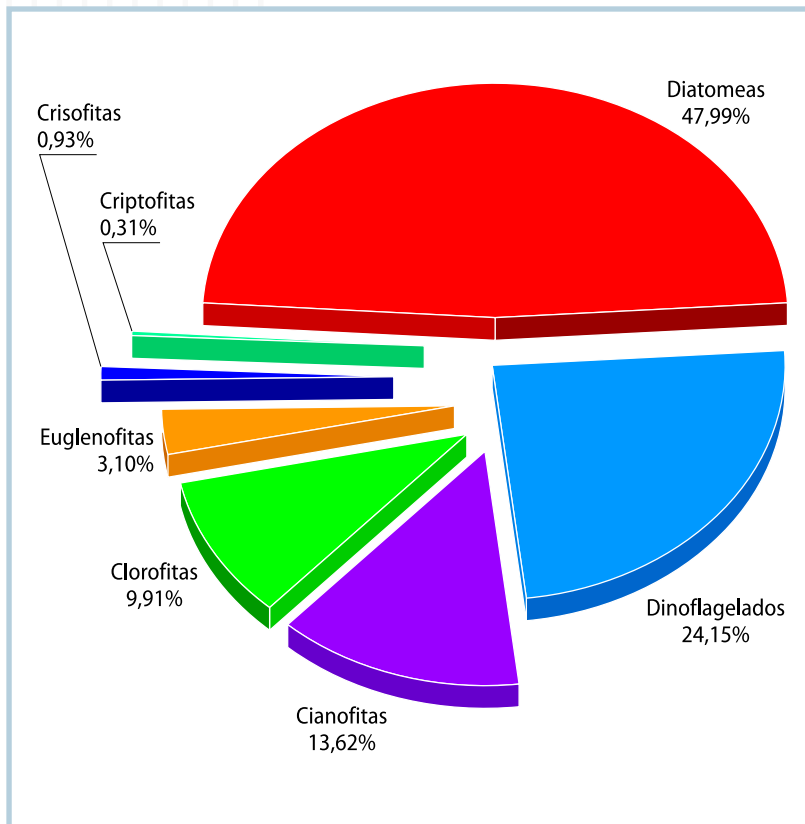


FIGURA 43 Importancia relativa de la riqueza de especies por grupos taxonómicos

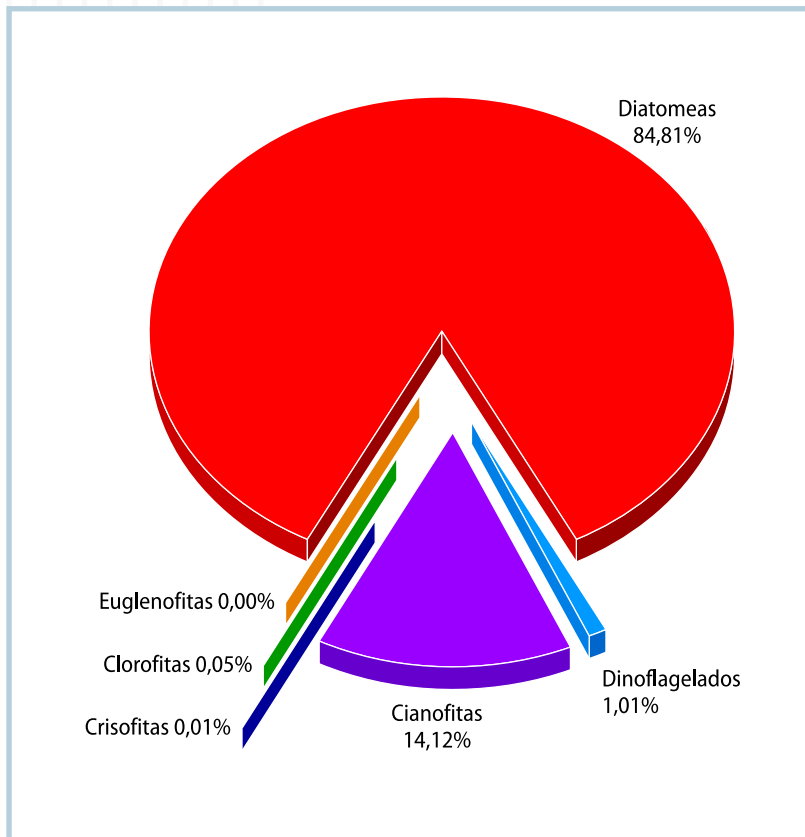


FIGURA 44 Importancia relativa de la abundancia de los grupos taxonómicos que conforman la comunidad fitoplanctónica

realizadas para el Golfo de Paria, el análisis de la composición revela una comunidad fitoplanctónica representada por 173 especies, donde igualmente se aprecia un alto porcentaje de diatomeas y densidades que variaron entre 466.417 y 109.187 cel/L, siendo valores comparables con los obtenidos en otras zonas costeras del país.

ESTRUCTURA GENERAL DE LA COMUNIDAD

El presente estudio reveló una composición de la flora planctónica representada por 323 especies agrupadas en siete divisiones, siendo estas: Bacillariofitas (diatomeas), Pirrofitas (dinoflagelados), Cianofitas (cianobacterias), Clorofitas, Euglenofitas, Crisofitas y Criptofitas (Figura 43).

Esta composición puede ser considerada como propia de las zonas costeras del país^[4,5] ya que el 82% de las especies reportadas se han detectado para otros sistemas marinos de Venezuela. Asimismo, el 62% de las especies reportadas son de distribución cosmopolita para nuestras costas^[4]. Del total de especies identificadas, se observan 59 registros nuevos para las costas del país, debido principalmente a la presencia de ciertas especies de clorofitas y euglenofitas, que son propias de sistemas dulceacuícolas, lo cual además revela la influencia continental en la zona bajo estudio.

Se encontró además un 71% de similitud con la composición observada para los estudios realizados en el frente Atlántico^[5] y un 89% de similitud con la composición registrada para los estudios de la Reserva de Biosfera del Delta del Orinoco, particularmente en las estaciones costeras^[6].

Con respecto a la abundancia de organismos planctónicos, se encontró que el grupo de las Diatomeas conforma casi el 85%, seguido de las Cianofitas, con 14%. Los otros grupos muestran una muy baja representatividad en el área (Figura 44).

VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES A NIVEL DE LA COMUNIDAD

En el marco espacial, los menores valores de riqueza de especies se observaron en el sector de Boca de Serpiente y la zona litotal de Plataforma Deltana (Figura 45), lo cual es de esperarse dado el fuerte carácter estuarino que presentan las aguas en ambas zonas. Es de resaltar que los sistemas estuarinos se caracterizan por presentar bajos valores de riqueza de especies, ya que son pocas las especies capaces de tolerar los amplios rangos de variación en el marco físico-ambiental que ocurren en este tipo de aguas^[7]. Asimismo, se observa que los mayores valores de riqueza de especies ocurren hacia aguas de mayor influencia oceánica, particularmente hacia las zonas nerítica y oceánica de Plataforma Deltana, donde la mayor estabilidad del ambiente, dada su lejanía de la influencia continental, promueve la presencia conjunta de un mayor número de especies.

Respecto a la variación espacial de la abundancia del fitoplancton (Figura 46), se observa claramente que el sector Boca de Serpiente presenta valores significativamente mayores de este parámetro en relación a lo que se detecta para el resto de los sectores bajo estudio. Esta característica también es de esperarse dada la condición estuarina de la zona, que provoca, no sólo una baja riqueza de especies, sino también altas densidades, debido a que si bien son pocas las especies que pueden desarrollarse bajo un amplio rango de variación ambiental, aquellas que lo logran se vuelven muy exitosas y en consecuencia abundantes. Esta particularidad no fue observada para la zona somera de Plataforma Deltana; aún cuando, tal y como se mencionó anteriormente, las aguas de esta zona también están fuertemente influenciadas por los aportes de agua dulce continental y en consecuencia presentan condiciones estuarinas. Es probable que la gran cantidad de material particulado en suspensión que acarrea la descarga del Orinoco provoque una elevada turbidez,

altamente desfavorable para el desarrollo numérico de las especies que aquí confluyen.

Es de hacer notar que la abundancia observada para la zona nerítica y oceánica de Plataforma Deltana concuerda con lo esperado para zonas de mayor influencia oceánica, en las cuales la riqueza de especies es alta, pero la abundancia es menor que para zonas costeras^[8]. El Golfo de Paria, por su parte, presenta un comportamiento particular, con riqueza de especies y valores de abundancia total intermedios comparados con el resto de los sectores de estudio.

FIGURA 45 Riqueza total de especies en cada uno de los sectores

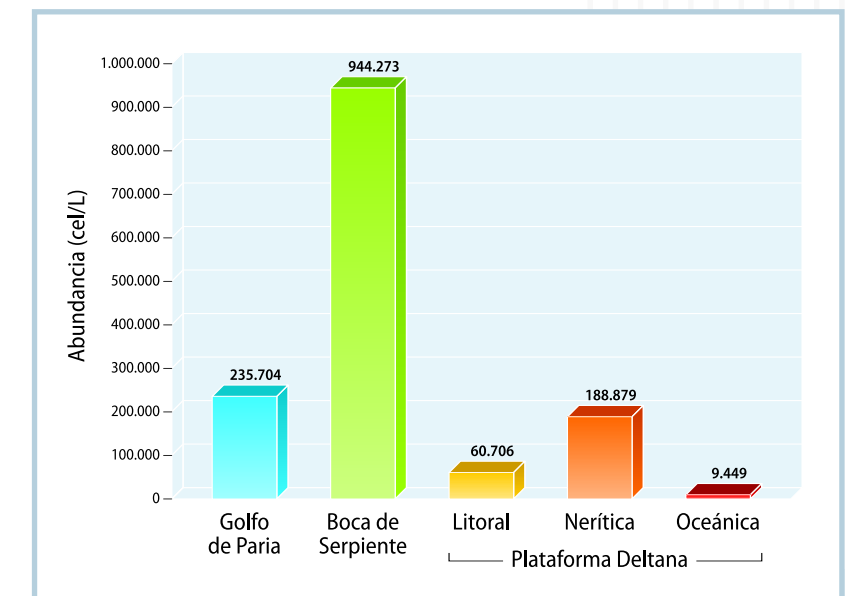
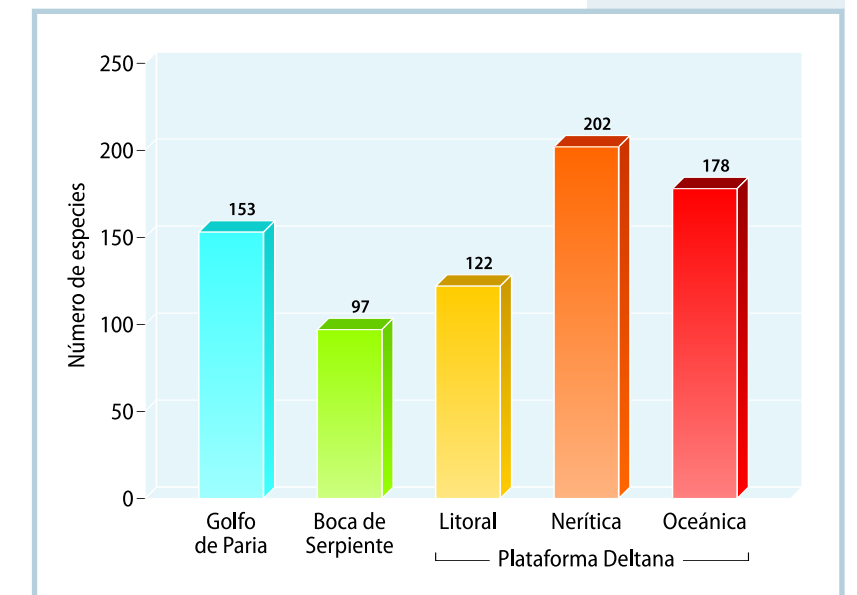


FIGURA 46 Variación espacial de la abundancia total del fitoplancton en cada uno de los sectores

VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS GRUPOS TAXONÓMICOS

En cuanto a la representatividad de cada uno de los grupos taxonómicos en relación a su distribución espacial, se observa que nuevamente las diatomeas conforman el grupo de mayor representatividad en términos de su riqueza (Figura 47). Igualmente se observa que para las zonas neríticas y oceánicas de Plataforma Deltana, así como para el Golfo de Paria, los dinoflagelados conforman el segundo grupo en importancia respecto al número de especies. Esta composición, caracterizada por dominancia de diatomeas

FIGURA 47

Variación espacial de la importancia relativa de la riqueza de especies por grupos taxonómicos entre cada sector

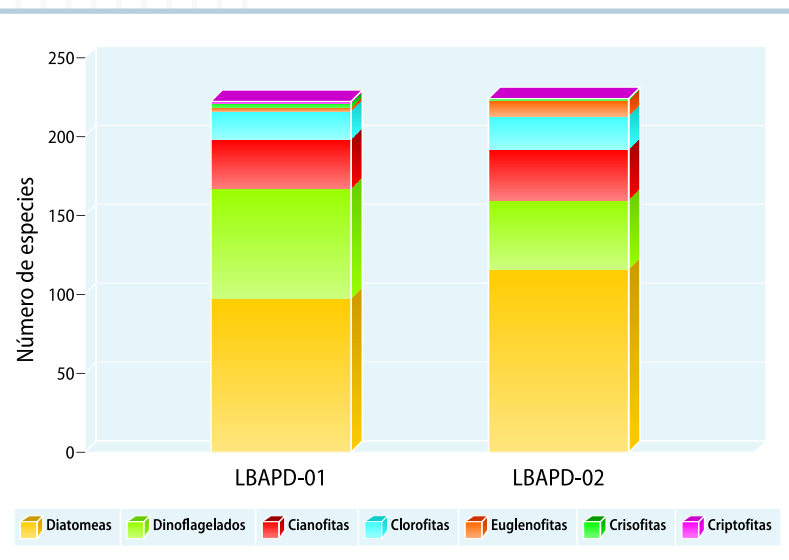
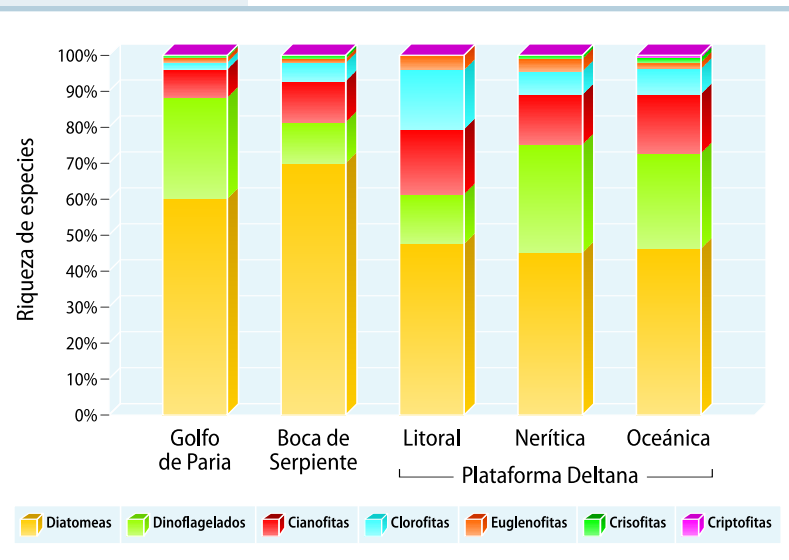


FIGURA 48 Variación temporal en la riqueza de especies por grupos taxonómicos

o co-dominancia de diatomeas y dinoflagelados es característica de aguas costeras con importante influencia oceánica, ya que los dinoflagelados están bien representados en aguas con salinidades típicas de aguas marinas (cerca de 34-37‰).

En lo que respecta a la variación temporal del fitoplancton, cabe destacar que la riqueza de especies en ambas campañas fue bastante similar, con valores de 222 y 223 especies para las campañas LBAPD-01 y LBAPD-02, respectivamente (Figura 48). Sin embargo, se encontró apenas un 38% de similitud en cuanto a la composición de especies entre ambas campañas, lo que apunta hacia una importante variación temporal en la estructura de la comunidad fitoplanctónica.

En cuanto a la abundancia, se observa que las diatomeas capitalizan el mayor porcentaje de abundancia para los sectores de Golfo de Paria, Boca de Serpiente y la zona litoral de Plataforma Deltana; sin embargo la dominancia numérica de este grupo en las zonas nerítica y oceánica de la Plataforma Deltana se ve opacada por las cianofitas (Figura 49). Este grupo ocupa un amplio rango de nichos en los ecosistemas marinos de las regiones tropicales donde ocurren, tanto en aguas costeras como oceánicas, caracterizadas por bajas concentraciones de nutrientes y una alta estratificación de la columna de agua^[9], lo que sugiere que tanto la zona nerítica como la oceánica de la Plataforma Deltana se encuentran sujetas a estas condiciones ambientales.

Respecto a la abundancia total promedio del fitoplancton para cada campaña se observa claramente una diferencia significativa entre las dos campañas (Figura 50). Así, para la campaña LBAPD-01 la abundancia fitoplanctónica alcanzó un valor promedio de 466.417 cel/L, mientras que en la campaña LBAPD-02 la abundancia total resultó ser casi cuatro veces inferior (109.187 cel/L). La alta disimilitud en la composición de especies registrada entre las campañas de campo LBAPD-01 y LBAPD-02, aunado a la diferencia significativa de la

abundancia, indican que estamos en presencia de un sistema altamente dinámico en el cual la comunidad fitoplanctónica responde con un cambio radical en su estructura.

En la Figura 51 se muestran las diferencias temporales en la riqueza y en la Figura 52 la abundancia total del fitoplancton para cada uno de los sectores de estudio. Se observa un aumento en la riqueza de especies; tanto para el Golfo de Paria como para Boca de Serpiente, entre las campañas LBAPD-01 y LBAPD-02, y un comportamiento inverso para todas las zonas de la Plataforma Deltana. Respecto a la variación temporal de la abundancia, la drástica disminución de este parámetro para la campaña LBAPD-02 se hizo sentir en todos los sectores estudiados. Asimismo resalta que, para ambas campañas, Boca de Serpiente conforma el sector de mayor abundancia fitoplanctónica.

VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS GRUPOS DOMINANTES

Diatomeas

Como se mencionó anteriormente, las diatomeas representaron el grupo taxonómico de mayor peso numérico para la comunidad fitoplanctónica del área de estudio, así como en riqueza de especies, en todos los sectores considerados. Al observar el patrón de distribución espacial y temporal de las Diatomeas en términos de abundancia, se puede concluir que las variaciones analizadas anteriormente, dependen en gran medida, de las variaciones mostradas por este grupo, y son muy marcadas en Boca de Serpiente (salida de los caños, Figuras 53 y 54).

Dinoflagelados

Los dinoflagelados conformaron el segundo grupo en importancia, sobre todo en riqueza de especies. Al observar la distribución espacial de los dinoflagelados durante la

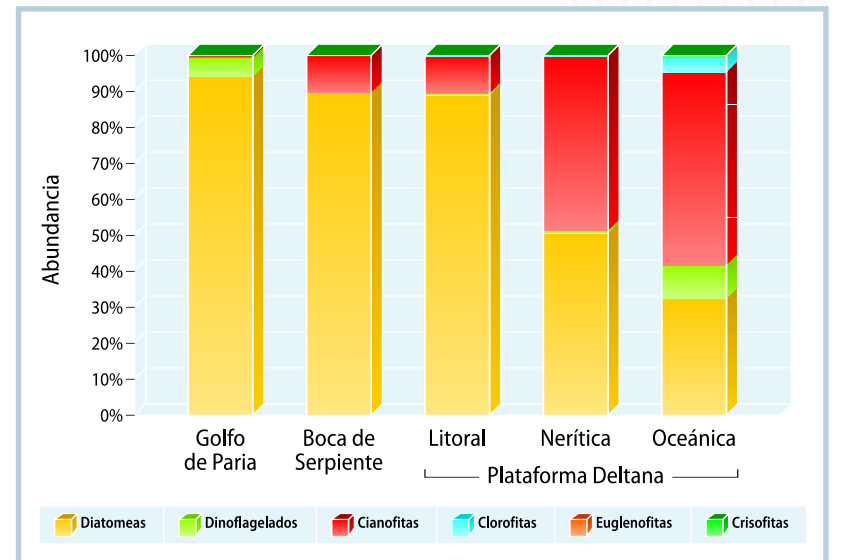


FIGURA 49 Variación espacial de la importancia relativa en la abundancia numérica de grupos taxonómicos entre cada sector

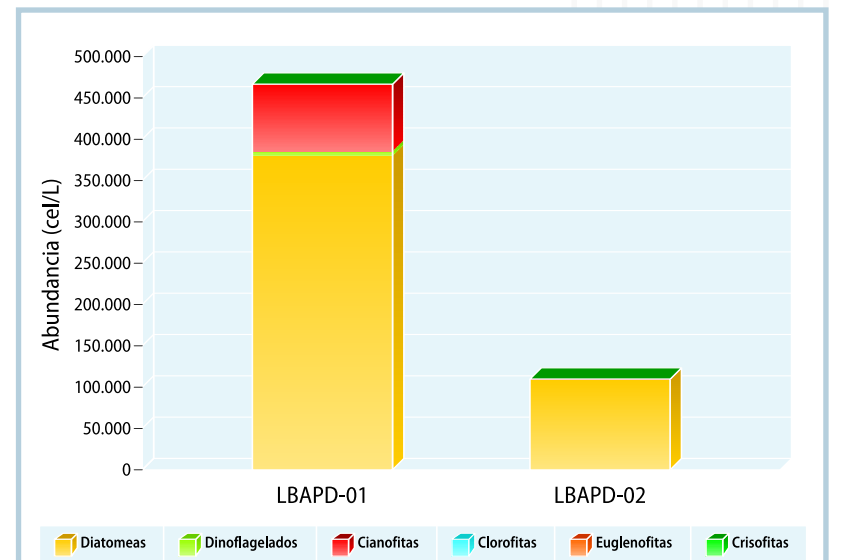


FIGURA 50

Variación temporal en la abundancia numérica de grupos taxonómicos

primera campaña (Figura 55), se detecta que tanto el sector Boca de Serpiente como la zona litoral de Plataforma Deltana muestran una pobre representación de este grupo taxonómico, debido particularmente a que los dinoflagelados son principalmente de procedencia marina y menos tolerantes a variaciones en la salinidad. Esto los hace un grupo indicador de la intensidad de la influencia continental sobre el área de estudio. Los mayores valores de abundancia se registraron en el sector del Golfo de Paria, pero fueron bastante más bajos durante la segunda campaña, la de sequía (Figura 56).

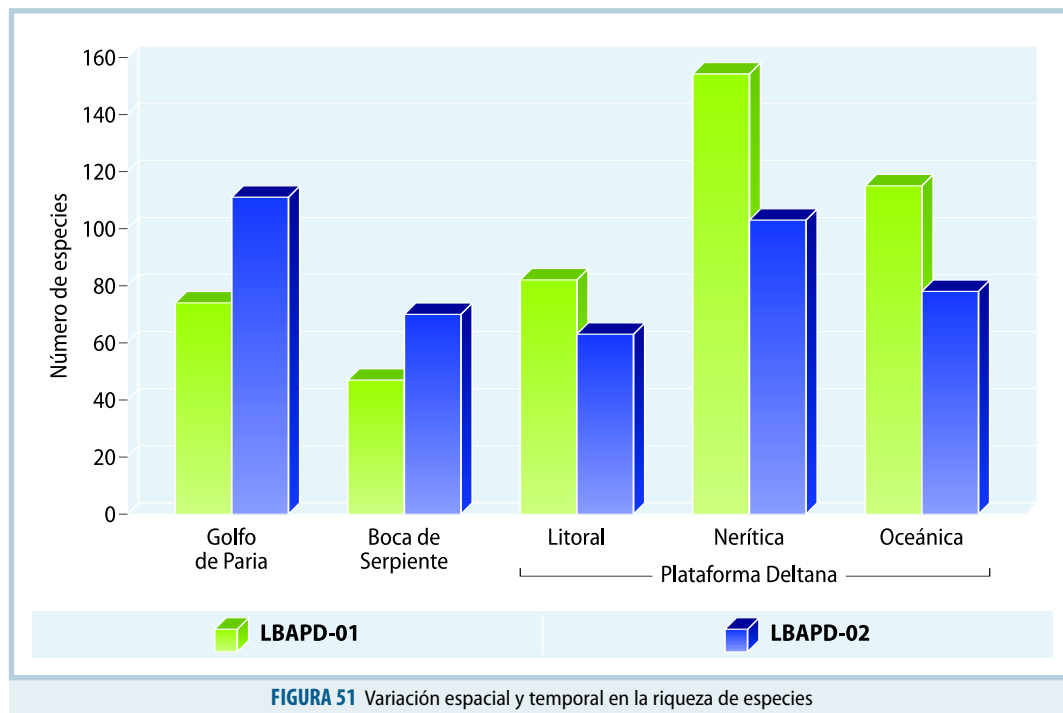


FIGURA 51 Variación espacial y temporal en la riqueza de especies

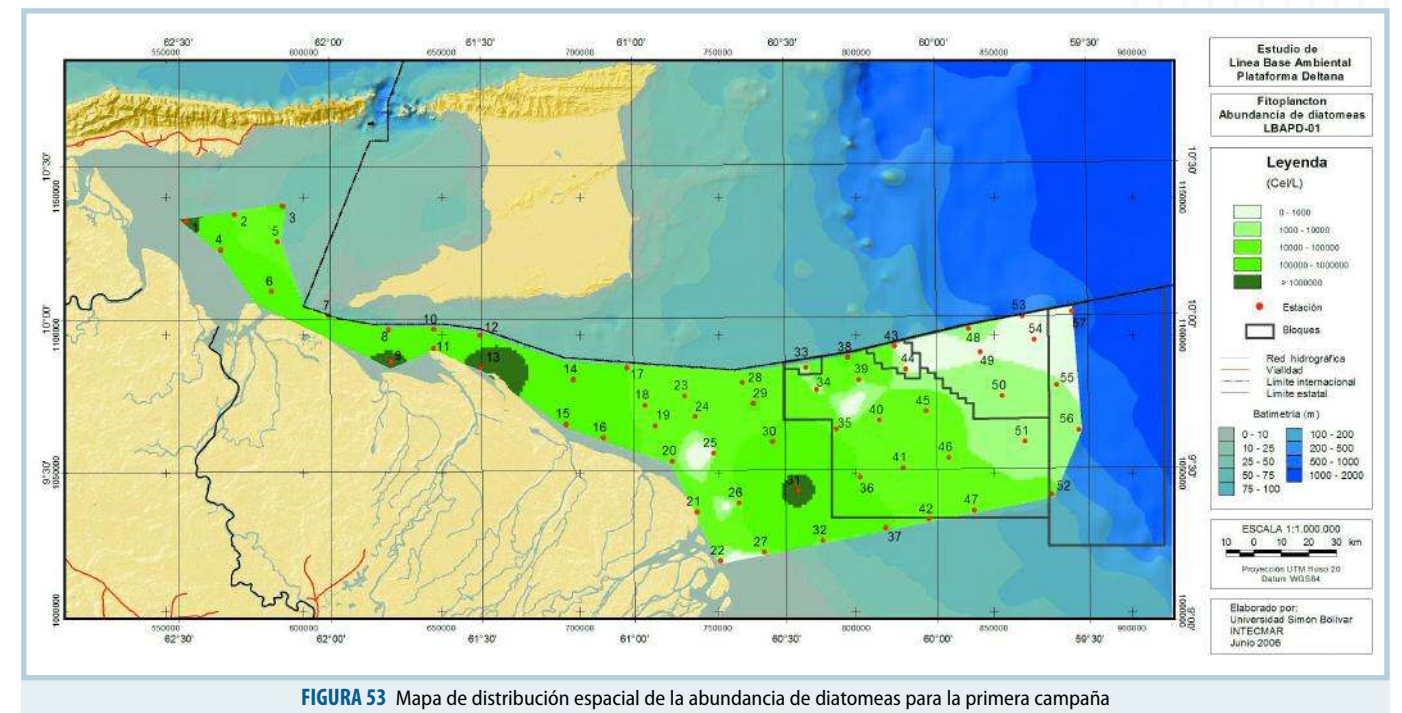


FIGURA 53 Mapa de distribución espacial de la abundancia de diatomeas para la primera campaña

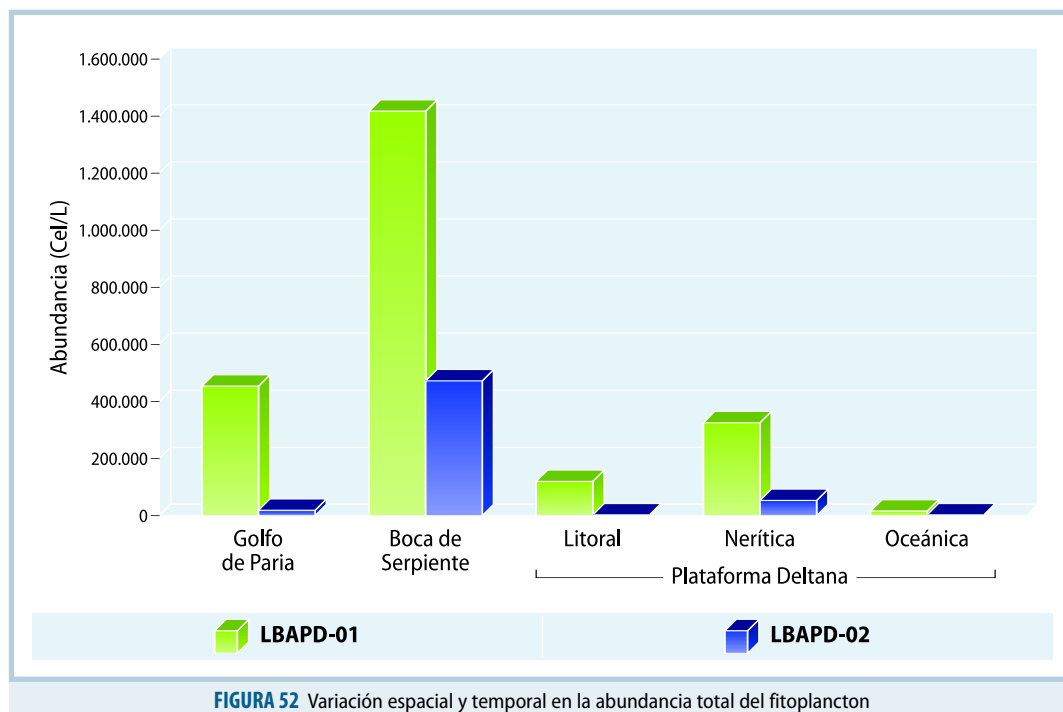


FIGURA 52 Variación espacial y temporal en la abundancia total del fitoplancton

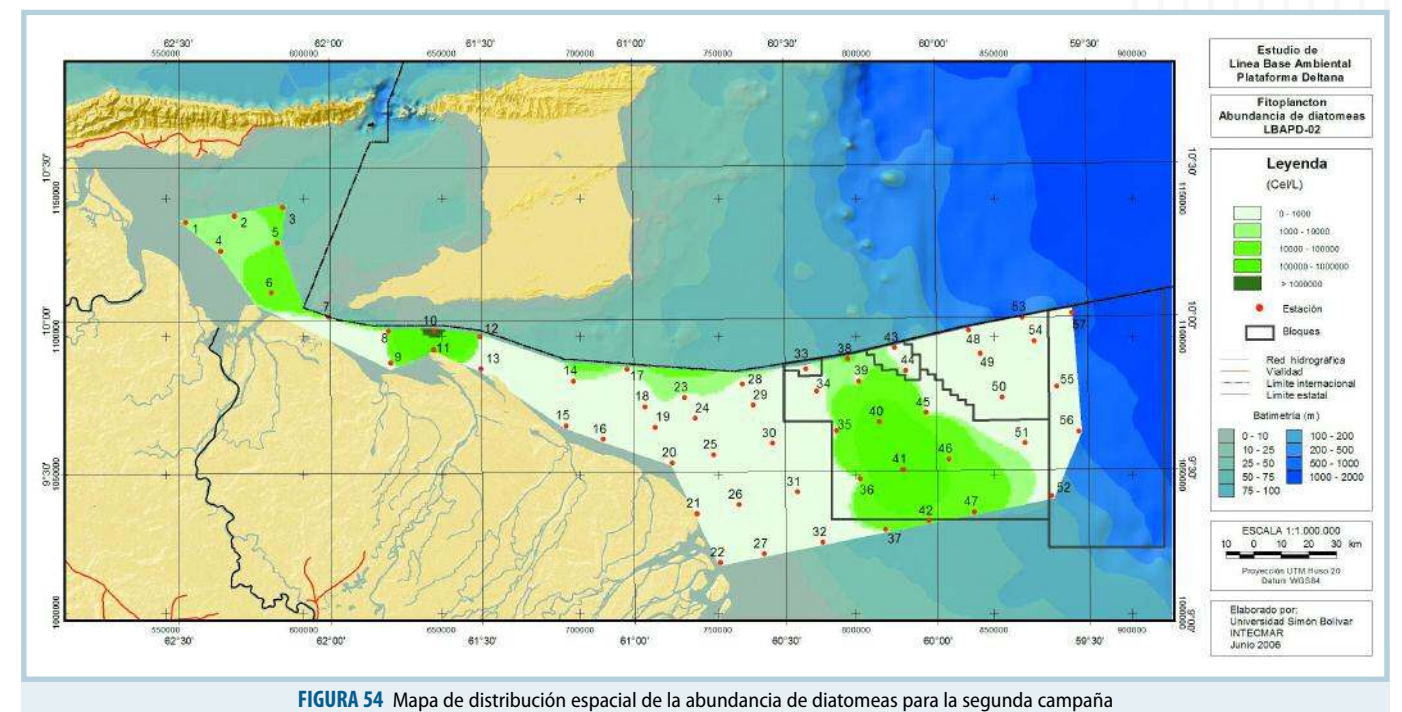


FIGURA 54 Mapa de distribución espacial de la abundancia de diatomeas para la segunda campaña

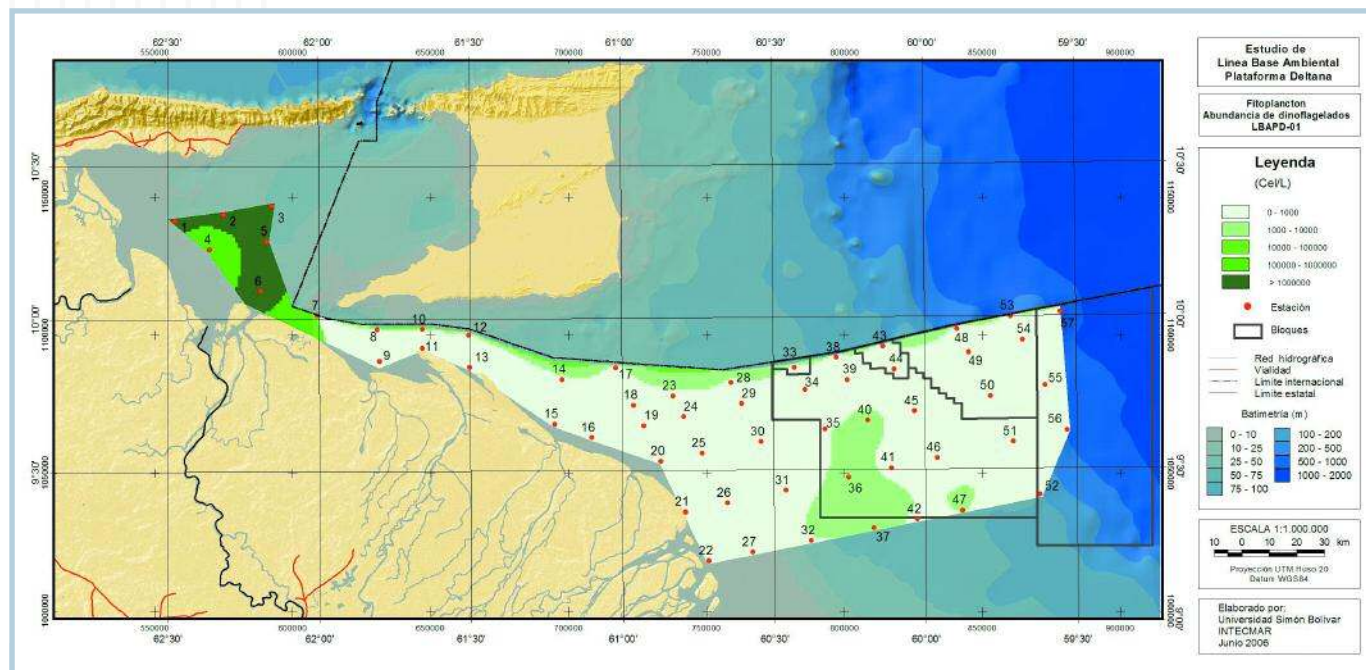


FIGURA 55 Mapa de distribución espacial de la abundancia de dinoflagelados para la primera campaña

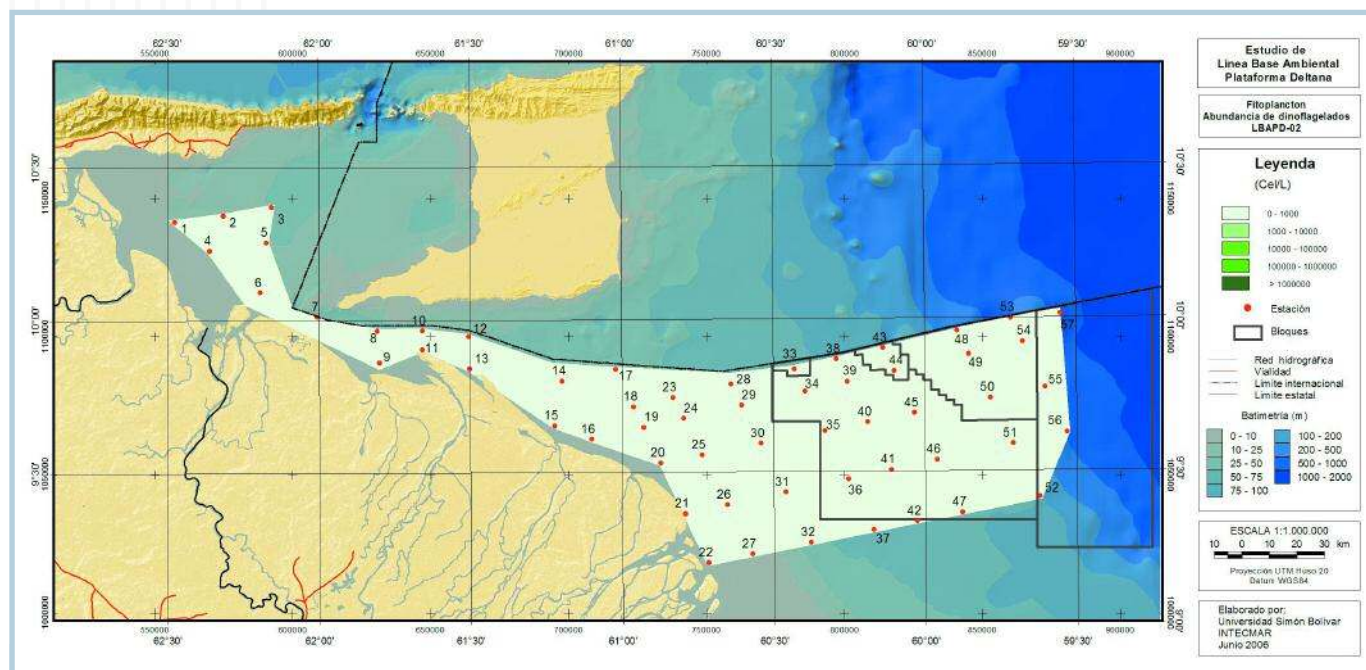


FIGURA 56 Mapa de distribución espacial de la abundancia de dinoflagelados para la segunda campaña

EVALUACIÓN DE PIGMENTOS DEL FITOPLANCTON

En lo que respecta a la concentración de clorofila_a, el sistema presenta un valor promedio de 2,1 $\mu\text{g/L}$, fluctuando entre 4,1 y 0,2 $\mu\text{g/L}$, lo cual corresponde a aguas costeras-oceánicas de baja producción. Asimismo se observa que, para ambas campañas, el Golfo de Paria muestra valores ligeramente superiores al resto de las áreas bajo estudio, con promedios de 2,5 $\mu\text{g/L}$ para la campaña LBAPD-01 (Figura 57) y 4,1 $\mu\text{g/L}$ para la campaña LBAPD-02 (Figura 58). Las variaciones espaciales y temporales de los valores de clorofila_a para ambas campañas de campo muestran que, en la segunda campaña, los valores son ligeramente superiores en todos los sectores estudiados. Cabe recordar que los valores de abundancia total de fitoplancton resultaron ser significativamente inferiores para la campaña LBAPD-02. Este comportamiento inverso entre la abundancia y la concentración de clorofila_a puede ser debida al hecho de que durante la campaña LBAPD-02 la comunidad del fitoplancton estuvo representada por células de mayor tamaño, lo cual contribuye de forma sustancial a la biomasa de la comunidad, incluso a bajas densidades fitoplanctónicas.

La relación clorofila_a/feopigmentos se mantuvo relativamente constante, tanto a escala temporal como a escala espacial. En ambas campañas el cociente mostró un valor de 0,64 $\mu\text{g/L}$, lo cual indica la presencia de una comunidad fitoplanctónica madura y probablemente sujeta a una fuerte presión de pastoreo. A este respecto cabe señalar que los feopigmentos son productos de la degradación de la clorofila_a. Se ha observado que la clorofila_a se degrada a feopigmentos durante el proceso de ingestión y digestión del fitoplancton, con lo cual altos valores de este pigmento y/o altos porcentajes de feopigmentos relativos a clorofila_a pueden ser marcadores del proceso de herbivoría en las zonas pelágicas.

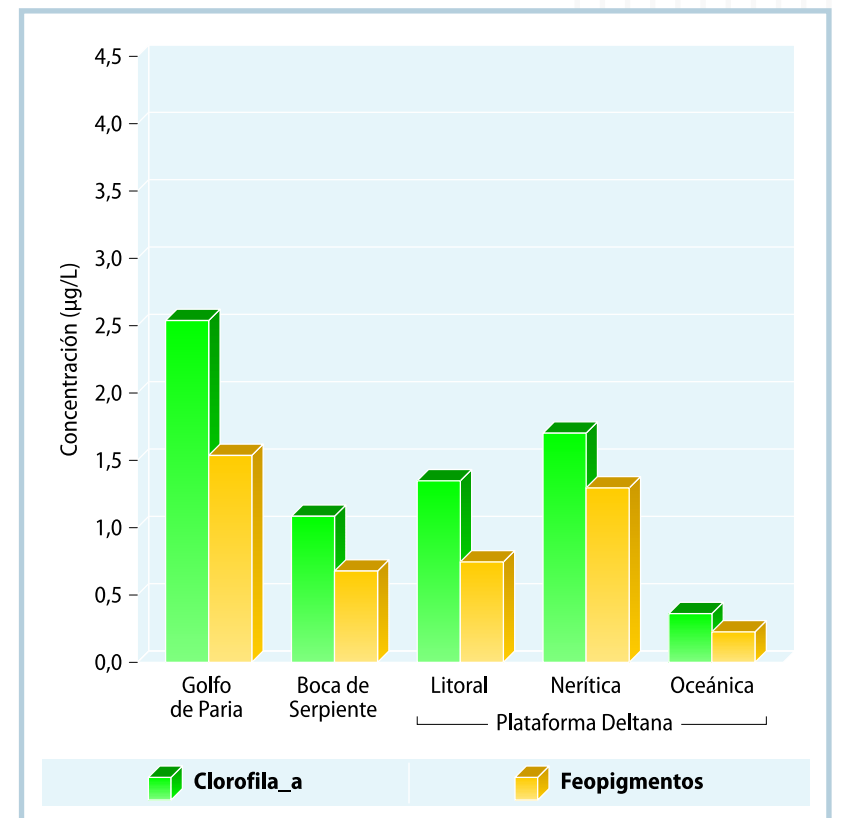


FIGURA 57 Variación espacial de la concentración de clorofila_a y feopigmentos para la campaña LBAPD-01

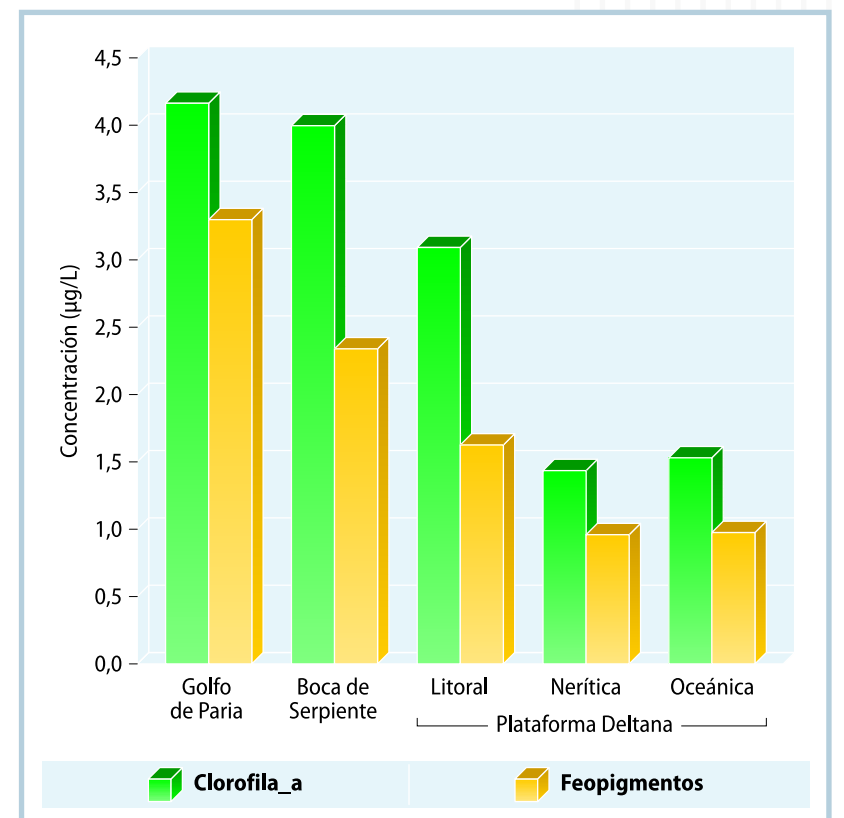


FIGURA 58 Variación espacial de la concentración de clorofila_a y feopigmentos para la campaña LBAPD-02

LÍNEA BASE PARA EL COMPONENTE FITOPLANCTÓNICO

En la Tabla 11 se muestran los valores promedio de las variables fitoplanctónicas de mayor importancia para el área de estudio, discriminadas según las dos grandes áreas de influencia de masas de agua continental y marina, sugeridas por el análisis de la data ambiental para la columna de agua y por los mapas de concentración promedio de clorofila_a estimada mediante el satélite Modis para ambas campañas de muestreo. Como puede observarse, la zona bajo influencia fluvial (Golfo de Paria, Boca de Serpiente y Plataforma Deltana hasta la estación 37; profundidades menores de 60 m aproximadamente) siempre presenta mayores valores de abundancia, tanto de los grupos fitoplanctónicos como de las concentraciones de pigmentos fitoplanctónicos; y esta tendencia se mantiene en ambas campañas. Sólo para el grupo de las cianobacte-

rias se invierte este patrón, presentando mayores valores en la zona de influencia marina en la primera campaña (163.328±376.472 cel/L vs. 48.892±220.356 cel/L), pero con una considerable variabilidad en los datos.

Este patrón de la abundancia coincide con los resultados aportados por las mediciones del Índice de Fluorescencia (IF), más no con el patrón de variación de la concentración de clorofila_a, siendo ambos estimadores de la biomasa fitoplanctónica. Los datos de IF indicaron que se detectaron elevados valores de este parámetro para el Golfo de Paria, durante el período de lluvias (Figura 59). Los valores más elevados fueron detectados hacia el oeste del golfo, donde se registraron valores superiores a ocho volts. En la región central del golfo los valores estuvieron comprendidos entre cuatro y seis volts, mientras que valores inferiores a cuatro volts se apreciaron hacia la zona este. Los valores elevados del IF reflejan una intensa actividad biológica en la región para esa

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables fitoplanctónicas más relevantes para el área de estudio, para cada zona de influencia y campaña de muestreo

Campañas	Valor	Variables consideradas					
		Abundancia total (cel/L)	Diatomeas (cel/L)	Dinoflagelados (cel/L)	Cianobacterias (cel/L)	Clorofila_a (µg/L)	Feopigmentos (µg/L)
INFLUENCIA FLUVIAL							
LBAPD-01	Promedio	746.100,73	695.020,62	5.380,31	48.892,60	1,86	1,19
	Desv. est.	2.467.590,65	2.267.609,08	9.889,73	220.356,57	1,18	0,87
	Máximo	14.398.824,00	13.089.840,00	41.920,00	1.308.984,00	5,05	3,31
	Mínimo	3.603,00	3.293,00	95,00	132,00	0,24	0,12
LBAPD-02	Promedio	96.022,87	95.282,97	128,97	530,94	3,09	1,92
	Desv. est.	481.236,48	481.363,42	161,45	2.422,79	2,17	1,34
	Máximo	2.685.853,00	2.685.772,00	561,00	13.572,00	9,95	5,33
	Mínimo	250,00	119,00	0,00	0,00	0,24	0,17
INFLUENCIA OCEÁNICA							
LBAPD-01	Promedio	190.152,10	24.374,85	2.058,65	163.328,30	0,70	0,55
	Desv. est.	416.009,64	39.937,69	987,50	376.472,46	0,74	0,77
	Máximo	1.574.508,00	159.659,00	4.776,00	1.421.381,00	2,60	2,96
	Mínimo	5.728,00	1.737,00	935,00	2.370,00	0,00	0,02
LBAPD-02	Promedio	47.056,85	46.545,15	62,35	156,15	1,30	0,85
	Desv. est.	131.199,12	131.298,35	47,09	191,07	0,60	0,47
	Máximo	555.601,00	555.519,00	173,00	811,00	2,68	1,83
	Mínimo	382,00	149,00	14,00	0,00	9,99	0,15

TABLA 11

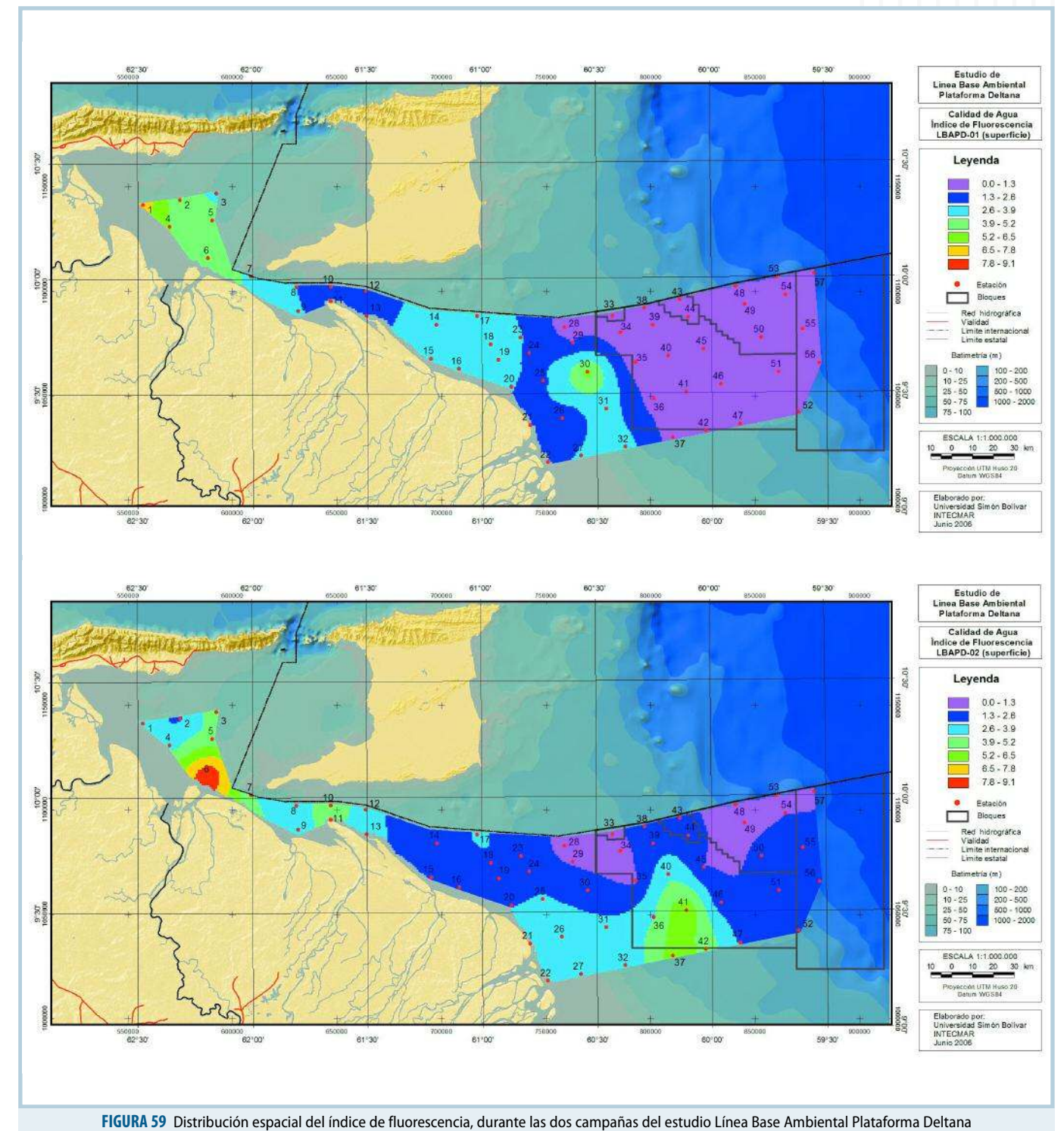


FIGURA 59 Distribución espacial del índice de fluorescencia, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

época del año; sin embargo, las aguas del Golfo de Paria deben ser consideradas dentro del grupo de las menos productivas de la costa nororiental venezolana. Para el muestreo efectuado durante el período de sequía se encontraron valores del IF inferiores a un volt en el sector noroeste del golfo. Según los registros de fluorescencia realizados en las aguas de la Plataforma Deltana (influencia marina) la productividad primaria debe ser considerada como muy baja. Para la temporada de lluvias se pudieron apreciar, sin embargo, diversos parches de elevada intensidad del IF (Figura 59), sobre todo al este del Bloque Exploratorio 2, donde se registraron valores superiores a siete volts, indicando una intensa actividad de los organismos que conforman el fitoplancton.

El análisis de estos datos fitoplanctónicos refuerzan la existencia de zonas con clara influencia fluvial, por las descargas del río Orinoco, caracterizadas por una baja riqueza de especies y una elevada abundancia y dominancia de diatomeas, y zonas dominadas por condiciones oceánicas, caracterizadas por una mayor riqueza y baja abundancia. Para ambas zonas, los datos presentados en la Tabla 11 pueden ser considerados como valores de línea base para el área de estudio, presentando un rango de variación considerable para la primera de ellas.

ASOCIACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES

Las variables consideradas para realizar los análisis multivariados con la abundancia de los distintos grupos taxonómicos presentes en el fitoplancton fueron las siguientes: salinidad (sal), pH, concentración de oxígeno disuelto (O_2), temperatura del agua (T), concentraciones de fósforo total (PT), fosfato (PO_4), nitrógeno total (NT), amonio (NH_4), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2) y concentración de silicatos [$Si(OH)_4$].

Según estos resultados, no se encontró una buena discriminación de los valores de abun-

dancia en función de las variables ambientales, en ninguna de las dos campañas, sugiriendo que la variabilidad espacial no puede ser explicada adecuadamente por ninguno de los parámetros ambientales utilizados en el análisis, excepto para la asociación positiva dinoflagelados-fósforo total (en el Golfo de Paria y Boca de Serpiente), y dinoflagelados/clorofilas-fósforo total-nitrógeno total (Figuras 60 y 61).

Es importante señalar que dado que las diatomeas conforman el grupo más representativo para toda el área de estudio, tanto en riqueza de especies como en abundancia, la falta de asociaciones estadísticas con las variables ambientales evaluadas sugiere una regulación de la comunidad por otros factores, como luz o una limitación de tipo biótico. Esto podría indicar que el pastoreo por parte del zooplancton y/u otros organismos fitoplanctófagos pudiesen ser los responsables de las variaciones encontradas para este componente del plancton. De ser así, habría que considerar a las diatomeas como el principal conector trófico del área bajo consideración, lo que implicaría que una reducción en su importancia numérica conllevaría a una disminución significativa de la producción secundaria de todo el componente biológico de la Plataforma Deltana. Cabe también mencionar que la asociación positiva observada entre dinoflagelados-fósforo total para todos los sectores analizados, sugiere que un aumento de las concentraciones de este nutriente, bien sea de forma natural o antrópica, pudiese provocar la proliferación de este grupo.

Con respecto a la biomasa fitoplanctónica (medida como clorofila_a) se observó una fuerte asociación positiva con las concentraciones de fósforo total y silicatos, para la época de lluvia. De igual forma, para la época de sequía, se aprecia además una asociación positiva con el nitrógeno total. Estos resultados parecieran indicar que, al menos el contenido de fósforo y silicatos pudiesen estar limitando la expresión de la biomasa fitoplanctónica para la zona de estudio. ■

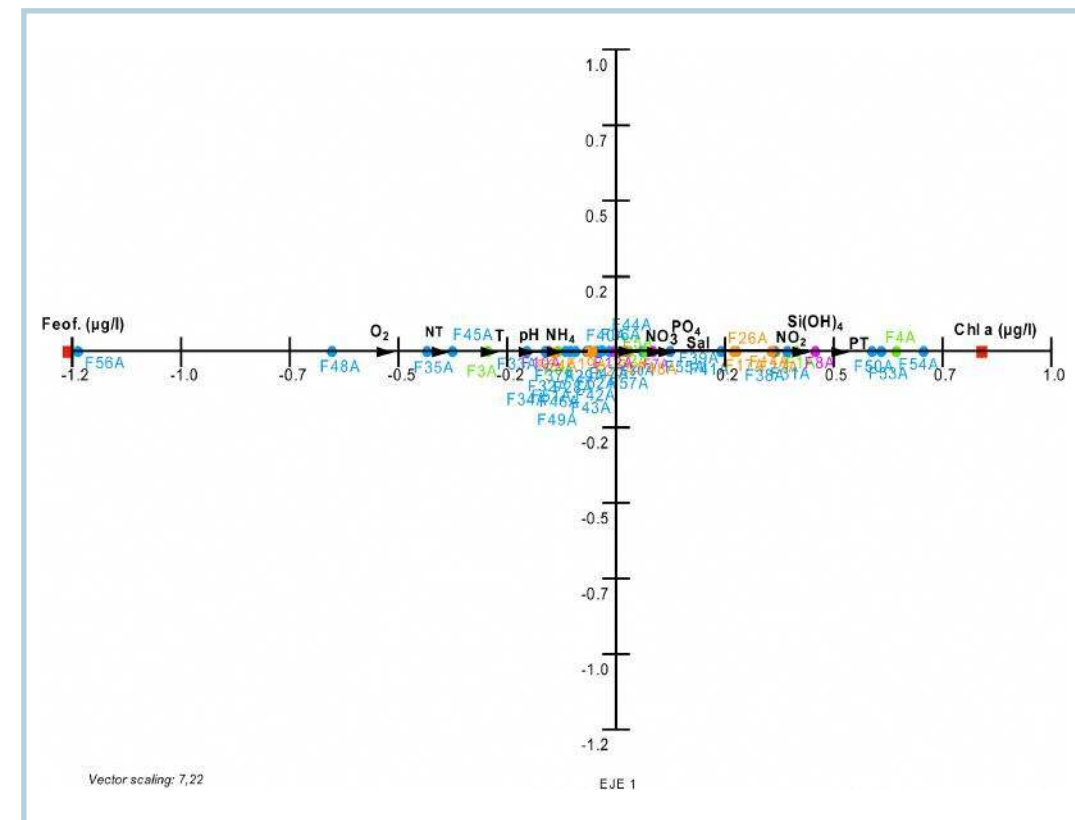


FIGURA 60 Análisis de correspondencia para la concentración de clorofila_a y sus posibles variables de influencia durante la campaña LBAPD-01

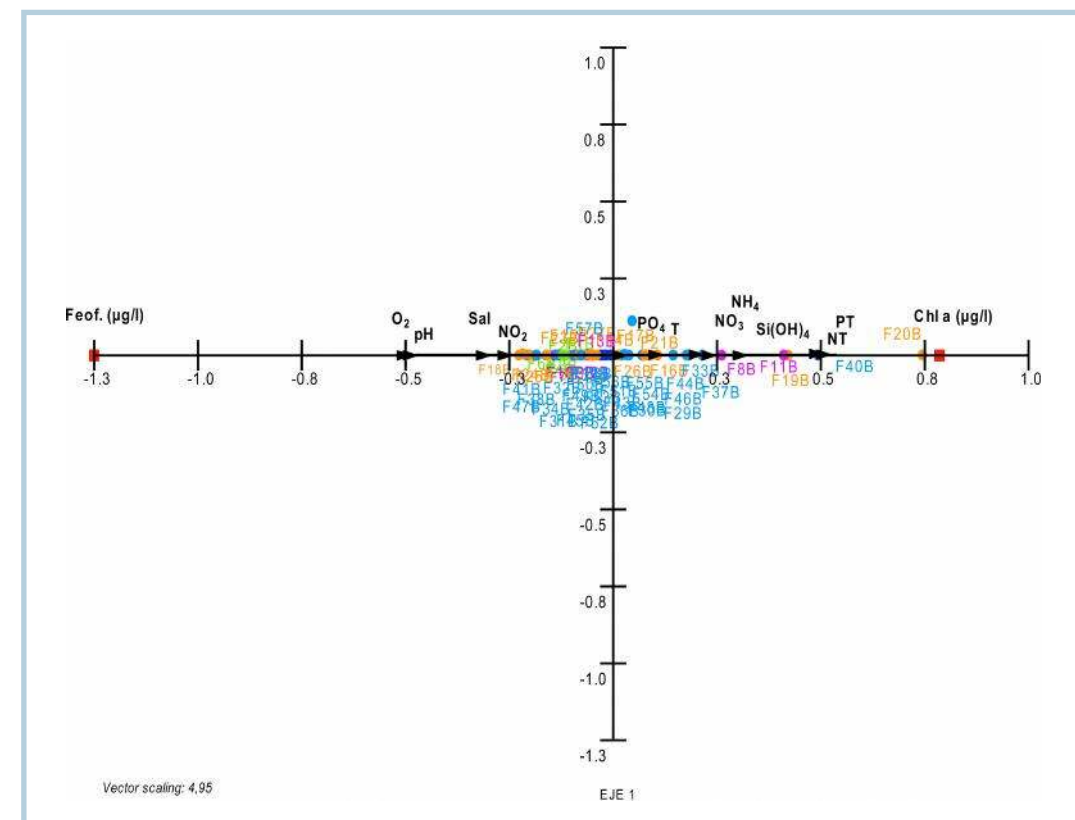


FIGURA 61 Análisis de correspondencia para la concentración de clorofila_a y sus posibles variables de influencia durante la campaña LBAPD-02

REFERENCIAS

1. Paerl y col., 2002
2. Moigos y Bonilla, 1985
3. Troncone, 1987
4. Spiniello, 1996
5. Spiniello y Pérez, 2005
6. Bone y col., 2004
7. Day y col., 1991
8. Mann, 1982
9. Hoffman, 1999

COMPONENTE ZOOPLANCTÓNICO



4

4 COMPONENTE ZOOPLANCTÓNICO

Las comunidades zooplanctónicas constituyen uno de los renglones más importantes en el ecosistema marino, por tratarse del segundo nivel trófico fundamental en la transferencia de energía. El conocimiento de su estructura sirve para determinar las relaciones ecológicas entre el plancton y el resto de los organismos que forman parte de la comunidad acuática. También es considerable el papel central que muchas especies tienen como controladoras de la regeneración de nutrientes y reguladoras de la producción primaria, especialmente en ecosistemas de aguas oceánicas. Por otra parte, todas las pesquerías marinas a nivel mundial se basan en la biomasa y en la significación trófica del zooplancton^[1,2]. Asimismo, muchos organismos zooplanctónicos han sido intensamente utilizados como bioindicadores de condiciones ambientales^[3]. La abundancia y la biomasa del zooplancton pueden estar afectadas por la distribución, variabilidad espacial y estructura de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones hidrográficas, especialmente la salinidad^[4]. Este aporte permite completar el conocimiento del origen y la ocurrencia de los procesos de mezcla de las aguas, migraciones y movimientos del oleaje y las corrientes.

La región norte del delta del Orinoco y el Golfo de Paria, constituyen importantes cuerpos de aguas estuarinas caracterizadas por su productividad biológica y riqueza planctónica, asociada probablemente, al aporte de nutrientes, ya que sus aguas están influenciadas perennemente por las afluencias de los ríos Amazonas y Orinoco^[5,6]. La fauna zooplanctónica está conformada por una amplia variedad de organismos, a saber: los que conforman el holoplancton (entre los que se incluyen los anfípodos, isópodos, tanaidáceos, mysidáceos, y diversos depredadores como medusas, sifonóforos, ctenóforos y quetognatos, que forman parte del macrozooplancton), el meroplancton (estadios larvales de

invertebrados) y el ictioplancton (huevos, larvas, postlarvas, y en cierta medida, los juveniles de peces), que en conjunto definen este componente biótico. La distribución de los huevos y larvas de peces (ictioplancton) en zonas como la Plataforma Deltana, obedece a los patrones de comportamiento y migración reproductiva de los peces estuarinos y netamente marinos, con poblaciones establecidas en los diversos ambientes nerítico-deltanos. El inmenso aporte de material suspendido por parte del río Orinoco, y su amplia zona estuarina, ofrece un hábitat ventajoso, desde el punto de vista trófico y comportamental. Estas y otras variables son tomadas en cuenta a la hora de explicar la distribución de áreas de reproducción en peces, así como las áreas de cría, con presencia de larvas avanzadas (postlarvas) y prejuveniles que pueden darle a estas costas una mayor importancia en el momento de evaluar la susceptibilidad ambiental costera.

Por otra parte, existen ciertas contradicciones sobre los efectos que la actividad petrolera tiene en la biota marina. Se dice que estas actividades causan algunos impactos positivos (beneficios) y otros negativos (adversos). De este modo, la actividad de explotación del petróleo en mar abierto y sus infraestructuras acompañantes han sido citadas como puntos de atracción de comunidades de peces, aunque existe debate sobre cómo estas estructuras mejoran la producción íctica, o simplemente funcionan como “agregadotas” de la fauna íctica^[7,8]. En todo caso, los estudios de línea base ambiental, tal como están planteados en la presente evaluación, servirían como testigos para evidenciar estas generalizaciones. Estas investigaciones permitirán obtener un listado taxonómicamente detallado del zooplancton, así como la oportunidad de caracterizar la fauna, poco conocida, de ambientes oceánicos profundos. En consecuencia, se destacan el interés científico de esta región y la importancia que surge de

conocer y predecir el posible impacto proveniente de la creciente actividad petrolera sobre la comunidad zooplanctónica de la Plataforma Deltana.

ESTRUCTURA GENERAL DE LA COMUNIDAD

El zooplancton presente en la región de la Plataforma Deltana incluyó 228 taxones (con géneros y especies) pertenecientes a 19 grupos zoológicos. Los copépodos resultaron dominantes en el holoplancton, en las dos épocas climáticas, y contaron con el mayor número total de especies (76), representando el 61,90% de este componente (Figura 62).

La riqueza de especies fue prácticamente igual en lluvia (62 especies) que en sequía (61 especies), y un poco más de la mitad del total de especies de copépodos (59,2%) fueron comunes en los dos periodos. El segundo grupo más diverso fue el de los anfípodos, con 51 especies, e igual riqueza en ambos periodos (38 especies en lluvia y 37 especies en sequía), con un 47,1% de especies

comunes. En el meroplancton se observaron 20 estadios larvales diferentes (16 en lluvia y 17 en sequía) destacándose las larvas de decápodos (representadas exclusivamente por crustáceos de valor comercial como camarones del género *Farfantepenaeus*), bivalvos, cirrípedos y poliquetos. Asimismo, se identificaron un total de 5.550 individuos (32,93 ind/m³) de peracáridos provenientes de las dos épocas de muestreo, pertenecientes a 4 órdenes (Amphipoda, Tanaidacea, Isopoda y Mysidacea), 27 familias, 43 géneros y 55 especies. Estos datos reflejan la enorme diversidad biológica que está contenida dentro de este componente planctónico, al igual que lo reportado para el fitoplancton. Con respecto al ictioplancton, se identificaron 88 taxones (especies y morfotipos), de los cuales 68 se presentaron en lluvia, y 69 en sequía, observándose la presencia de 49 taxones comunes a ambos periodos (55,7%), 24 de estos representados por familias u órdenes y 25 por géneros y especies. Con respecto a la presencia de huevos y larvas de peces, se totalizaron 5.694 huevos y 16.279 larvas de peces, discriminados de la siguiente manera: 3.718 huevos y

9.643 larvas en la época de lluvia y 9.643 huevos y 6.636 larvas para sequía. Esta presencia de huevos y larvas de peces es de suma importancia, por tratarse de una zona para la actividad reproductiva de especies de peces de interés comercial.

VARIACIONES ESPACIALES A NIVEL DE LA COMUNIDAD

A nivel espacial, los menores valores de riqueza de taxones se encontraron en los sectores Boca de Serpiente, Golfo de Paria y la zona litoral de Plataforma Deltana (Figura 63), lo cual confirma que las zonas estuarinas se caractericen por tener bajos valores de riqueza de especies, debido a que pocas especies zooplanctónicas se pueden considerar eurihalinas; es decir, que pueden tolerar un amplio intervalo de salinidades. Por otra parte, los mayores valores se encuentran hacia la zona nerítica y oceánica de la Plataforma Deltana, debido a la marcada influencia de las aguas oceánicas y la baja influencia continental. Respecto a la variación espacial de la abundancia del zooplancton, se observa que los mayores valores de densidad se encuentran en la zona litoral de Plataforma Deltana y en Golfo de Paria (Figura 64), aún cuando la riqueza de taxones presentó los menores valores en estos sectores. Es interesante destacar que la densidad va disminuyendo en el sector Plataforma Deltana desde la zona litoral hacia la zona oceánica, lo cual también era lo esperado, dado que cuando se presenta una riqueza de especies o taxones alta, las densidades tienden a ser menores.

En época de lluvia, se observaron 12 taxones en el Golfo de Paria y la proporción estuvo concentrada mayormente en los copépodos (50,29%), seguidos del meroplancton, medusas, decápodos del holoplancton y quetognatos (Figura 65). Por su parte, en sequía el mismo número de taxones coincidió con lo mostrado en lluvia (12) y con 49,20% de copépodos, continuando con el meroplancton,

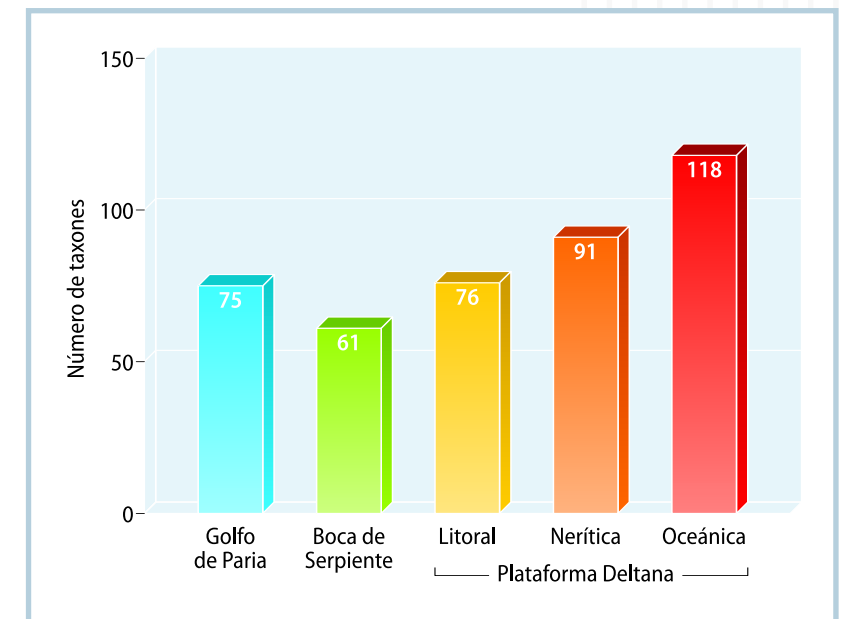


FIGURA 63 Variación espacial de la riqueza total de taxones en cada uno de los sectores y zonas de estudio

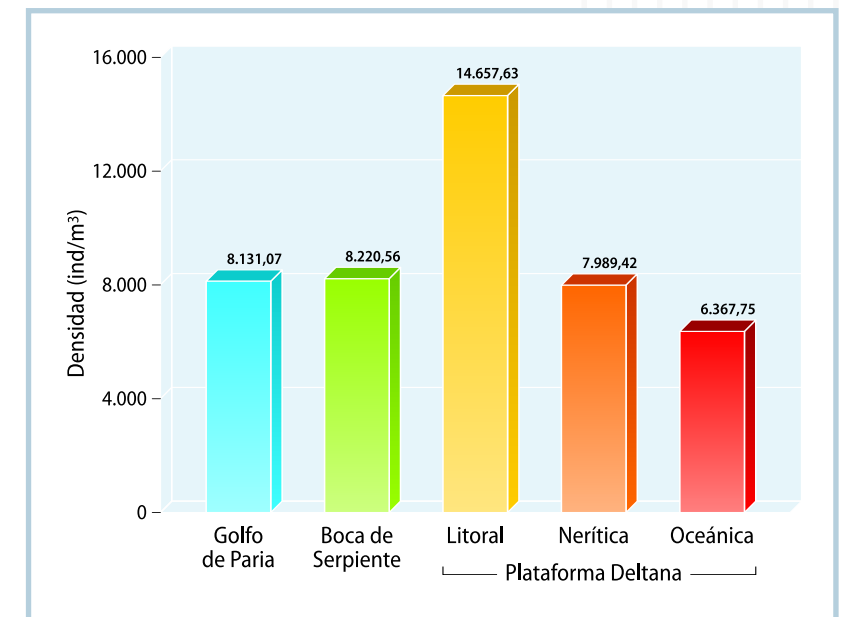
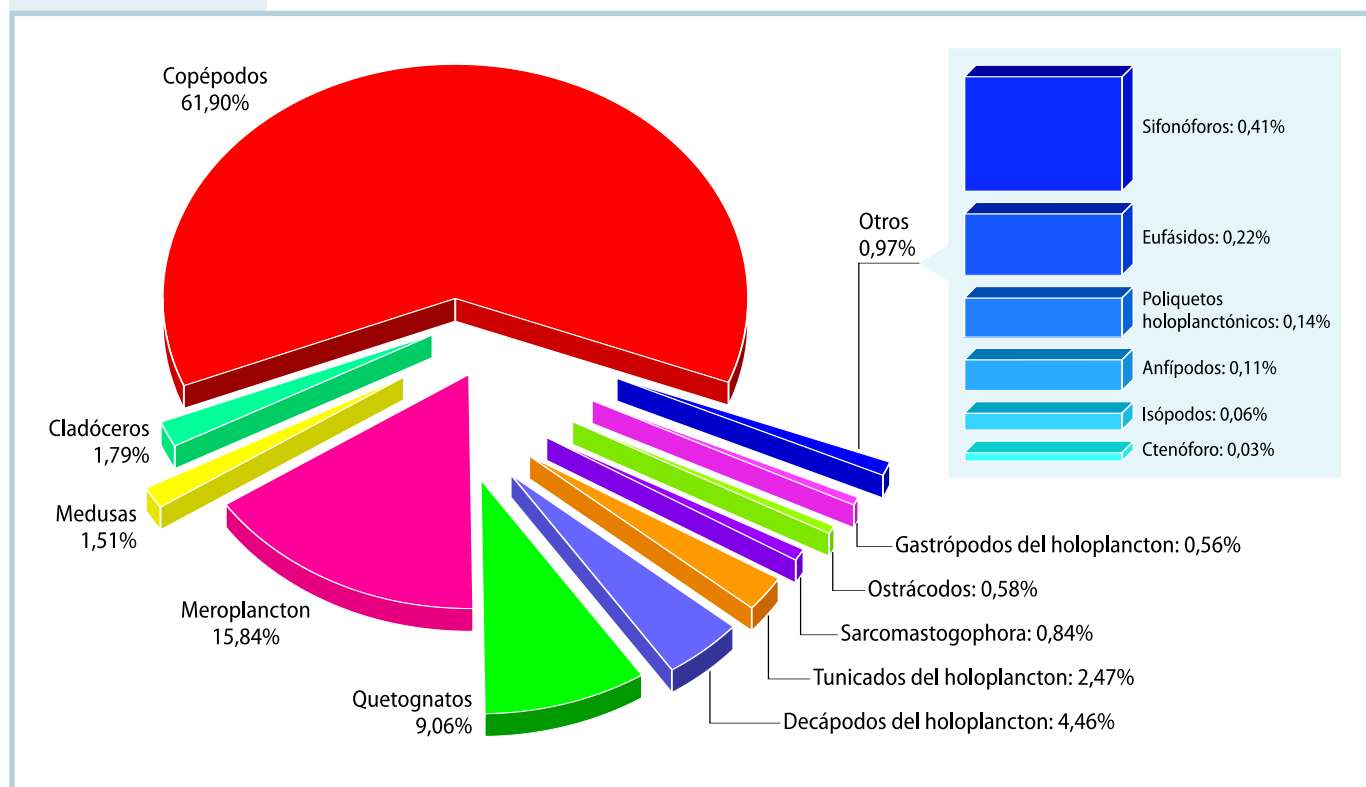


FIGURA 64 Composición porcentual total de los taxones zooplanctónicos en el área de estudio

FIGURA 62 Composición porcentual general de los taxones zooplanctónicos en el área de estudio



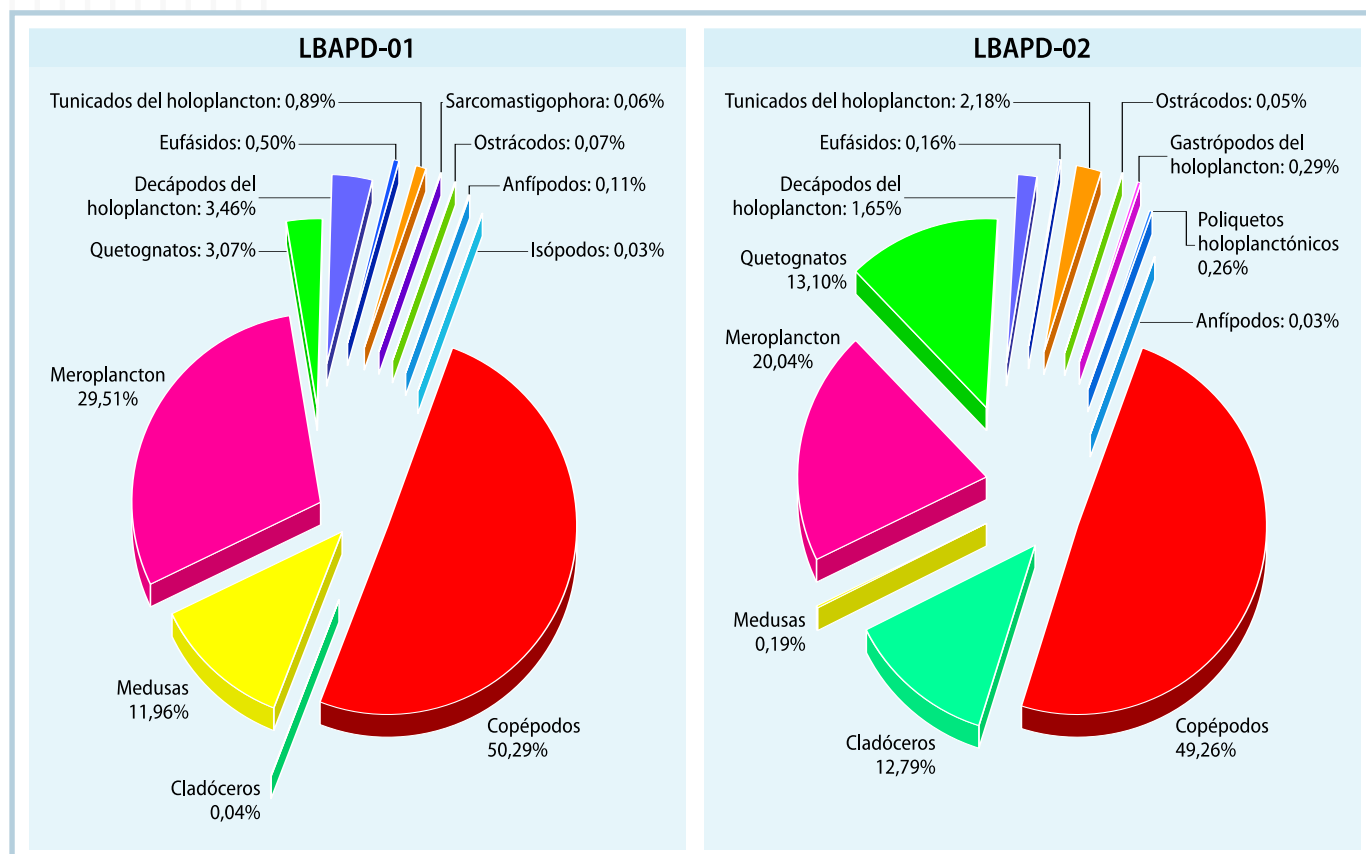


FIGURA 65 Comparación de los taxones zooplanctónicos en Golfo de Paria, de acuerdo a la estacionalidad

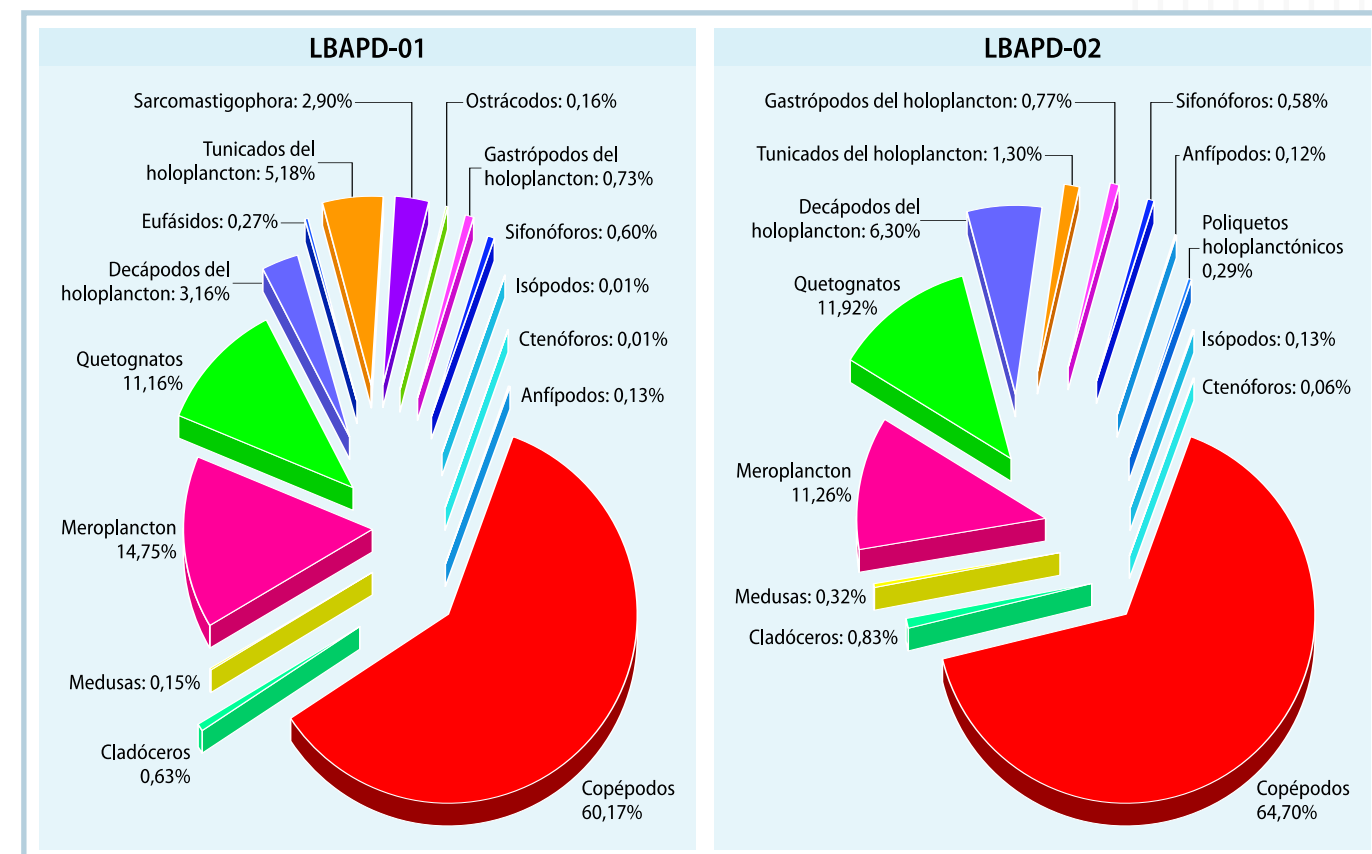


FIGURA 67 Comparación de los taxones zooplanctónicos en Plataforma Deltana, de acuerdo a la estacionalidad

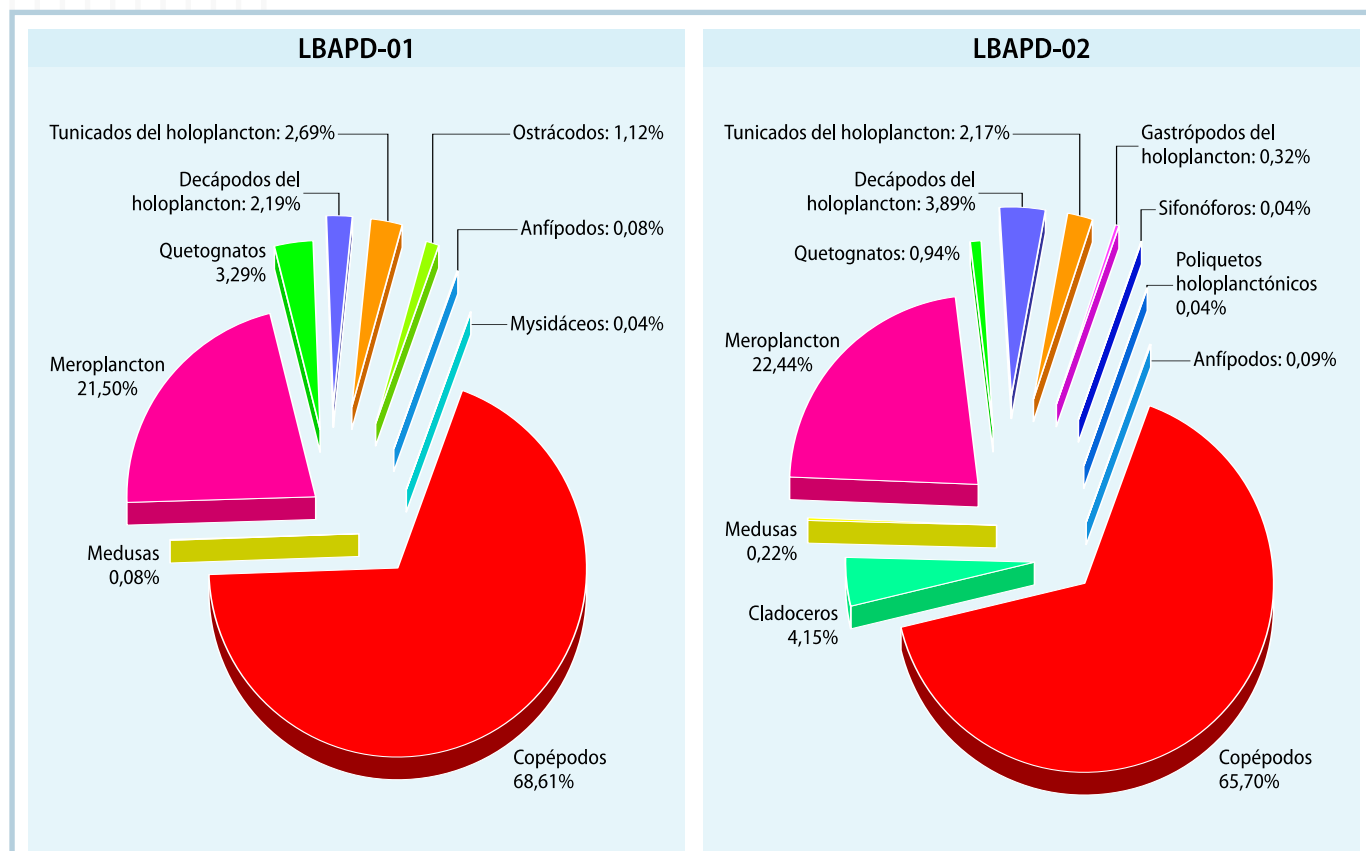


FIGURA 66 Comparación de los taxones zooplanctónicos en Boca de Serpiente, de acuerdo a la estacionalidad

Por último, en Plataforma Deltana se observó el mayor número de taxones (15 en lluvia y 16 en sequía) (Figura 67), y los copépodos se mantuvieron con 60,17 y 64,51%, respectivamente, como el grupo mayor, y a continuación el meroplancton, quetognatos, tunicados y decápodos del holoplancton y sarcomastigóforos. Es interesante destacar, que tanto en lluvia como en sequía, el menor número de taxones se observó en Boca de Serpiente y el mayor en Plataforma Deltana. Sin embargo, las proporciones entre los diferentes taxones de los tres sectores y los dos períodos climáticos se mantuvieron, en general, casi constantes, dominando siempre los copépodos, seguidos por el meroplancton, quetognatos, decápodos y tunicados del holoplancton. Los mayores valores de abundancia zooplanctónica en la época de lluvia aparecieron en el Golfo de Paria, y en las primeras estaciones de Boca de Serpiente, variando entre 960-1.205 ind/m³. En sequía, hubo mayor variación espacial, presentando una mayor

densidad poblacional zooplanctónica, con valores inclusive superiores a los de lluvia (1.784-2.230 ind/m³), específicamente en la parte Norte (estaciones 8 y 10) de Boca de Serpiente (Figura 68).

Con respecto a la variación de la biomasa, los valores coincidieron, en parte, con la reportada para la abundancia, con un sólo núcleo de máxima abundancia en el oeste del Golfo de Paria (estación 1), cuyo valor estuvo comprendido entre 0,34-0,67 gr/m³, y con núcleos de biomasa menores ubicados en la zona nerítica. En cuanto a los valores de biomasa en sequía, resulta interesante destacar que aquellos coincidieron en parte, con los de abundancia en la misma época (Figura 69). Así, en Boca de Serpiente y la estación noreste del Golfo de Paria proyectaron datos entre 0,34 y 0,42 gr/m³. Además, se distinguieron núcleos de concentraciones considerables en la parte norte de la zona nerítica, así como en las estaciones lejanas del sector oceánico.

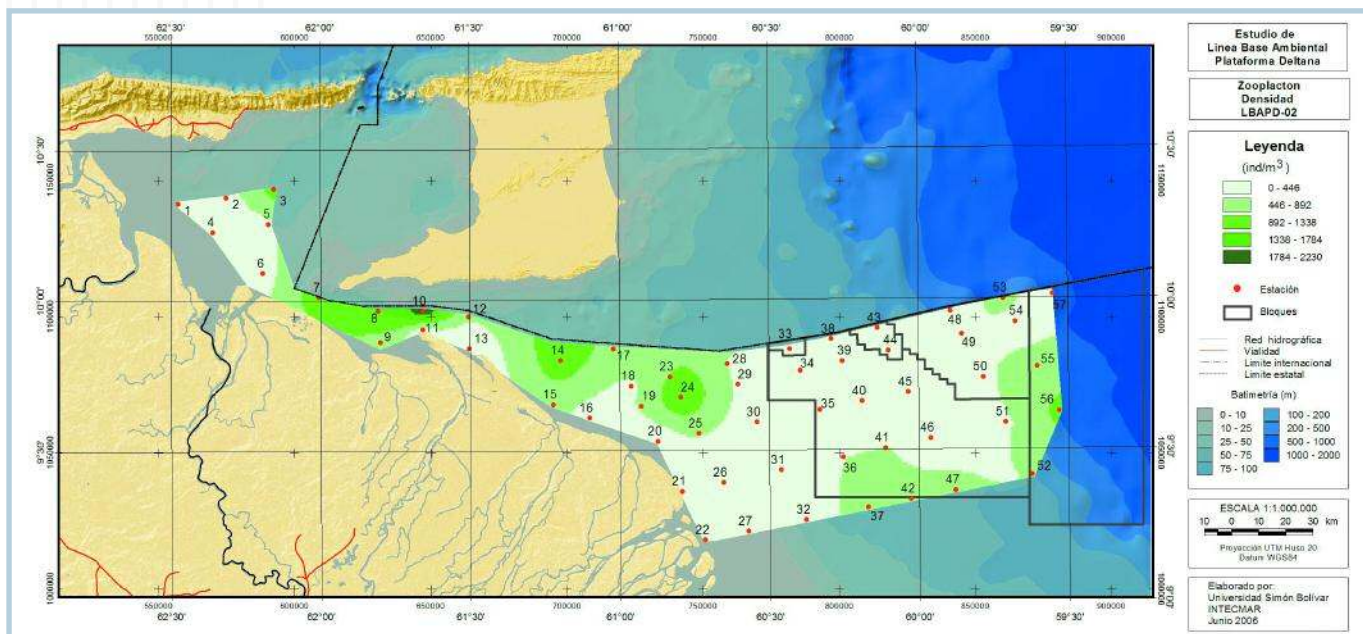


FIGURA 68 Disposición espacial de la densidad zooplanctónica (ind/m³) en sequía

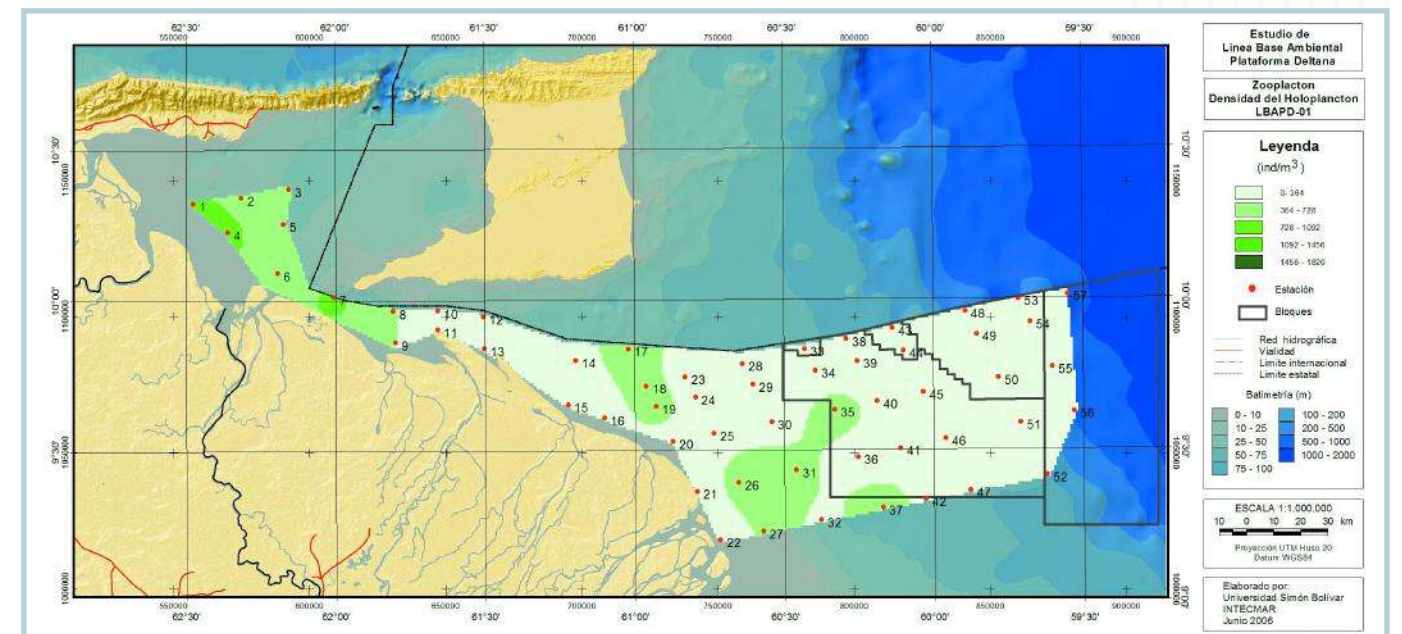


FIGURA 70 Disposición espacial de la densidad del holoplancton (ind/m³) en lluvia

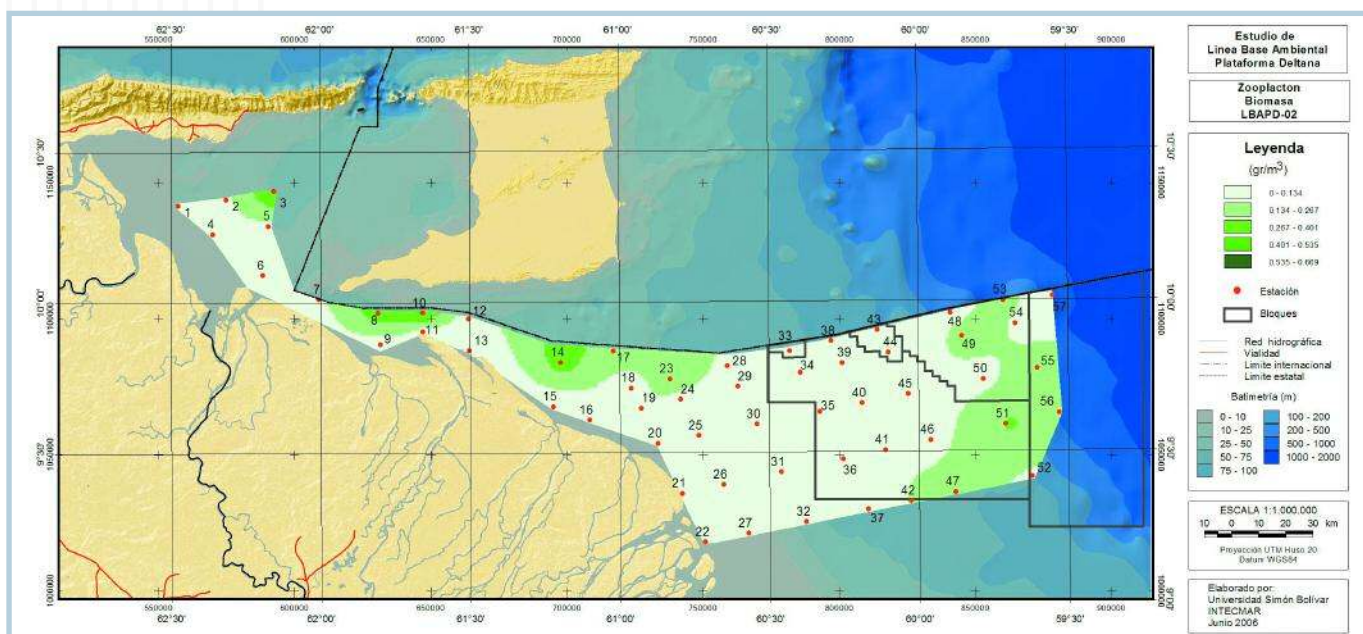


FIGURA 69

Disposición espacial de la biomasa zooplanctónica (g/m³) en sequía

VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES A NIVEL DE GRUPOS ZOOPLANCTÓNICOS DE MAYOR RELEVANCIA

Holoplancton

De la estructura de la comunidad holoplanctónica, el grupo de mayor relevancia fueron los copépodos, tanto en riqueza como en abundancia, y por lo tanto, definen, en buena medida, los patrones de variación analizados

para la comunidad zooplanctónica. En la Figura 70 se presentan las variaciones espaciales de las densidades de este grupo durante la época de lluvia, cuyos valores máximos oscilaron entre 600-760 ind/m³, y se correspondieron con las localidades mencionadas anteriormente y que representaron las de mayor abundancia del zooplancton en lluvia. En cambio, en la época de sequía, las densidades de copépodos fueron superiores y estuvieron comprendidas entre máximos de 1.200-1.570 ind/m³, destacando Boca de

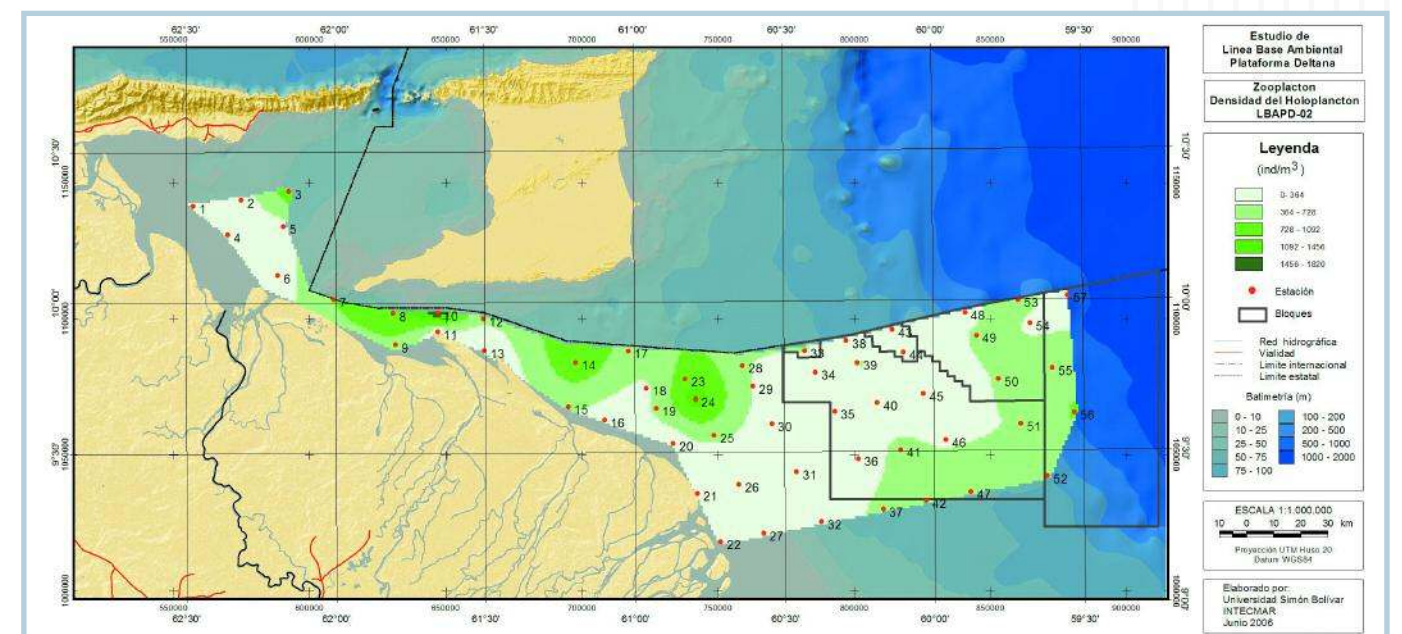


FIGURA 71

Disposición espacial de la densidad del holoplancton (ind/m³) en sequía

Serpiente, seguida, al igual que lo sucedido con la biomasa, de la parte norte de la zona nerítica y estaciones lejanas de la oceánica (Figura 71).

Meroplancton

Entre las fracciones del meroplancton de mayor relevancia que se tomaron en cuenta fueron las larvas de decápodos, para ambos períodos climáticos. Las ocurrencias de organismos meroplanctónicos se consideran

importantes para las relaciones ecológicas que se han establecido entre ellos y las especies adultas del necton y el bentos. En la Figura 72 se presentan las variaciones espaciales de las larvas de decápodos en el período de lluvia, representadas mayormente en el Golfo de Paria (estación 6) y en la estación 20 (nerítica), cuyas densidades máximas fluctuaron entre 300-400 ind/m³. En sequía (Figura 73), por el contrario, las larvas de decápodos tuvieron mayores concentraciones en Boca de Serpiente, curiosamente con

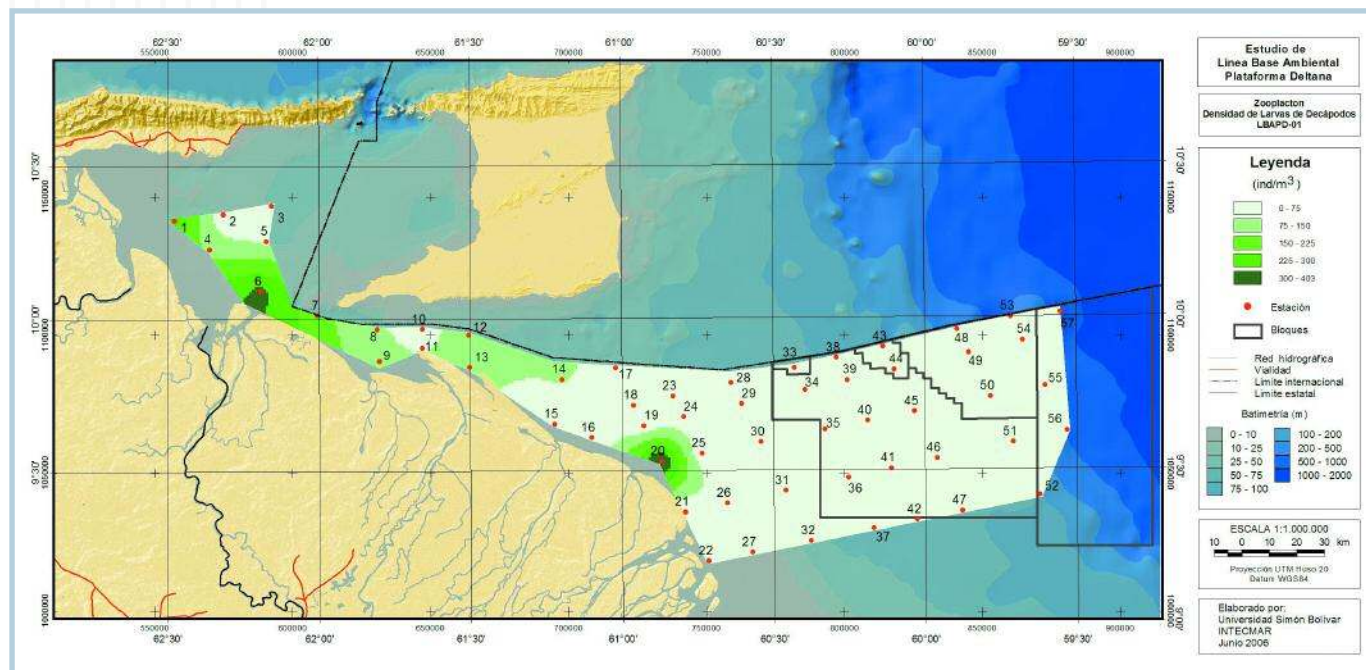


FIGURA 72 Disposición espacial de la densidad de larvas de decápodos (ind/m³) en lluvia

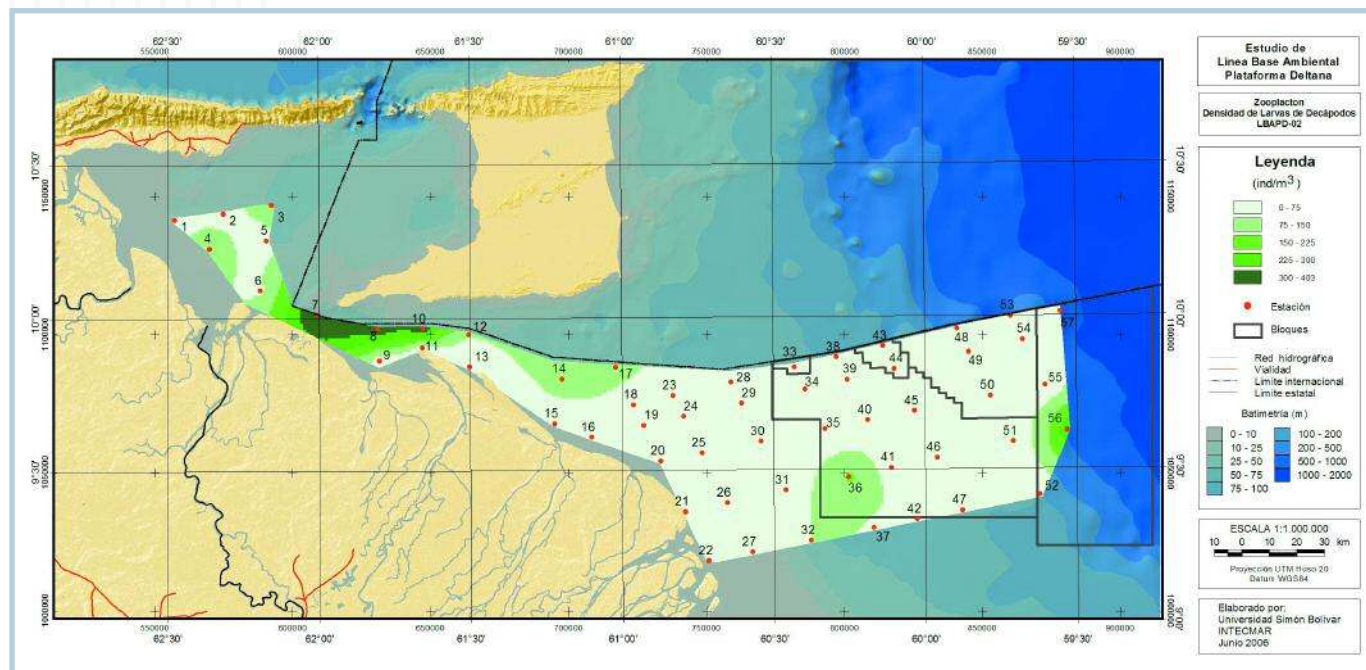


FIGURA 73 Disposición espacial de la densidad de larvas de decápodos (ind/m³) en sequía

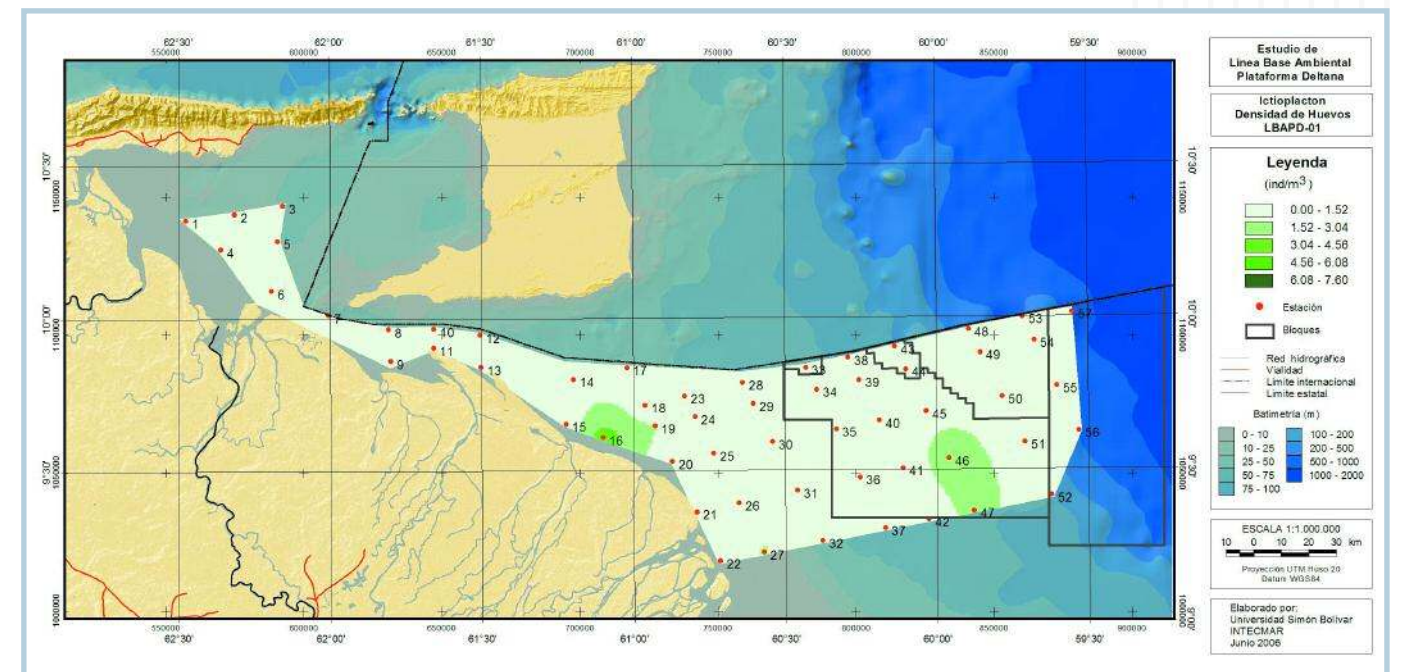


FIGURA 74

Densidad de huevos de peces (huevo/m³) para las estaciones muestreadas en la época de lluvia

valores iguales a los de lluvia (300-400 ind/m³), y otras poblaciones de menor cuantía en la estación oceánica 56. Ambos periodos climáticos, si bien exhibieron iguales valores de concentración, mostraron diferencias espaciales notables. Igualmente que para el caso del holoplancton, las variaciones espaciales y temporales de otros grupos de menor importancia se detallan en Zoppi y col. (2006).

De estas figuras se desprende, que las grandes masas oceánicas presentan, como patrón general, bajas densidades de organismos holoplanctónicos y estadios meroplanctónicos, y que éstos tienden a mostrar mayores valores hacia Boca de Serpiente y Golfo de Paria. Esto sugiere que podría haber un fenómeno de concentración de organismos zooplanctónicos en estas zonas debido a la necesaria reducción del espacio por donde deben desplazarse los enormes volúmenes de agua que provienen de las zonas oceánicas, y que estas densidades dependerán de los patrones de mezcla de aguas de influencia fluvial y marina que ocurren en el sector de Boca de Serpiente y el Golfo de Paria.

Todo lo anterior parecería indicar la existencia, a grandes rasgos, de dos áreas, definidas según las variables del zooplancton: una zona

con valores de abundancia más altos, conformada por las estaciones del Golfo de Paria, Boca de Serpiente y algunas de la Plataforma Deltana somera (estaciones 1 a 17), y otra zona, con menores abundancias, conformada por las estaciones de la Plataforma Deltana, propiamente dicha (estaciones 18 a 57), y con mayor variabilidad.

Ictioplancton

Con relación al ictioplancton, se registraron mayores valores de huevos de peces en Boca de Serpiente y la costa norte del delta para ambas épocas climáticas, y menores valores en el borde de la plataforma continental, sólo para la época de lluvias (Figura 74). Estas serían zonas importantes de desove de peces con respecto al resto de las zonas muestreadas. La abundancia de huevos fue más baja en la zona litoral de la Plataforma Deltana y en la zona oceánica. Para las larvas, las tendencias son parecidas a las de los huevos, aumentando su importancia en el borde de la plataforma en la época de lluvia, por la ocurrencia de larvas entre la zona litoral y nerítica de la Plataforma Deltana (más de 2,0 ind/m³). En Boca de Serpiente los valores son más bien intermedios (aprox. 1,0 ind/m³), siendo bajos en el Golfo de Paria y,

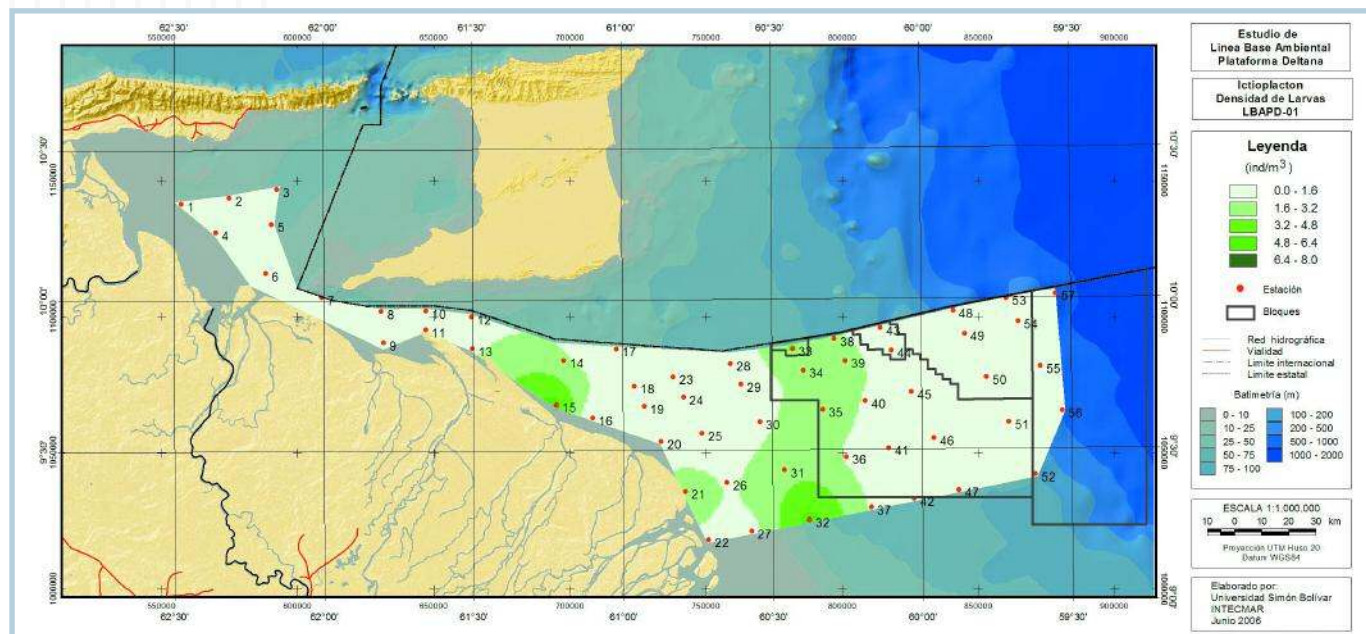


FIGURA 75 Densidad de larvas de peces (larvas/m³) para las estaciones muestreadas en la época de lluvia

hacia la zona oceánica (<0,1 ind/m³) (Figura 75). Para la época de sequía, no solo desaparece la ocurrencia de huevos y larvas en el borde de la plataforma, sino que también se reduce ampliamente la actividad reproductiva en general, para todos los sectores muestreados. Esto implicaría darle mayor importancia al periodo de lluvias dentro de la actividad reproductiva de los peces.

Las concentraciones encontradas de huevos, con respecto a los máximos de presencia de larvas, permiten suponer una deriva hipotética de Este a Oeste, hacia el Golfo de Paria. Esta continuidad teórica comenzaría con la difusión de nutrientes desde el centro de dispersión estuarina (delta de los caños) y se esperaría entonces una zona litoral de altos nutrientes y poco plancton incrementándose hacia la plataforma continental (plataforma media). La presencia de huevos en abundancia, alternando con la presencia de zonas de alta concentración de larvas, introduce una explicación potencial en la distribución espacial horizontal, producto de la actividad reproductiva de las especies de peces. Estas zonas estuarinas, funcionan como criaderos temporales de especies cuyos adultos son de hábitos mesopelágicos y oceánicos (atunes), donde sus

progenies cumplirían una fase importante en la zona del borde de la plataforma continental bajo el soporte trófico necesario para el levantamiento de sus larvas.

La familia más abundante estuvo representada por las larvas de anchoas (*Engraulidae*). Su abundancia en las estaciones muy someras (12, 20, 21 y 26) indica también una posible área de cría de estas especies (Figuras 76 y 77). La composición de las muestras refleja una fauna ictioplanctónica más diversa en la plataforma interna frente al delta del Orinoco, con 16 familias. Se nota la presencia de familias de origen dulceacuícola en la estación 11 (Boca de Serpiente), dado la cercanía al delta, donde podemos incluir larvas de la sardinata *Pellona flavipinnis*. Las presencias larvales y postlarvales de roncadores (*Scianidae*) en concentraciones considerables en los estuarios del delta, y su ocurrencia, también abundante, al sur del Golfo de Paria, permite suponer pasos a través de Boca de Serpiente que funcionarían como canales de dispersión de estas especies en su ciclo de vida entre estas dos áreas (Figuras 78 y 79). La dinámica de estos ciclos permite sustentar la presencia abundante de *stocks* de estos recursos fuertemente aprovechados en las pesquerías del delta.

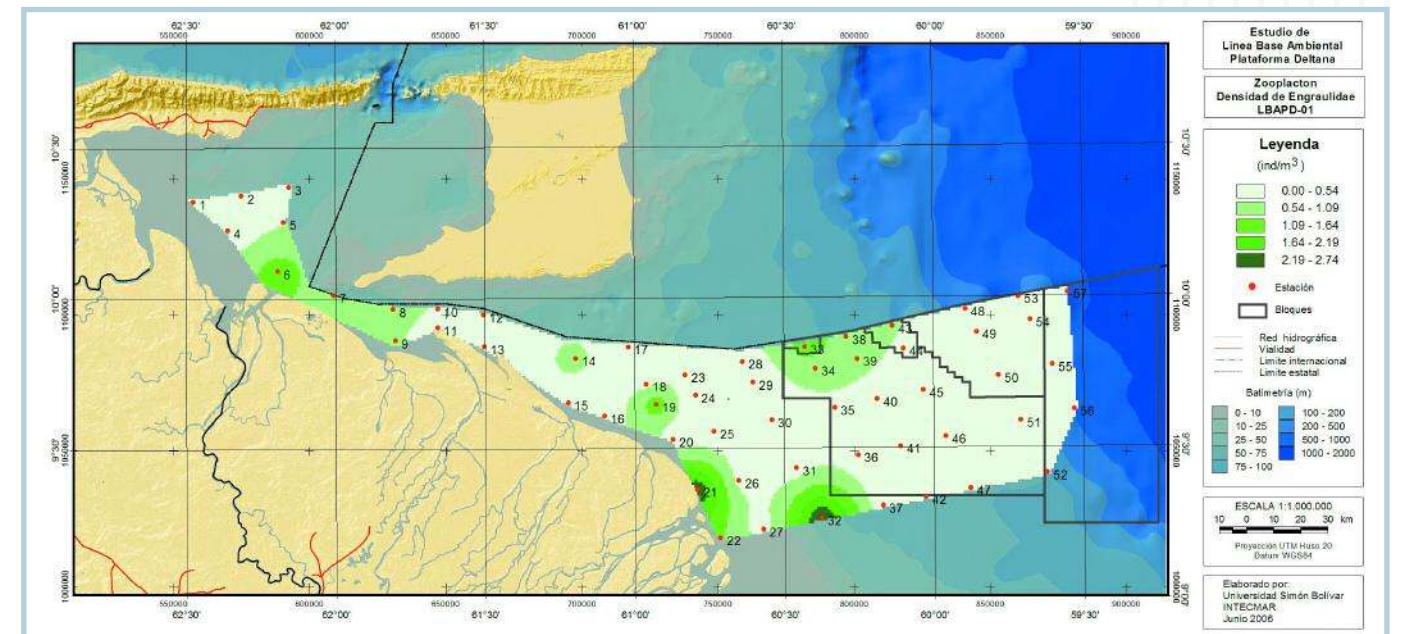


FIGURA 76 Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Engraulidae (ind/m³) en época de sequía

ASOCIACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES

El análisis de ordenación realizado demuestra, como se señaló anteriormente, que existe, efectivamente, una separación de las estaciones en la época de lluvia, y sugiere la conformación de dos grupos: el primero comprende a las estaciones someras (que incluye la separación inicial en los sectores Golfo de Paria, Boca de Serpiente, y algunas de la zona litoral), y el segundo, que comprende las

zonas neríticas y oceánicas de la Plataforma Deltana (Figura 80). Esta diferenciación se debe, probablemente, a la cercanía de todas las estaciones del grupo somero con la desembocadura del Orinoco, y por lo tanto con influencia fluvial, y las profundas, con mayor influencia marina. Las relaciones entre las variables ambientales registradas para la columna de agua y la información zooplanctónica (densidades de copépodos, peracáridos) en esta época mostraron buenas correlaciones entre los grupos de estaciones

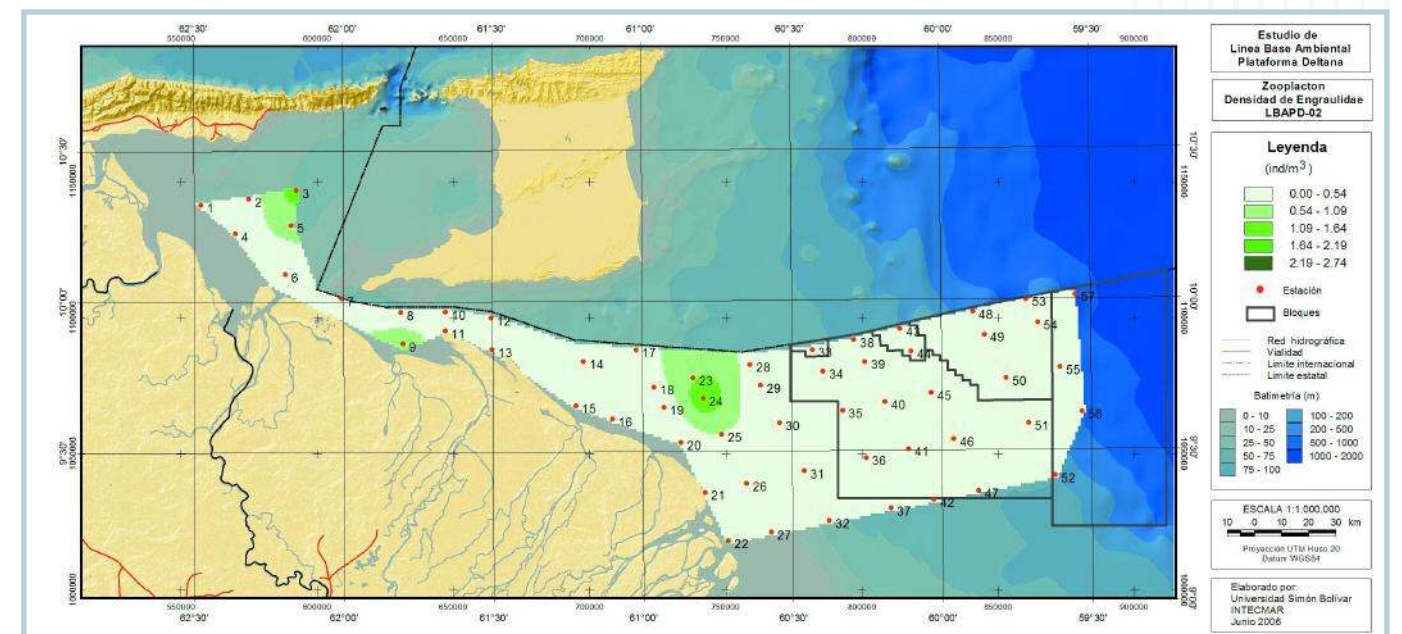


FIGURA 77 Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Engraulidae (ind/m³) en época de sequía

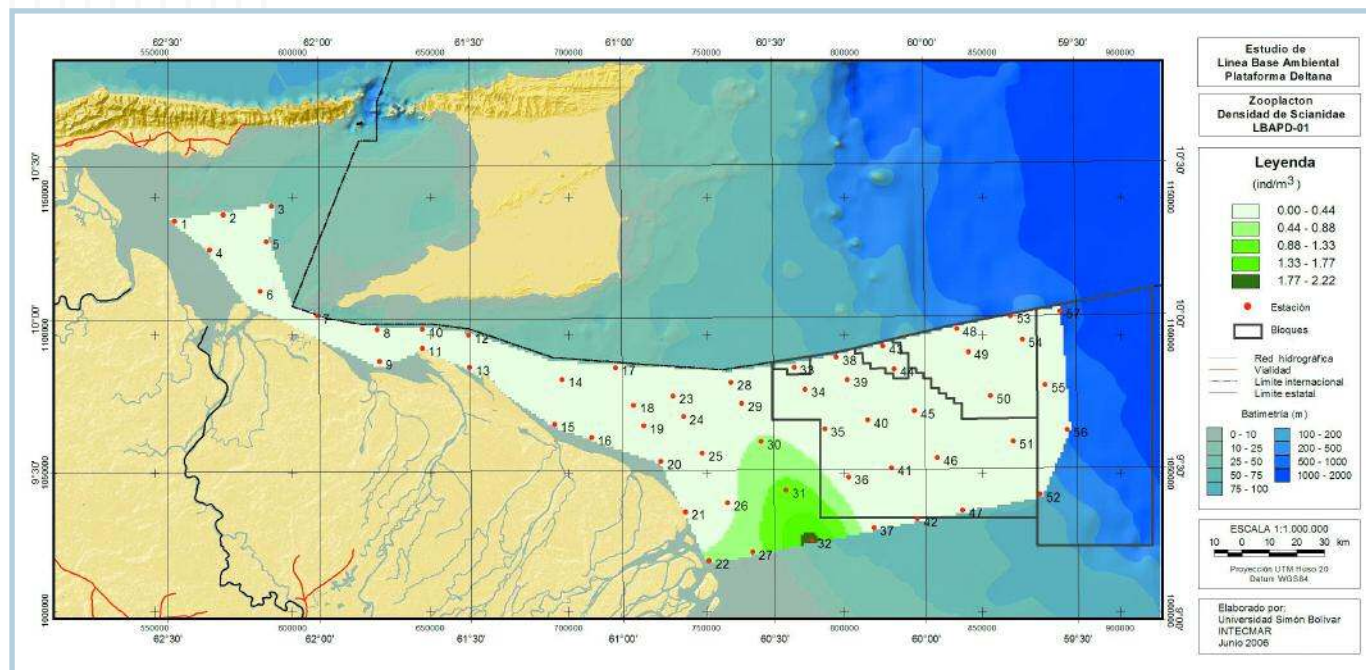


FIGURA 78 Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Scianidae (ind/m³) en época de lluvia

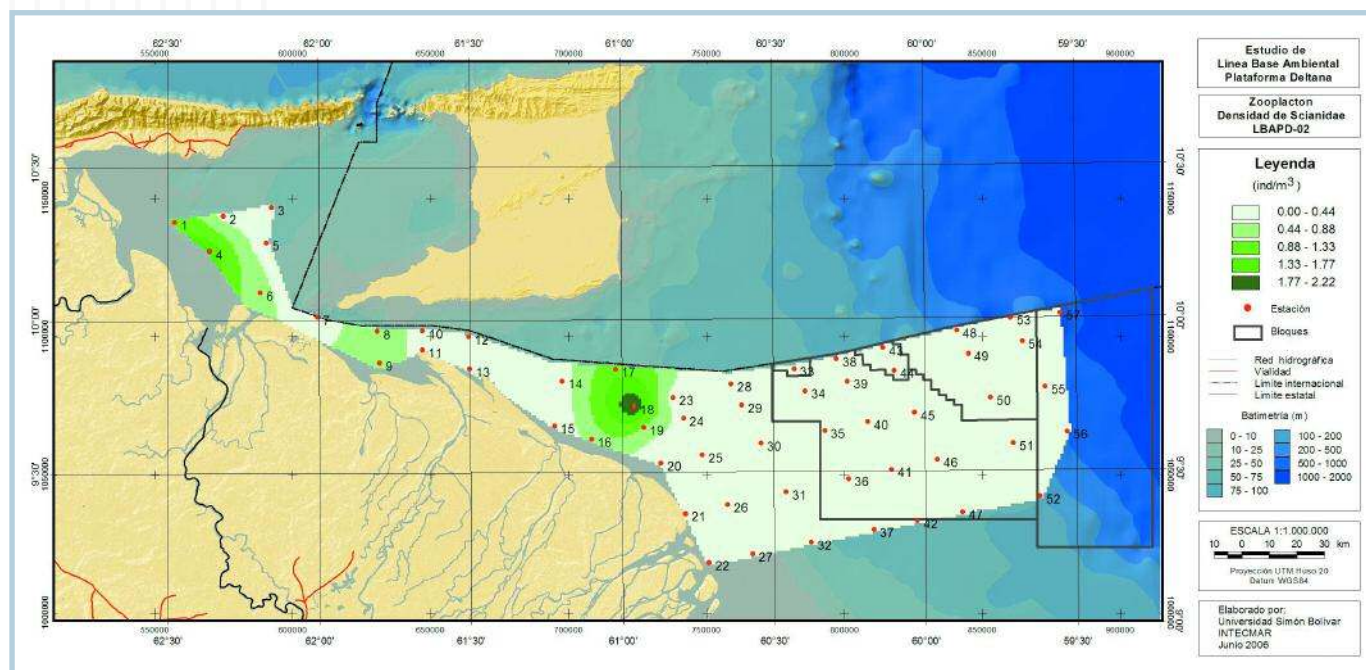


FIGURA 79 Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Scianidae (ind/m³) en época de sequía

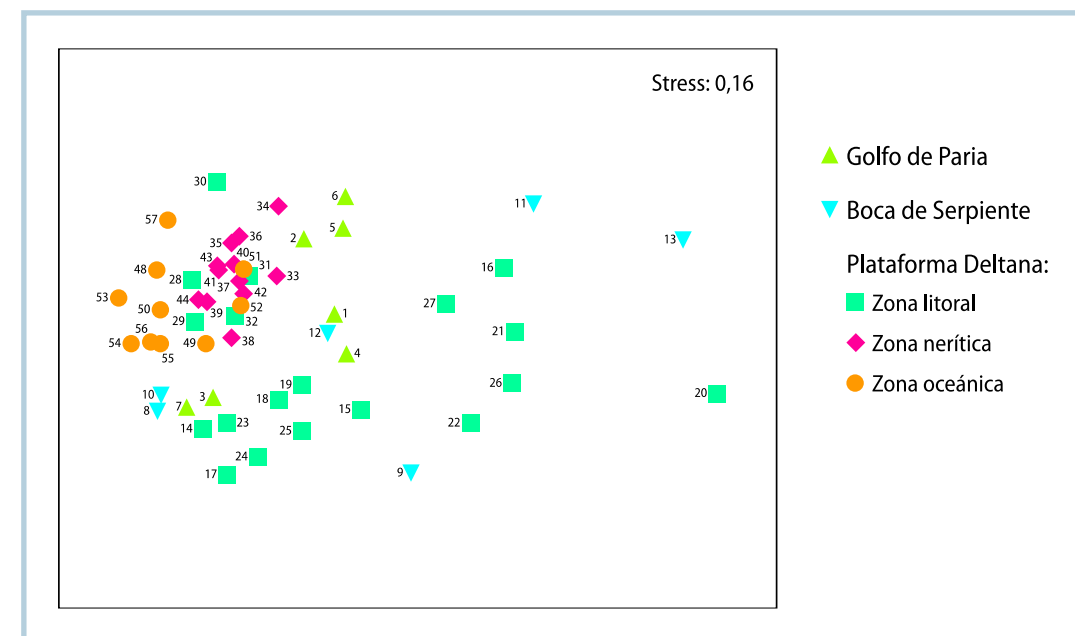


FIGURA 80 Ordenación de las estaciones de muestreo en la época de sequía, para el zooplancton, con respecto a los taxones

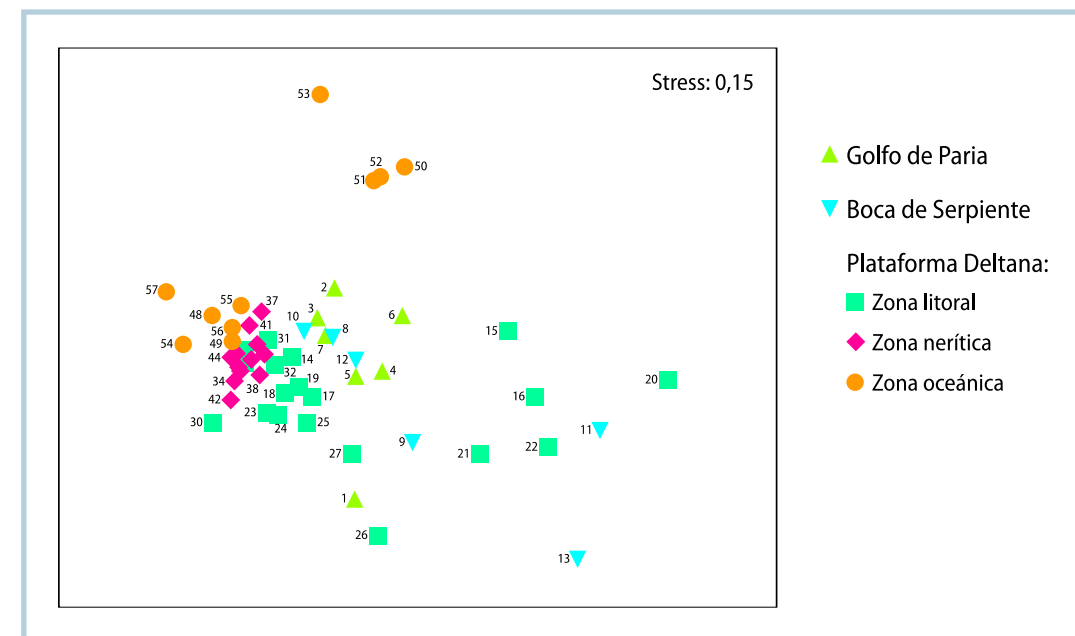


FIGURA 81 Ordenación de las estaciones de muestreo en la época de sequía, para el zooplancton, con respecto a las especies

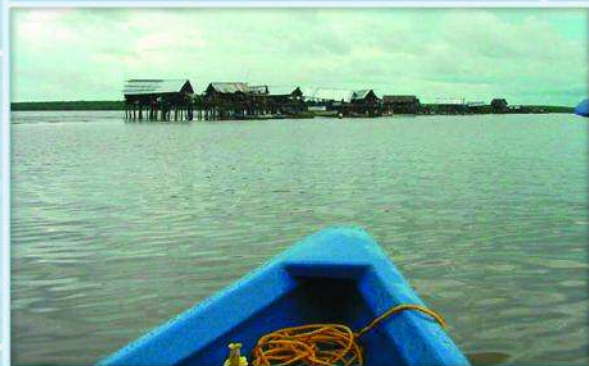
definidos anteriormente y la temperatura, salinidad, concentraciones de NO₂ y Pb ($I_{\text{Spearman}} = 0,630$).

En la época de sequía se encontró una separación efectiva de las estaciones en tres grupos, con diferencias significativas entre ellos. Estos nuevos grupos son: estaciones someras (incluye Golfo de Paria, Boca de Serpiente y Plataforma Deltana litoral), Plataforma Deltana nerítica y Plataforma Deltana oceánica. Esta diferencia entre el número de grupos con respecto a la época de lluvia, era bastante

predecible, pues en sequía la influencia de las descargas del río son menores y por supuesto más cercas de la costa, lo cual permite separar mejor aún la zona nerítica de la oceánica (Figura 81). Comparando la ordenación obtenida de las estaciones con los registros de las variables físicoquímicas en cada estación, se evidenció que la mejor correlación se obtuvo con la variable salinidad ($I_{\text{Spearman}} = 0,670$). Los copépodos, que conforman el componente zooplanctónico dominante en toda la zona de estudio, presentaron una asociación relevante con la salinidad. ■

REFERENCIAS

1. Suárez y Gasca, 1989
2. Cifuentes y col., 1997
3. Marcus, 2004
4. Rakhersh y col., 2006
5. Urosa y Rao, 1974
6. Novoa y col., 1998
7. Pickering y Wihmarsh, 1978
8. Hernández y col., 2003



5

5 CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS MARINOS

El delta del Orinoco representa uno de los ambientes sedimentarios transicionales más importantes del mundo. Su formación durante el Pleistoceno y progradación activa durante el Holoceno está controlada por tres variables fundamentales^[1]:

- Descarga de materiales sedimentarios provenientes de la cuenca hidrográfica del Orinoco.
- Acarreo y distribución de sedimentos en la plataforma continental por corrientes marinas provenientes del sur y sureste de Suramérica, desde el delta del Amazonas y la plataforma continental de Surinam, incluyendo también Guyana.
- Acción de las mareas.

Dichas variables, son responsables de la distribución de los sedimentos en la planicie y frente deltaico, prodelta y el talud continental de esta región de la margen atlántica.

Los sedimentos del delta del Orinoco derivan de varias fuentes de aporte, incluyendo:

- Sedimentos finos del Amazonas que son transportados por la corriente marina de Guayana.
- Los sedimentos que son transportados por el río Orinoco provenientes de los cinturones orogénicos de los Andes y la Cordillera de la Costa, así como del Escudo de Guayana y los Llanos venezolanos y colombianos.
- Los sedimentos que son acarreados de las cuencas tributarias de los caños Tigre, Morichal Largo, Simara, Uracoa y Guargapo, que drenan la Formación Mesa.

La distribución de sedimentos en la margen atlántica, frente al delta del Orinoco, es consecuencia de la corriente de Guayana y el aporte de sedimentos, principalmente de los ríos Amazonas y Orinoco^[2]. Este último acarrea una proporción importante de sedimentos en función del volumen de su descarga

líquida, de acuerdo a su ciclo estacional de ascenso y descenso, siguiendo un patrón unimodal. Algunos autores^[3,4] han estimado una descarga de sedimentos en el orden de 300 y 150 millones de toneladas/año, respectivamente. Este acarreo en suspensión ha sido considerado mayormente para la fracción de limos y arcillas.

La mayor parte del sedimento acarreado por el Orinoco a la plataforma atlántica es aportado a través del río Grande, el curso de agua más importante entre todos los que integran el sistema hidrológico del delta del Orinoco. No obstante, a lo largo de este río se producen una serie de disfluencias que alimentan todo el conjunto de caños que integran la red, los cuales permiten la salida de los sedimentos en suspensión y una proporción relativamente más baja de arenas, pero significativa. Entre estos distributarios destacan los caños Mánamo, Manamito, Tucupita, Pedernales, Cocuina, Capure, Macareo, Caguara, Mariusa, Araguaito, Araguao, Sacupana y Merenjina; y el río Amacuro. Estos conforman una compleja red fluvial y de islas, generalmente pantanosas, con poco terreno firme, donde están localizadas grandes zonas de humedales.

La descarga media anual del río Orinoco ha sido estimada en el orden de los 36.500 m³/s^[5], con una descarga máxima a nivel del delta por el orden de los 70.000 m³/s^[6]. Esta descarga del Orinoco produce una pluma de sedimentos en suspensión, así como el aporte de sedimentos de fondo, que modela el patrón de sedimentación de toda la zona litoral de la plataforma atlántica, la región del Golfo de Paria y el sector oceánico de la plataforma.

La distribución de los sedimentos en la plataforma del delta del Orinoco sigue un patrón general de lodo en una estrecha franja próxima-costera, con predominio de clásticos

silíceos situados a profundidades menores de 75 m, con facies y biofacies predominantemente calcáreas sobre los 75 m de profundidad, aproximadamente. Es un hecho conocido que la afinidad que tienen los metales pesados, y otros contaminantes, con las partículas sólidas en los sistemas acuáticos^[7,8]. Entonces, la concentración de sedimentos suspendidos es el principal factor que determina el mecanismo de transporte de estos elementos. En las zonas costeras estuarinas y deltáicas, donde la concentración de sedimentos suspendidos es relativamente alta, una proporción importante de los metales pesados es depositada en el fondo, y otra parte es movilizad hacia el mar abierto. En este caso, estos elementos químicos podrán ser tomados por organismos, sorbidos sobre partículas, soterrados con los sedimentos o intercambiados con el agua. El conocimiento de estos procesos es fundamental para comprender el comportamiento de estos elementos en el ciclo biogeoquímico y el destino final de los elementos contaminantes.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SEDIMENTOS

Características granulométricas

Los sedimentos de la región estudiada están clasificados como limo-arenosos. La mayor proporción de los componentes de este sedimento tiene un tamaño promedio de grano equivalente a los limos, con cantidades que oscilaron entre 66,7 y 80,7% en las campañas LBAPD-01 y LBAPD-02, respectivamente (Tabla 12). La cantidad de arena varió de 24,6 a 14,5% en los mismos periodos. Los tamaños de arena más frecuentes fueron la arena muy fina (LBAPD-01 = 45,1%) y arena fina (LBAPD-01 = 31,4%), moderadamente bien escogidas (LBAPD-01 = 0,73 y LBAPD-02 = 0,69 Phi). La cantidad de arcilla, entre las campañas LBAPD-01 y LBAPD-02, varió entre 8,7 y 4,8%. Los valores de desviación estándar asociados a la proporción de arena

y limo pueden considerarse relativamente altos, y bastante bajo para las arcillas. Esto parece indicar que los cambios espaciales referidos a la proporción de arena y limos en la zona de estudio son significativos para estas fracciones, pero un poco menos para las arcillas.

Características fisicoquímicas

Las variables fisicoquímicas medidas en los sedimentos fueron: el pH, el gradiente de oxido-reducción (Eh), la conductividad y el contenido de carbono total (orgánico e inorgánico) (Tabla 12). Los valores de pH medidos en los extractos de agua de los sedimentos oscilaron entre 6,37 y 8,38, en la campaña LBAPD-01, y entre 4,67 y 8,88 en la LBAPD-02. Los valores promedio medidos para esta variable, en toda la región estudiada, fueron ligeramente básicos (LBAPD-01 = 7,57 y LBAPD-02 = 7,44), característicos de sedimentos silici-clásticos, con muy poca proporción de bio-clastos calcáreos. Los valores de desviación estándar relativamente bajos parecen indicar que la mayor proporción de estaciones localizadas en la plataforma continental muestran pocas variaciones en los valores de pH de éstos sedimentos, reflejando la composición silici-clástica del mismo; es decir, la fuente y procesos naturales que controlan la composición y distribución de los sedimentos. Los valores de Eh registrados en los extractos de agua de los sedimentos estudiados oscilaron entre 48 y 262 mV durante la campaña LBAPD-01, y entre 66 y 475 mV en la campaña LBAPD-02. Estos valores promedio son característicos de ambientes de plataforma abierta y poco restringidos, bien oxigenados. Los valores promedio de conductividad medidos en los extractos de agua de los sedimentos de toda la región estudiada fueron muy similares: 6,84 en la campaña LBAPD-01 y 6,89 mS/cm en la LBAPD-02. Los valores son inferiores a 17 mS/cm, umbral que define condiciones estuarinas, indicando el contacto de estos sedimentos con aguas de baja salinidad

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables granulométricas y fisicoquímicas para toda el área de estudio, y las dos campañas de campo

Campañas	Valor	Variables granulométricas			Variables fisicoquímicas					
		Arena %	Limo %	Arcilla %	pH	Eh (mV)	Cond (mS/cm)	C _{TOT} %	C _{ORG} %	C _{INOR} %
LBAPD-01	Promedio	24,43	67,35	8,22	7,52	150,87	6,72	1,42	1,02	0,40
	Desv. est.	28,80	25,47	7,09	0,52	53,17	2,71	0,55	0,21	0,48
	Máximo	87,18	98,61	35,52	8,38	262,00	12,07	2,85	1,51	1,80
	Mínimo	0,11	10,67	0,00	6,37	32,00	1,30	0,56	0,53	0,00
LBAPD-02	Promedio	14,52	80,69	4,79	7,44	207,90	6,89	1,15	1,03	0,25
	Desv. est.	23,17	22,16	4,96	0,99	82,84	3,25	0,56	0,19	0,58
	Máximo	99,98	99,22	23,10	8,88	475,00	16,93	3,72	1,43	2,35
	Mínimo	0,05	0,12	0,00	4,67	66,00	0,22	0,70	0,73	0,01

TABLA 12

debido a la mezcla agua dulce-agua de mar propiciado por la descarga del río Orinoco. Los valores promedio de concentración del carbono total fueron 1,45 y 1,15%, determinados durante las campañas LBAPD-01 y LBAPD-02, respectivamente. El carbono orgánico fue la forma más abundante de este elemento, coincidiendo el valor promedio en ambas campañas (1,03%). Estos valores son típicos de ambientes de plataforma continental, con un alto aporte de sedimentos terrígenos por intermedio de grandes ríos, como el Orinoco y Amazonas, con el desarrollo de amplias zonas estuarinas o de un delta.

Metales

Los valores promedio de concentración de Cr, P, Zn, Pb, Cd, Ni, Si, Mn, Cu, Ba, V, Fe y Al fue determinado en la fracción lodo de las muestras captadas en la zona de estudio (Tabla 14). De los elementos estudiados, el Fe (LBAPD-01 = 3,33 y LBAPD-02 = 3,46%) y el Al (LBAPD-01 = 2,31 y LBAPD-02 = 2,52%) son los más abundantes, en ambas campañas. Ambos elementos forman parte del componente silici-clástico y de oxi-hidróxidos de Fe del sedimento, ya sea amorfo o de baja cristalinidad. Luego siguen en abundancia el P (LBAPD-01 = 434 y LBAPD-02 =

401 mg/kg) junto con el Mn (LBAPD-01 = 406 y LBAPD-02 = 470 mg/kg) y Si (LBAPD-01 = 154 y LBAPD-02 = 108 mg/kg), elementos comúnmente asociados con la materia orgánica, el material de oxi-hidróxidos de Mn, y los componentes silici-clásticos y biogénicos del sedimento. Los valores de los metales pesados encontrados en mayor abundancia se muestran en la Tabla 13, y resultaron ser, en orden decreciente: Zn, V, Ba, Cr, Pb, Cu, Ni y Cd. En algunos casos, esta abundancia dependerá de la fuente, textura del sedimento (limo o arcilla) y del ambiente sedimentario de donde proviene el sedimento. El mercurio mostró concentraciones similares o inferiores a los niveles considerados de línea base para la corteza terrestre (80 µg/kg).

Compuestos de hidrocarburos

Se determinaron las concentraciones de hidrocarburos policíclicos totales (TPH), hidrocarburos aromáticos (PAH's) y compuestos decalinas (Tabla 13). Los resultados de TPH variaron entre 14 mg/kg y valores inferiores al límite de cuantificación (3,4 mg/kg) durante la campaña LBAPD-01, con un promedio de 4,2 mg/kg; así como entre 40 y 5,0 mg/kg, con un promedio de 11 mg/kg en la

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables químicas para toda el área de estudio, y las dos campañas de campo

Campañas	Valor	Variables químicas																
		Cr (mg/kg)	P (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Si (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ba (mg/kg)	V (mg/kg)	Hg %	Fe %	Al %	TPH (ppm)	PAH's (ppb)	Decalina (ppb)
LBAPD-01	Promedio	27,91	435,17	85,04	26,23	0,29	14,43	152,55	412,57	18,57	33,72	45,53	nd	3,34	2,27	4,23	2,12	2,12
	Desv. est.	3,98	63,22	10,66	4,53	0,11	2,31	34,99	188,51	4,93	10,35	6,65	nd	0,48	0,53	1,95	2,19	1,98
	Máximo	35,00	719,00	138,00	38,00	0,60	19,00	229,00	1059,00	32,00	81,00	61,00	nd	4,94	3,44	14,10	8,90	10,10
	Mínimo	18,00	335,00	71,00	17,00	0,10	9,00	85,00	179,00	10,00	20,00	29,00	nd	2,59	0,96	3,40	0,20	0,10
LBAPD-02	Promedio	26,35	400,74	94,16	33,84	0,37	14,45	107,87	470,13	18,42	35,68	42,06	24,69	3,46	2,52	9,68	25,97	44,04
	Desv. est.	5,61	94,32	24,16	20,32	0,43	3,90	50,39	389,64	11,18	12,23	8,29	25,98	0,57	0,59	8,92	23,65	51,02
	Máximo	45,00	768,00	199,00	86,00	2,60	34,00	334,00	2385,00	75,00	92,00	54,00	85,00	5,00	3,34	40,00	98,20	214,20
	Mínimo	18,00	265,00	42,00	13,00	0,00	11,00	44,00	169,00	10,00	24,00	25,00	0,20	2,27	1,46	5,00	0,20	0,20

TABLA 13

segunda campaña. Los valores obtenidos son sumamente bajos, superando apenas el límite de cuantificación del método, correspondiendo a concentraciones propias de sitios libres de contaminación por hidrocarburos. Los resultados de los PAH's oscilaron entre 8,9 µg/kg y cifras inferiores al límite de cuantificación, durante la LBAPD-01; y entre 98 µg/kg y ese límite inferior en la LBAPD-02. La estimación de las concentraciones de PAH's tomó en consideración sólo los valores que superaron el límite de cuantificación entre los PAH's prioritarios de la EPA. Los valores encontrados, en toda la región, y de la misma forma que en el caso de los TPH, son sumamente bajos. En una alta proporción de las estaciones de muestreo, los PAH's estuvieron por debajo de los límites de cuantificación. En aquellas estaciones donde fueron detectados estos compuestos, los constituyentes más comúnmente encontrados fueron fenantreno, naftaleno, benzoantraceno, y criseno. Sin embargo, estos constituyentes están en concentraciones generalmente inferiores a 10 µg/kg y muy cercanas a los límites de cuantificación. En base a estos resultados, los sedimentos de fondo estudiados en el área de estudio no pueden ser considerados como contaminados por hidrocarburos aromáticos. Los valores de decalinas variaron entre 10 µg/kg y valores inferiores al límite de cuantificación (0,1 µg/kg) durante la primera campaña, con un promedio de 2,1 µg/kg; así como

entre 214 µg/kg y esos límites inferiores, con un promedio de 50 µg/kg en la segunda campaña. Una alta proporción de los valores determinados en toda la región estudiada estuvieron muy cerca o por debajo de los límites de cuantificación para las decalinas individuales.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS VARIABLES SEDIMENTOLÓGICAS

Del análisis realizado a partir de los datos sedimentológicos, y utilizando como variables las proporciones de arena, limo y arcillas, puede considerarse a la región bajo estudio como confirmada por dos zonas. Una zona litoral, con una alta influencia de la sedimentación actual del Orinoco, y una zona oceánica o de plataforma continental abierta (Figura 82).

La primera zona contiene las estaciones localizadas en el Golfo de Paria y toda la zona litoral. La segunda comprende las estaciones oceánicas, ubicadas entre los 60 y 80 m de profundidad. Luego pueden distinguirse dos subgrupos, aunque con una mayor similitud, localizados muy cerca de la línea de costa, a lo largo de la zona litoral, los cuales incluyen el Golfo de Paria y Boca de Serpiente, por un lado, y Punta Pescadores

y Boca de Araguao por el otro. Este patrón de distribución de los sedimentos fue similar para ambas época de muestreo (Figura 83). Obsérvese que las estaciones localizadas en el Golfo de Paria y la zona litoral del delta del Orinoco, especialmente en las localidades de Punta Pescadores (Est-11), Boca de Mariusa (Est-13) y Barra de Mariusita (Est-15), son las que presentan la mayor proporción de lodos (limo-arcilla), siendo la clase limo-fino el tamaño más abundante en todos los casos.

Por consiguiente, la distribución espacial de la facies de sedimentos observada en la Plataforma Deltana, al igual que los patrones conseguidos en el estudio de la plataforma continental atlántica durante el Proyecto del frente Atlántico (área localizada al sureste de la Plataforma Deltana)⁽⁹⁾ está controlada por el aporte de sedimentos terrígenos en la desembocadura del Orinoco (río Grande) y los grandes caños que conforman este sistema (Macareo, Mariusa, etc.), la batimetría de la zona litoral y plataforma propiamente dicha y el patrón de las corrientes de Guayana y Ecuatorial del Sur. La desembocadura del

Orinoco implica el aporte de un gran volumen de sedimentos terrígenos de limos y arcillas que se dispersan en bandas paralelas a la línea de costa, tanto en función de la distancia de transporte y decantación, según el tamaño de grano, como por los efectos de floculación de las arcillas en el contacto agua dulce-salada, controladas por la acción de las corrientes anteriormente mencionadas. De acuerdo a la distribución de las bandas de sedimentos de limo y arcillas paralelas a la costa, el área de mayor influencia del Orinoco estaría parcialmente limitada a una profundidad de 50-60 m, en la región localizada al frente al delta del Orinoco, extendiéndose hacia todo el Golfo de Paria (Figura 83).

CARACTERÍSTICAS FISIQUÍMICAS PARA LAS DOS ZONAS

La distribución espacial del Ph guarda cierta similitud con los valores registrados en la columna de agua. Los valores más bajos fueron detectados en el Golfo Paria y en las estaciones litorales frente al delta del

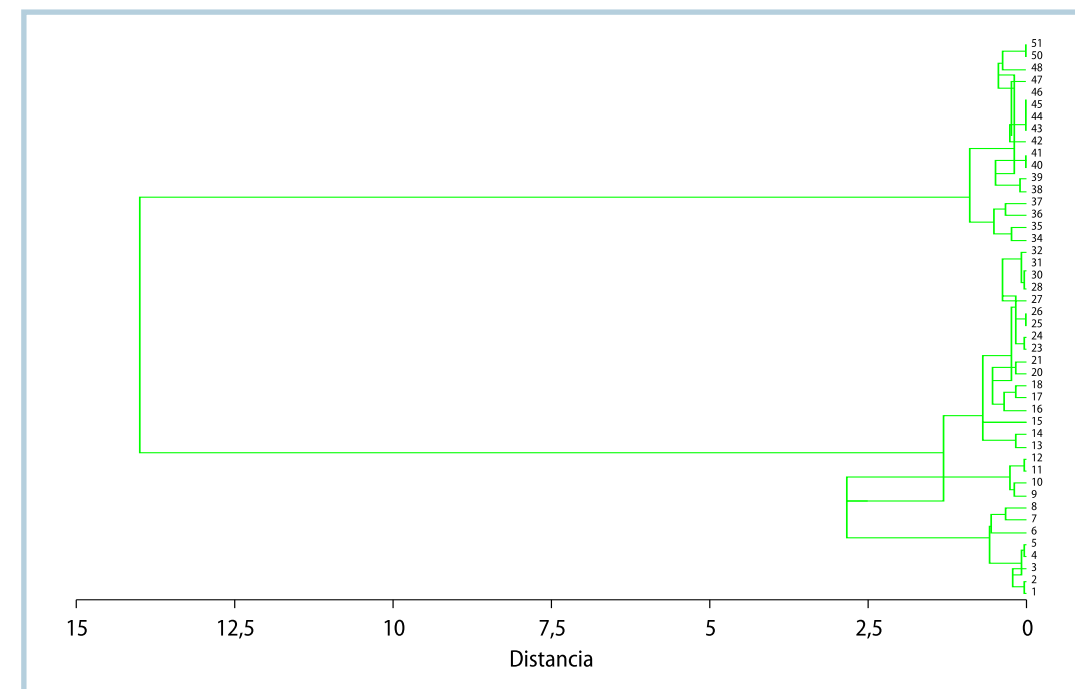


FIGURA 82 Dendrograma que muestra las asociaciones entre las estaciones donde fueron captadas las muestras de sedimentos en los distintos sectores de toda la región de la Plataforma Deltana en función de las proporciones de arena, limo y arcillas

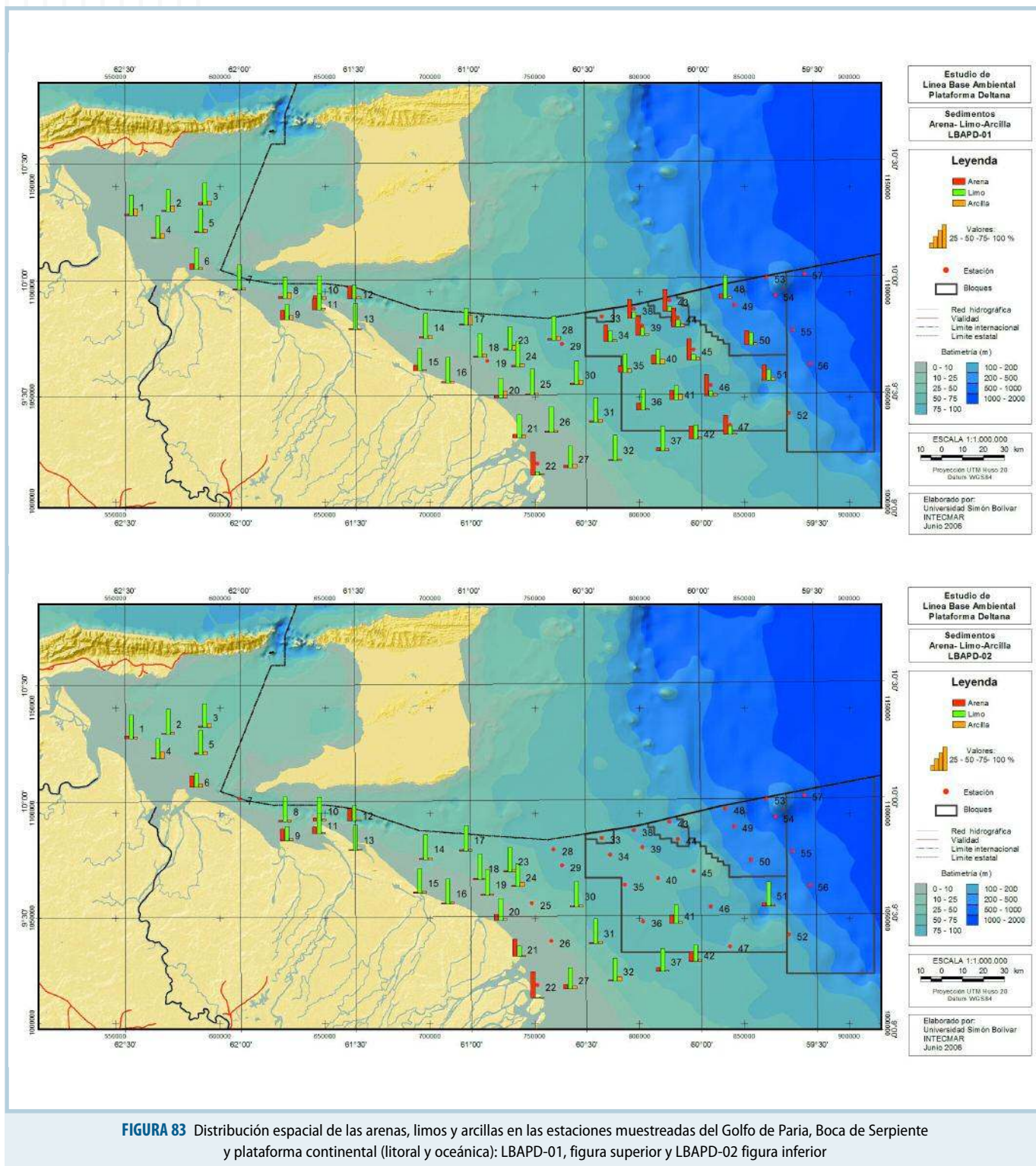


FIGURA 83 Distribución espacial de las arenas, limos y arcillas en las estaciones muestreadas del Golfo de Paria, Boca de Serpiente y plataforma continental (litoral y oceánica): LBAPD-01, figura superior y LBAPD-02 figura inferior

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables granulométricas y fisicoquímicas para el área con influencia fluvial y marina, y las dos campañas de campo

Campañas	Valor	Variables granulométricas			Variables fisicoquímicas					
		Arena %	Limo %	Arcilla %	pH	Eh (mV)	Cond (mS/cm)	C _{TOT} %	C _{ORG} %	C _{INOR} %
INFLUENCIA FLUVIAL										
LBAPD-01	Promedio	9,73	80,84	9,43	7,24	142,43	7,04	1,09	0,97	0,12
	Desv. est.	19,04	18,46	7,49	0,43	56,44	2,79	0,18	0,20	0,10
	Máximo	87,18	98,61	35,52	8,12	262,00	11,51	1,55	1,46	0,46
	Mínimo	0,11	10,67	0,72	6,37	59,00	1,30	0,56	0,53	0,01
LBAPD-02	Promedio	13,59	81,21	5,50	7,31	208,93	6,32	0,98	0,99	0,03
	Desv. est.	24,34	23,25	5,17	0,99	88,33	2,67	0,16	0,17	0,04
	Máximo	99,88	99,22	23,10	8,88	475,00	11,84	1,38	1,43	0,13
	Mínimo	0,05	0,12	0,00	4,67	66,00	0,22	0,70	0,73	0,01
INFLUENCIA OCEÁNICA										
LBAPD-01	Promedio	50,38	43,53	6,09	8,01	165,76	6,16	2,02	1,12	0,90
	Desv. est.	24,63	24,66	4,77	0,21	44,56	2,54	0,48	0,21	0,49
	Máximo	79,73	90,73	16,31	8,38	230,00	12,07	2,85	1,51	1,80
	Mínimo	6,16	13,34	0,00	7,68	32,00	3,40	1,06	0,68	0,00
LBAPD-02	Promedio	20,82	77,16	2,02	8,34	201,00	10,75	2,24	1,28	0,97
	Desv. est.	13,25	14,27	1,62	0,32	30,36	4,57	1,02	0,11	0,96
	Máximo	34,54	90,71	4,36	8,78	245,00	16,93	3,72	1,37	2,35
	Mínimo	7,48	61,10	0,79	8,01	176,00	6,88	1,39	1,12	0,11

TABLA 14

Orinoco, con poca profundidad (<10 m), muy cercanas a la desembocadura de varios de sus caños principales. Los sedimentos del Golfo de Paria muestran cifras inferiores a 7,85 unidades de pH, alcanzando valores muy cercanos a 7,11. Estos valores son característicos de sedimentos silici-clásticos, con una relativa alta proporción de materia orgánica y poca proporción de bioclásticos calcáreos. Las cifras de pH más altas fueron registradas en las estaciones oceánicas, con profundidades superiores a los 60 m, coincidiendo, en la mayor parte de los casos, con las estaciones que presentan las concentraciones más elevadas de C_{inorg}. Los componentes minerales primarios más frecuentes en los organismos marinos son: calcita, aragonito, apatito y ópalo. El contacto de estos minerales con el agua produce soluciones saturadas en carbonatos o muy cerca de la saturación, en un tiempo relativamente corto,

debido a la rápida velocidad de disolución de estos minerales, alcanzando cifras de pH cercanas a 8,1 (Tabla 14).

La variación espacial del Eh muestran que las cifras más bajas fueron observadas en las estaciones localizadas en el Golfo de Paria, y algunas cercanas al delta del Orinoco, especialmente durante la primera campaña; mientras que las más altas fueron detectadas en las estaciones oceánicas. Los bajos valores pudieran estar relacionados con las condiciones restringidas que predominan en el área del golfo, reflejándose en las menores concentraciones de oxígeno disuelto que presentan las aguas del golfo durante la época de lluvia. A diferencia de lo observado en la primera campaña de muestreo, las muestras localizadas en el Golfo de Paria presentaron valores similares a los sedimentos de las estaciones ubicadas en la

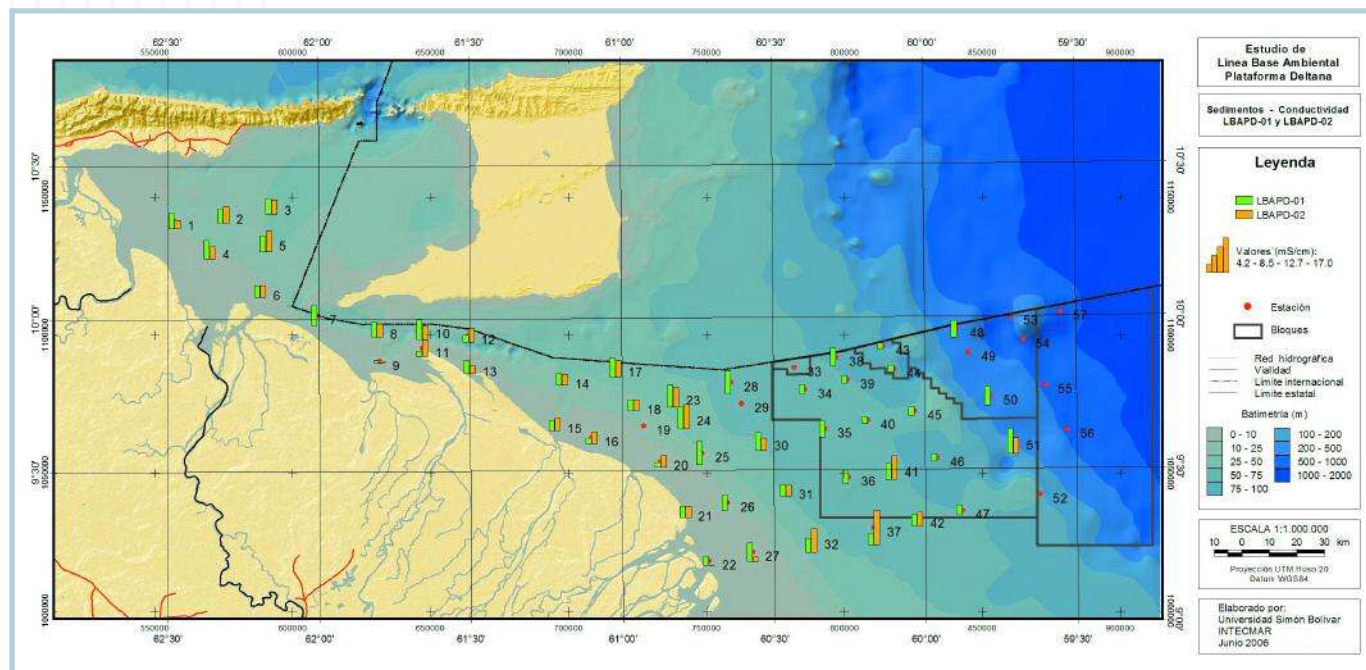


FIGURA 84 Valores de conductividad medidos, en ambas campañas de muestreo, en los extractos de agua asociado con los sedimentos captados en el Golfo de Paría, Boca de Serpiente y plataforma continental (litoral y oceánica)

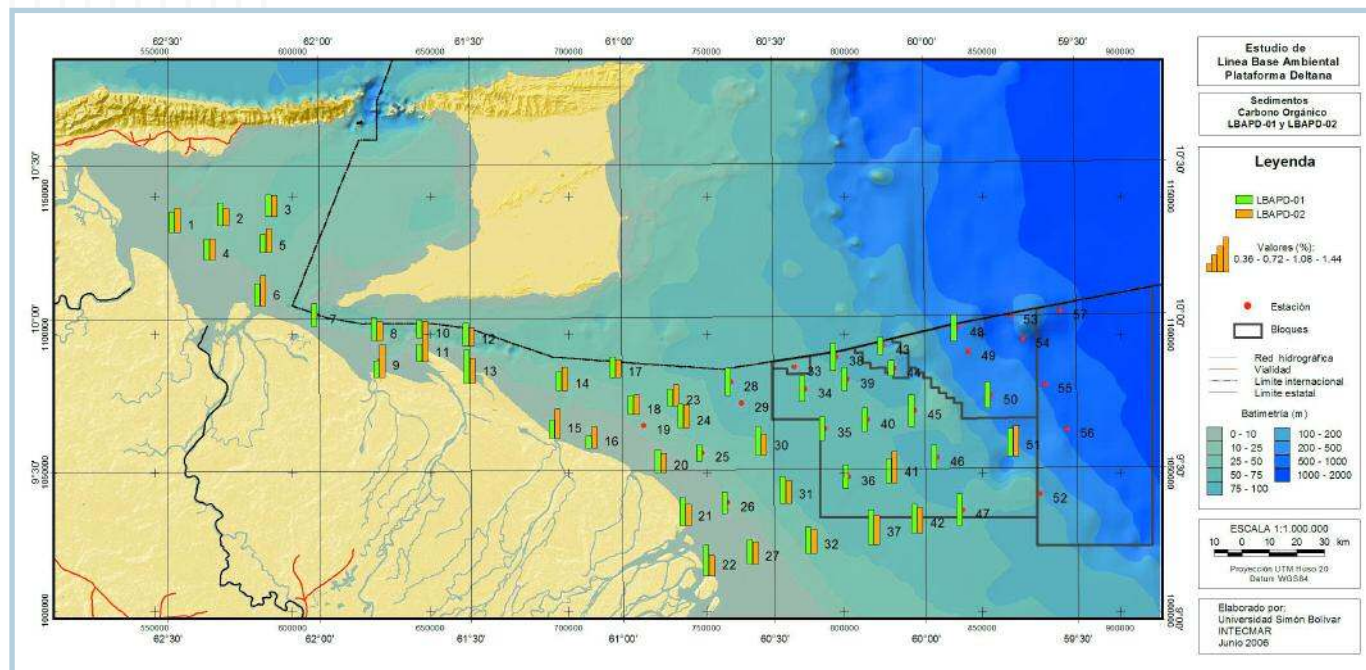


FIGURA 85 Distribución espacial de las concentraciones de carbono orgánico en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

plataforma más profunda. La mayor uniformidad de las cifras de Eh obtenidas a final del mes de mayo y comienzo de junio podría ser consecuencia de la mayor proporción de agua dulce en la mezcla agua de mar-agua de río, a nivel de la plataforma y Golfo de Paría. No obstante las grandes diferencias observadas entre los valores de Eh de las réplicas ambientales no permiten una conclusión definitiva en relación al comportamiento de este parámetro, por lo que es posible que la determinación de Eh realizada en el laboratorio no refleje las condiciones del momento en que fue tomada la muestra, y mucho menos, las condiciones del sitio de recolección de la misma, lo que apuntaría a medir este parámetro en el barco durante la campaña de muestreo.

Los valores de conductividad más bajos, medidos en ambas campañas a partir de los extractos de agua de los sedimentos de la región estudiada, corresponden a aquellas estaciones más cercanas a la línea de costa. Esto indica el contacto de estos sedimentos con aguas de baja salinidad debido a la mezcla agua dulce-agua de mar propiciado por la mayor descarga del río Orinoco a través de sus distintos caños (Figura 84). El contenido de carbono orgánico en los sedimentos varió entre un máximo de 3,72% (en la zona de influencia marina) hasta un mínimo de 0,5% (en la zona de influencia de la descarga del Orinoco) (Tabla 14), sugiriendo una mayor acumulación hacia zonas más profundas, pero presentando una distribución espacial bastante extendida (Figura 85). De hecho, esta zona presenta un valor promedio más alto que la zona que está bajo la influencia de la descarga del río Orinoco (2,24±1,02% vs. 0,98±0,16%).

Metales

Los valores de las concentraciones de los elementos Cr, Pb, Ni, V, Ba, Fe y Hg pueden apreciarse en la Tabla 15, presentados de forma resumida para las dos zonas definidas, y para las dos campañas de campo. La mayoría de estos metales pesados

están presentes en los ripios y lodos de perforación, asociados a los aditivos que son empleados para modificar las propiedades operacionales de la mezcla resultante. Estas propiedades incluyen la densidad del fluido, viscosidad, pérdida de fluido, parámetros de intercambio iónico, reactividad y salinidad. Puede observarse que la mayoría de estos elementos, a excepción de Fe, Mn, Pb, P, Si, muestran el mismo comportamiento en ambas campañas de muestreo: la variación de sus concentraciones es baja. De manera que se pueden diferenciar concentraciones de metales con baja y alta variación, tanto espacial como temporal (Tabla 15). Desde el punto de vista temporal, el Fe, Mn y Pb presentaron una concentración ligeramente más alta en la segunda campaña, comparado con los resultados obtenidos en la primera campaña; mientras que el Si y P mostraron una concentración ligeramente más baja. Esto podría ser debido al mayor aporte de sedimentos silici-clásticos provenientes del Orinoco durante la época de crecida que produce un efecto de dilución y menor actividad biogénica a nivel del sedimento bioclástico.

No obstante, la variabilidad observada en ambas campañas sigue siendo menor a la encontrada^[8] para estos mismos elementos en la región denominada frente Atlántico, especialmente para Ba, Fe, Mn y Cu, donde hay una marcada diferencia entre los sedimentos profundos depositados en el talud y los de la plataforma continental, pero existe una gran similitud, en orden de magnitud, entre los valores de concentración reportados^[8] para todos los elementos previamente mencionados, a nivel de la plataforma somera. De acuerdo a esto, es muy probable que los sedimentos del fondo estudiados en la región de la Plataforma Deltana correspondan exclusivamente al componente silici-clástico de la facie de fango de la plataforma somera, transportado por el Orinoco y Amazonas, de origen continental, constituidos preferentemente por oxi-hidróxidos de Fe y Mn, aportados por el Orinoco.

Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables químicas para el área con influencia fluvial y marina, y las dos campañas de campo

Campañas	Valor	Variables químicas																
		Cr (mg/kg)	P (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Si (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ba (mg/kg)	V (mg/kg)	Hg %	Fe %	Al %	TPH (ppm)	PAH's (ppb)	Decalina (ppb)
INFLUENCIA FLUVIAL																		
LBAPD-01	Promedio	27,10	435,70	87,40	26,30	0,30	14,40	154,60	494,70	18,10	33,60	45,70		3,50	2,10	4,78	3,28	2,42
	Desv. est.	4,20	73,60	12,20	5,20	0,10	2,50	33,20	188,00	5,40	8,10	7,30		0,50	0,50	2,45	2,24	1,73
	Máximo	33,00	719,00	138,00	38,00	0,60	19,00	228,00	1059,00	32,00	56,00	58,00		4,90	3,10	14,10	8,90	6,50
	Mínimo	18,00	335,00	71,00	17,00	0,20	9,00	85,00	300,00	10,00	22,00	29,00		2,60	1,00	3,40	0,20	0,10
LBAPD-02	Promedio	26,67	408,19	95,41	27,22	0,29	14,56	109,37	502,52	19,22	36,67	42,30	28,32	3,55	2,50	10,61	30,00	48,49
	Desv. est.	5,87	98,90	25,51	10,69	0,14	4,15	53,93	407,84	11,77	12,82	8,85	25,94	0,55	0,63	9,61	23,96	54,42
	Máximo	45,00	768,00	199,00	66,00	0,60	34,00	334,00	2385,00	75,00	92,00	54,00	85,00	5,00	3,34	40,00	98,20	214,20
	Mínimo	18,00	265,00	42,00	13,00	0,00	11,00	44,00	169,00	12,00	24,00	25,00	0,20	2,27	1,46	5,00	0,20	0,20
INFLUENCIA OCEÁNICA																		
LBAPD-01	Promedio	22,16	386,42	83,50	29,97	0,58	13,53	129,64	681,93	22,52	35,45	33,67		33,97	2,86	3,53	0,68	1,74
	Desv. est.	13,69	256,18	62,02	25,05	0,84	9,94	105,64	742,67	22,72	27,32	19,49		36,03	1,74	0,57	0,88	2,22
	Máximo	45,00	768,00	199,00	86,00	2,60	34,00	334,00	2385,00	75,00	92,00	58,00		85,00	5,00	6,40	3,90	10,10
	Mínimo	4,20	73,63	12,20	5,25	0,00	2,49	33,23	169,00	5,42	8,07	7,27		0,20	0,46	3,40	0,20	0,10
LBAPD-02	Promedio	24,25	350,50	85,75	78,50	0,88	13,75	97,75	251,50	13,00	29,00	40,50	0,20	2,87	2,65	5,46	7,89	24,01
	Desv. est.	3,10	18,56	9,43	9,33	1,15	1,26	5,06	59,10	2,16	1,41	2,08	0,00	0,36	0,28	1,31	10,43	24,93
	Máximo	27,00	363,00	95,00	86,00	2,60	15,00	104,00	313,00	15,00	31,00	43,00	0,20	3,33	3,03	8,70	31,30	68,80
	Mínimo	20,00	323,00	73,00	65,00	0,30	12,00	92,00	172,00	10,00	28,00	38,00	0,20	2,45	2,36	5,00	0,20	0,20

TABLA 15

En el caso del Hg, los mayores valores de concentración fueron observados en las estaciones más cercanas a la línea de costa, pero no en el Golfo de Paria; en cambio los menores valores, inclusive por debajo del límite de determinación fueron encontrados en las muestras más profundas de la plataforma continental atlántica. Vale destacar que la cuenca del río Caroní ha sido, por mucho tiempo, una región de explotación de oro (Au) aluvional, donde el empleo de Hg metálico en el principal afluente del Orinoco, ha sido utilizado para amalgamar este metal precioso. Es de esperar que los sedimentos acarreados por el Orinoco tengan una concentración relativamente más alta que los sedimentos autóctonos de la plataforma continental.

Compuestos de hidrocarburos

El comportamiento espacial de las concentraciones de TPH, PAH's y decalinas, en ambas campañas, muestra que los valores más altos fueron detectados durante la segunda campaña, particularmente a lo largo de la línea litoral. La tendencia de su distribución en toda la región y en ambas épocas es similar, detectándose cifras bastante bajas en la plataforma oceánica, a mayores profundidades. Los valores mas altos de TPH (Tabla 15), en ambas campañas, corresponden a las estaciones del litoral en las zonas del Golfo de Paria, Boca de Serpientes y la zona litoral al frente del delta del Orinoco (Figura 86); es decir, a la zona de influencia fluvial (entre máximos de 40 ppm y mínimos de 3 ppm, Tabla 15). En cambio, las áreas correspondientes a los Bloques de la

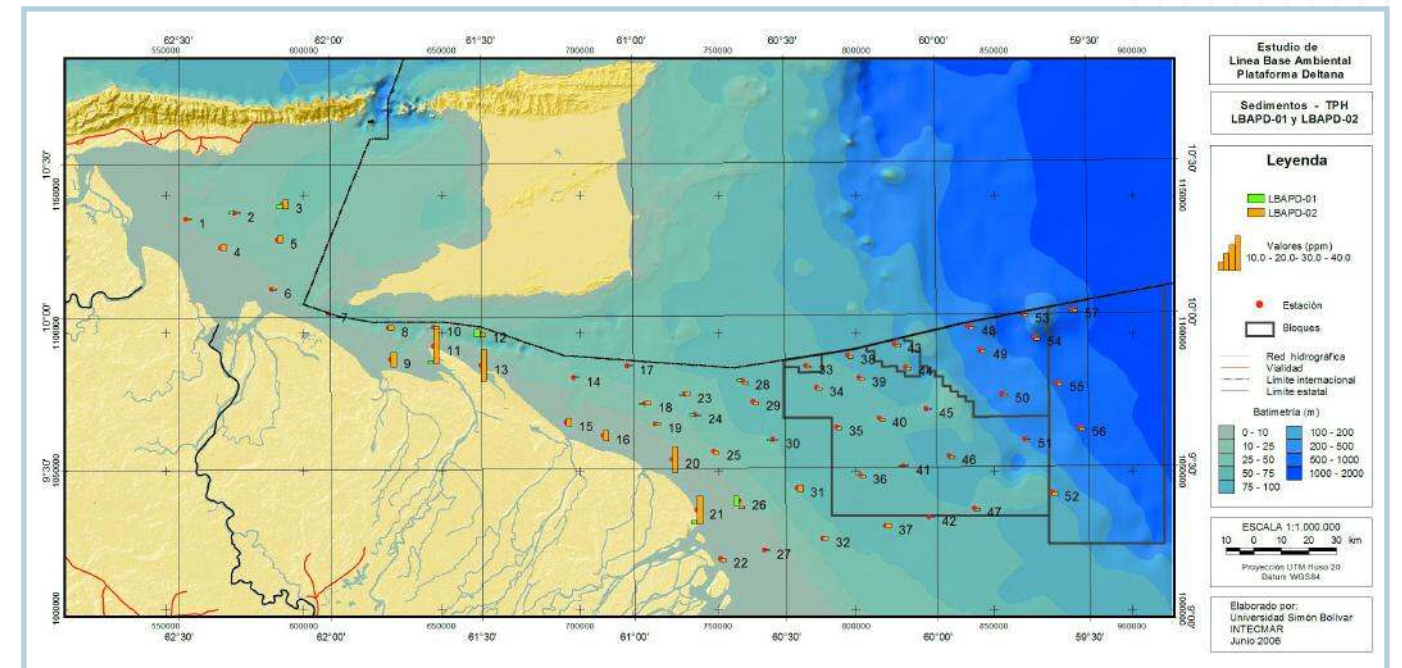


FIGURA 86 Distribución espacial de las concentraciones de TPH en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

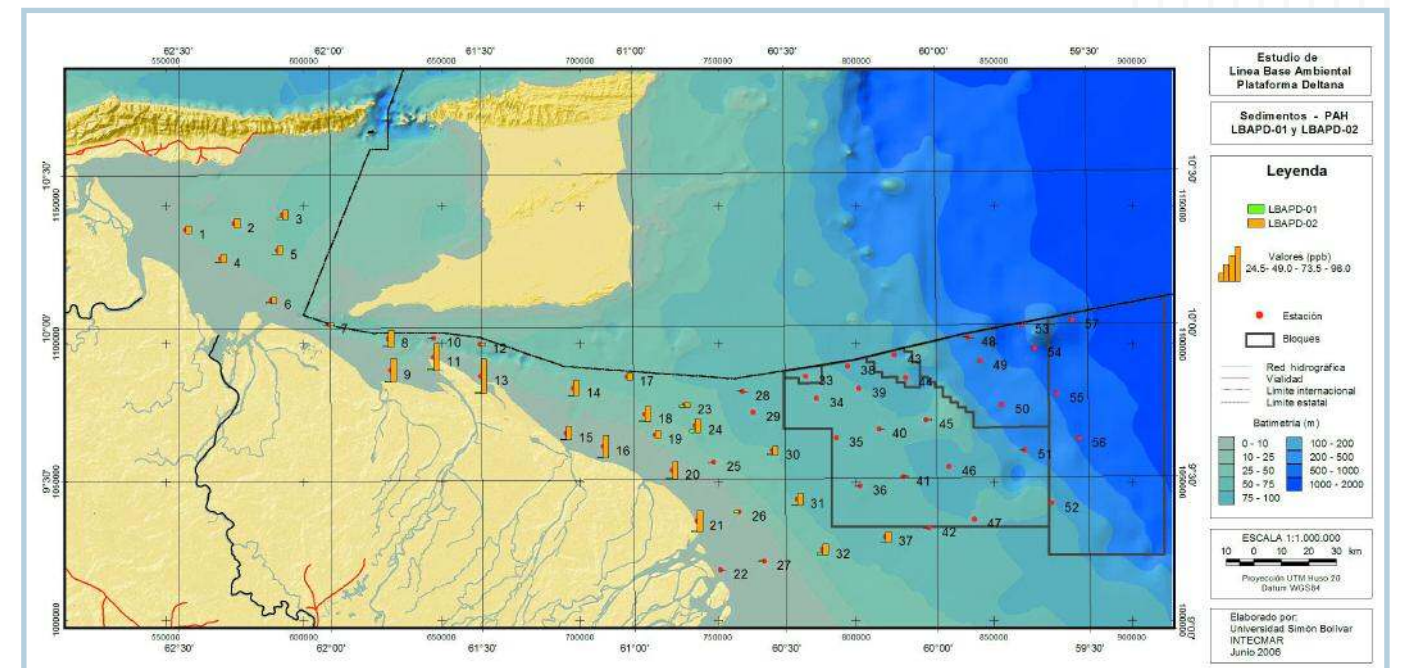


FIGURA 87 Distribución espacial de las concentraciones de PAH's en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana

Plataforma Deltana y en las muestras al Este de las estaciones 28 y 30, en la plataforma oceánica, los TPH estuvieron por debajo o cercanos al límite de cuantificación, lo que indica que son bajos y característicos de una zona de bajo impacto por hidrocarburos. Obsérvese que los valores cuantificables de PAH's están localizados, en todos los casos, en la zona litoral de la plataforma (Figura 87), particularmente los correspondientes a la segunda campaña, tal como fue descrito para los TPH, (Ej. Golfo de Paria, Boca de Serpientes y estaciones más cercanas a la línea de costa), oscilando entre valores máximos de 98 ppb, y mínimos de 0,2 ppb. Las concentraciones de PAH's en los sedimentos del área de los Bloques de la Plataforma Deltana, representados por las estaciones que van de la 33 a la 57, son extremadamente bajas y están por debajo o muy cerca de los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas. En base a estos resultados, podría asegurarse que toda el área correspondiente al estudio de la LBAPD tiene condiciones cuasi-prístinas o libres de contaminación por PAH's. Por consiguiente, valores máximos de concentración reportados aquí podrían considerarse Valores de Línea Base para la región bajo estudio. La tendencia para la concentración de decalinas

es similar a la que fue descrita para los TPH y PAH's. Las mayores concentraciones corresponden a las estaciones localizadas en el Golfo de Paria, Boca de Serpientes y las más próximas a la línea de costa del delta del Orinoco (Figura 88), variando entre un máximo de 214 ppb y mínimos de 0,1 ppb (Tabla 15). Sin embargo, en varias estaciones fueron detectados valores relativamente significativos de decalinas en comparación con los PAH's. Esto pudiera indicar remanentes de compuestos orgánicos derivados del petróleo, donde los más sensibles a procesos degradativos, como los TPH y PAH's, han sido biodegradados.

ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES DEL SEDIMENTO

Para estudiar las posibles asociaciones que pueden existir entre las distintas variables sedimentológicas consideradas se realizaron análisis estadísticos multivariados, como el que se presenta en la Figura 87. En esta figura se pueden apreciar fuertes asociaciones entre varios elementos, como el Fe y el Mn; y entre éstos y el P, Ni, Ba y V, indicando que sus comportamientos están controlados por procesos naturales,

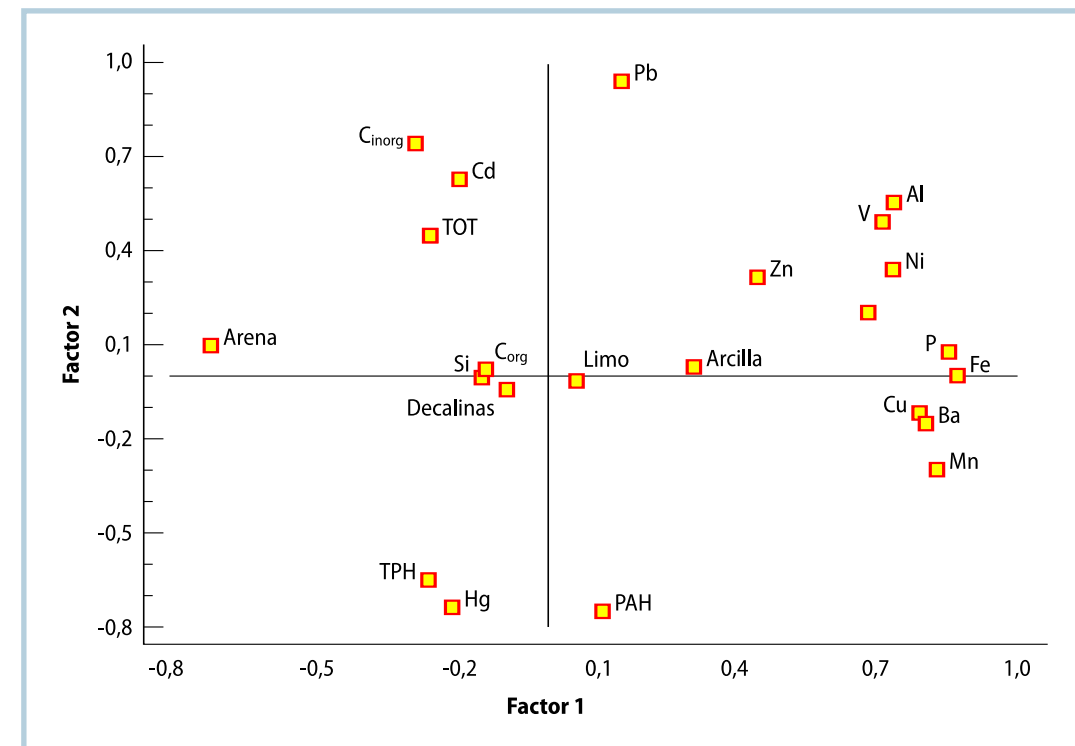


FIGURA 89 Análisis de factores para los componentes texturales y químicos de los sedimentos captados en la segunda campaña en toda la región de la Plataforma Deltana

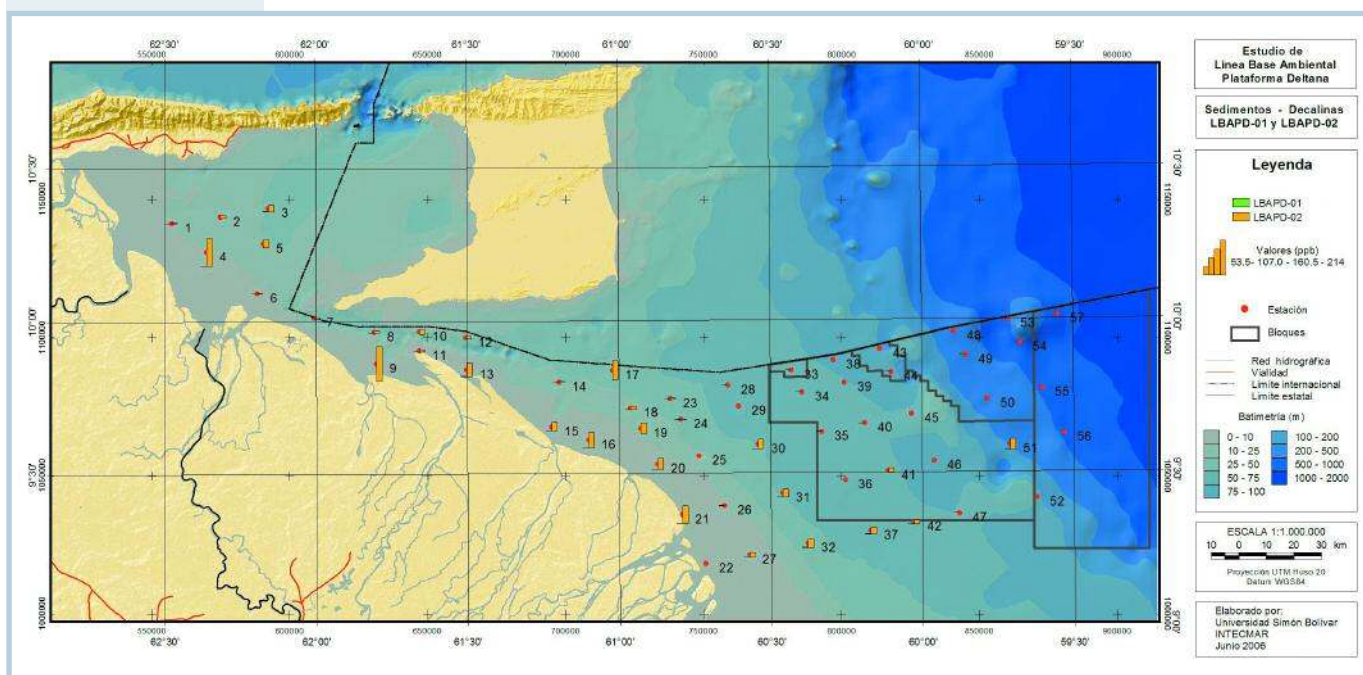
particularmente por procesos de sorción y co-precipitación con oxi-hidróxidos de hierro y manganeso. Por otra parte, la falta de correlación de las concentraciones de Si con Al, Ba, Fe, V, Ni, Zn, Pb, Cu, y Mn indica, claramente, que este elemento proviene de la disolución de un material amorfo o de muy baja cristalinidad. La falta de correlación entre el carbono orgánico y los TPH, PAH's y decalinas, puede ser consecuencia de las muy bajas concentraciones de estos compuestos en relación a la concentración de carbono orgánico.

Las variaciones de C_{org} parecen estar controladas por un componente natural, asociado posiblemente con la materia orgánica derivada de las sustancias húmicas transportadas por el Orinoco y otros ríos y caños del delta del Orinoco y las Guayanas. La asociación que presentan los referidos compuestos orgánicos con el Hg, y el agrupamiento de éstos en el análisis factorial son indicativos del origen antrópico de los mismos, con los sedimentos que están depositándose a lo largo de la zona litoral. El plomo

muestra un comportamiento especial en el diagrama de factores, teniendo una posición aislada, no relacionada con ningún otro metal. Esto sugiere una fuente distinta a la natural debido posiblemente a efectos antrópicos, claramente relacionadas con el aporte del río Orinoco.

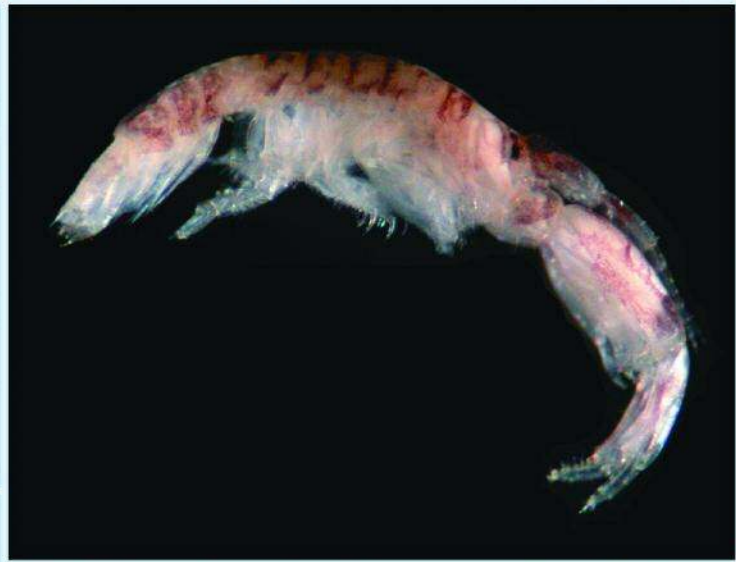
Podría decirse, a la luz de todo lo analizado para este componente que la composición química de los sedimentos de la región de la Plataforma Deltana, en términos de la mayoría de los metales pesados estudiados, y en ambas campañas de muestreo, no muestran indicios de estar afectados por procesos distintos a los naturales, y está esencialmente libre de contaminación por hidrocarburos, especialmente los bloques de la Plataforma Deltana, conformando una serie de valores de línea base. Por otra parte, la abundancia de Hg, PAH's y decalinas en toda la región es muy sensible a cualquier efecto antrópico, y hace de éstos unos adecuados indicadores geoquímicos para medir y monitorear impactos ocasionados por actividades antrópicas. ■

FIGURA 88 Distribución espacial de las concentraciones de decalina en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana



REFERENCIAS

1. Mendez, 2000
2. Eisma y col., 1978
3. Meade, 1985
4. Meade y col., 1990
5. Pérez Hernández y López, 1998
6. Echezuría y col., 2002
7. Yanes, 1999
8. Yanes y col., 2005
9. Tosiani y col., 2005



6 COMPONENTE BENTÓNICO

Los sedimentos marinos abarcan más del 80% del fondo de los océanos, creando uno de los hábitat más extensos del planeta. El bentos está representado por todos los organismos que se encuentran asociados a estos fondos marinos, y se conocen comúnmente como comunidades bentónicas de fondos blandos. En estos ambientes existen organismos asociados que van, desde bacterias hasta cetáceos bentos-dependientes, y en conjunto constituyen un componente importante en el mantenimiento trófico de los fondos marinos, tanto someros como profundos. Así, la fauna del componente bentónico puede clasificarse convenientemente, según sus tamaños, en macrofauna (entre 0,5 mm y hasta 2,5 cm), meiofauna (entre 0,065 mm y 0,5 mm), microbentos (organismos <0,065 mm), mientras que los organismos de mayores dimensiones (>2,5 cm) son referidos como megafauna. El estudio de las comunidades bentónicas constituye un aspecto muy importante en lo relativo al conocimiento de la trama trófica de los ambientes estuarinos y marinos, ya que permite conocer indirectamente las potencialidades productivas de una determinada región.

En estos ambientes estudiados, la gran profundidad y la turbidez de la columna de agua, debido a la gran descarga de sedimentos en la costa cercana a la desembocadura del río Orinoco, reduce la importancia de la actividad de organismos fotosintetizadores, representando el bentos, uno de los eslabones más importantes en la transferencia de energía desde los niveles más bajos de producción, como es la materia orgánica, hasta niveles superiores en las cadenas tróficas, como crustáceos y peces^[1].

El Golfo de Paria y el delta del río Orinoco constituyen una gran extensión estuarina de gran importancia para la pesca en Venezuela, la cual recientemente se ha convertido en un centro de desarrollo de actividades

petroleras. Sin embargo, esta región ha recibido muy poca atención en lo relacionado al estudio de su biota. Menor aún, ha sido el interés por el estudio de las comunidades bentónicas en general, a pesar de su importancia ecológica^[2].

En este estudio se cuantificaron un total de 14.811 organismos bentónicos en toda el área de estudio, pertenecientes a 389 especies, de 22 grupos taxonómicos: foraminíferos, ostrácosos, copépodos, nematodos, nemertinos, poliquetos, peracáridos, decápodos, estomatópodos, picnogónidos, bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, sipuncúlidos, asteroideos, holotúridos, equinoides, crinoideos, ofiuros, poríferos, ascideas y cnidarios, reflejando una enorme diversidad biológica presente en la región de la Plataforma Deltana. Se identificaron 16 especies de organismos dentro del meiobentos (4%), 206 en el macrobentos (53%), y 183 dentro del megabentos (43%) (Figura 90). En cuanto a la identificación taxonómica de los grupos que conforman el bentos en esta zona, se identificaron, como ya se señaló, 389 especies, de las cuales 222 especies aparecieron en las muestras de meiobentos y macrobentos; además de 167 especies exclusivas en las muestras de megabentos.

En el caso del meiobentos y macrobentos, de las 222 especies, 151 pertenecen al grupo poliquetos, 18 especies de crustáceos peracáridos, 13 crustáceos decápodos, 12 sipuncúlidos, siete bivalvos, tres equinodermos, dos gasterópodos; así como 16 morfotipos de foraminíferos. La tendencia general para los grandes grupos de organismos se aprecia en la secuencia de la Figura 91 a la Figura 93, observándose claramente que es hacia el aumento de la dominancia de grupos taxonómicos a medida que se disminuye en tamaño de organismos (megafauna-meiofauna), y por consiguiente, a reflejar una mayor equitatividad de la comunidad en los grupos de la megafauna.

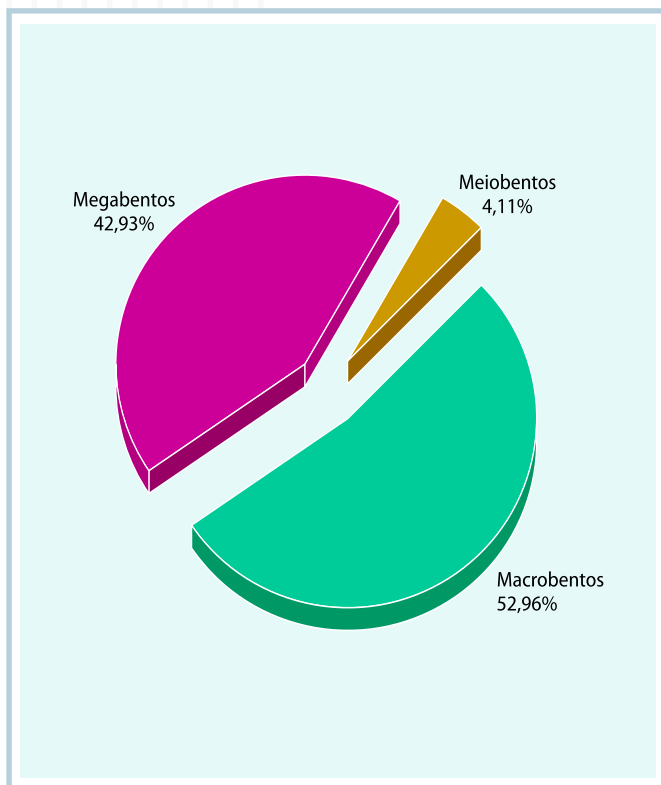


FIGURA 90 Proporción de especies (%) identificadas en cada subgrupo muestreado en la Plataforma Deltana durante ambas campañas

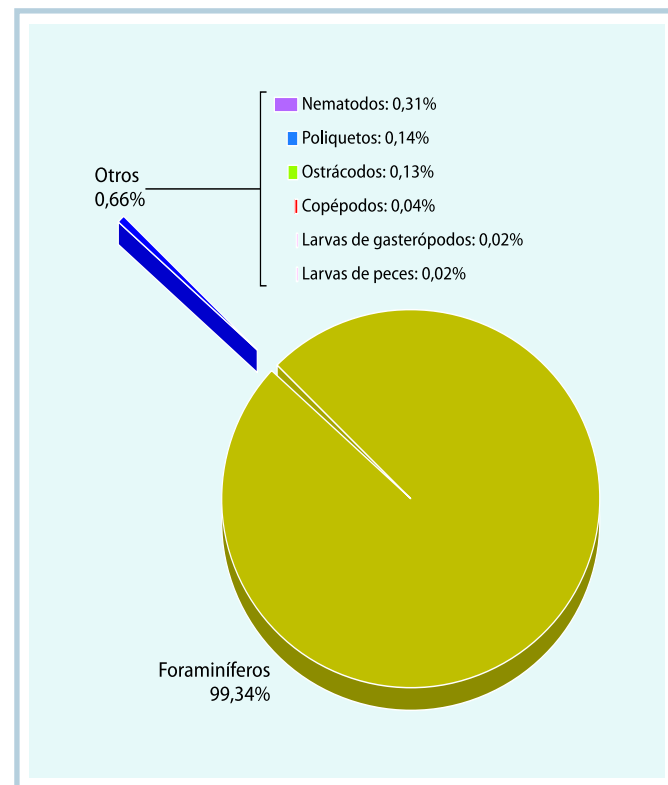


FIGURA 91 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos del meiobentos, identificados en las muestras de bentos provenientes de ambas campañas del proyecto LBAPD

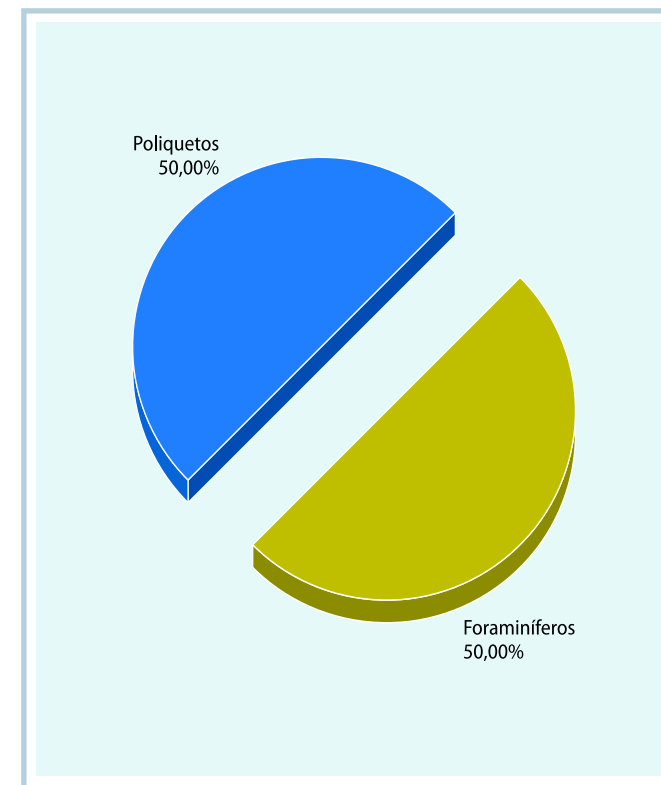


FIGURA 94 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del meiobentos, en la zona del Golfo de Paria, provenientes de la LBAPD-01

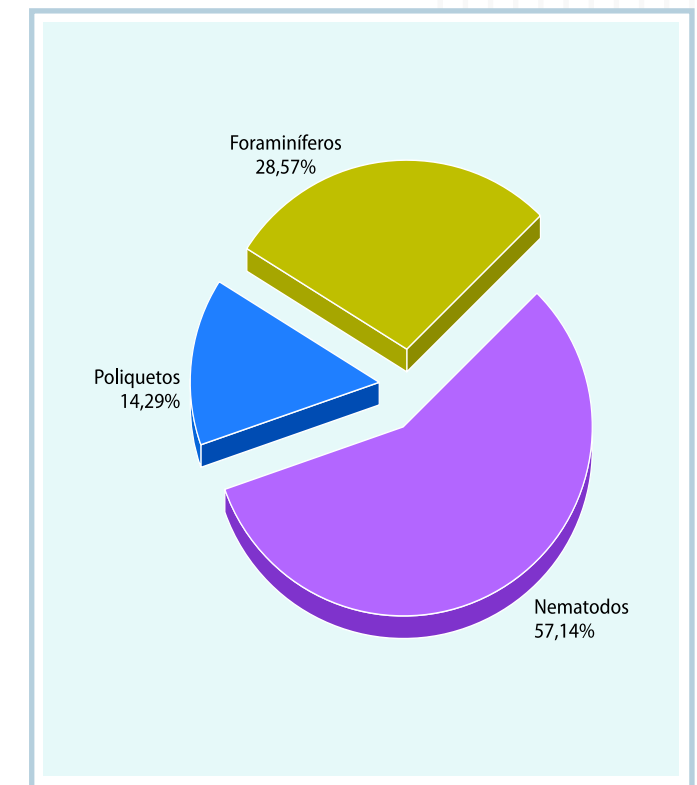


FIGURA 95 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras de meiobentos, en la zona del Golfo de Paria, provenientes de la LBAPD-02

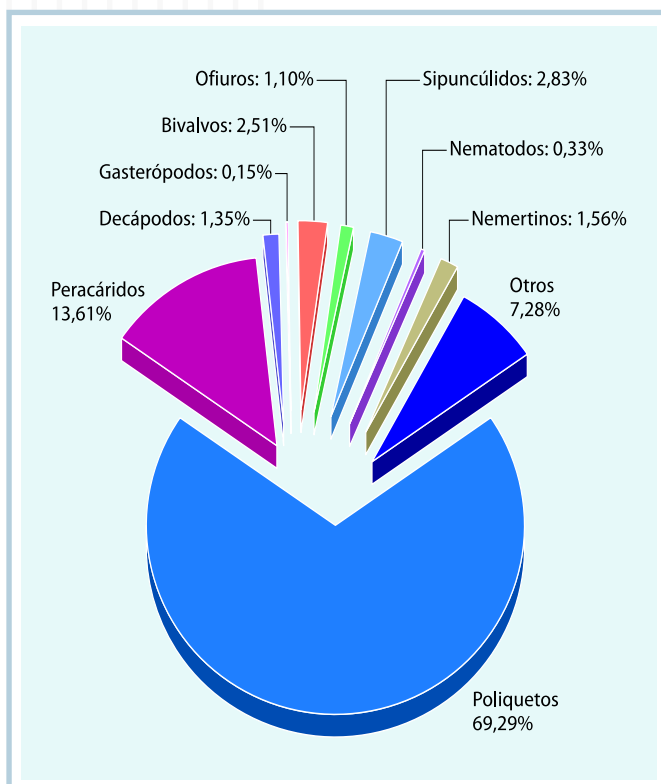


FIGURA 92 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos del macrobentos, identificados en las muestras de bentos provenientes de ambas campañas del proyecto LBAPD

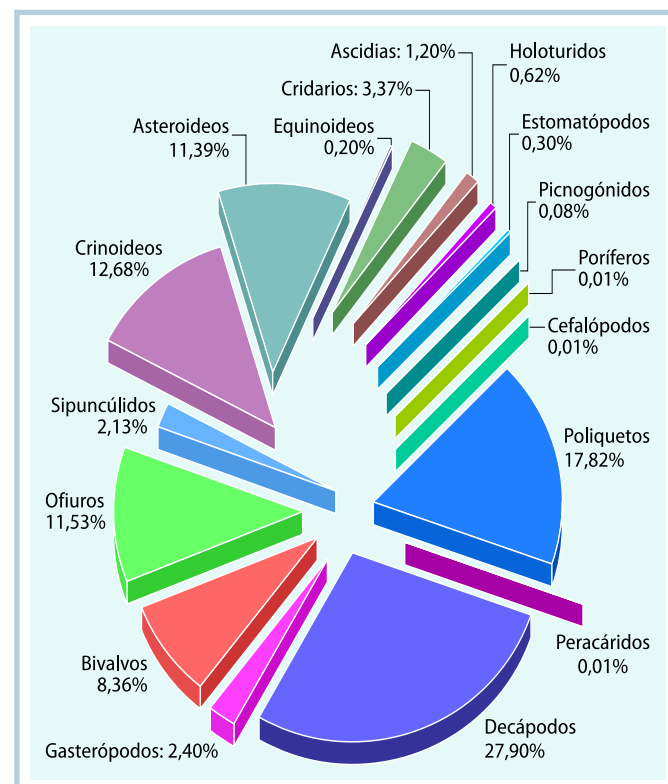


FIGURA 93 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos del megabentos, identificados en las muestras de bentos provenientes de ambas campañas del proyecto LBAPD

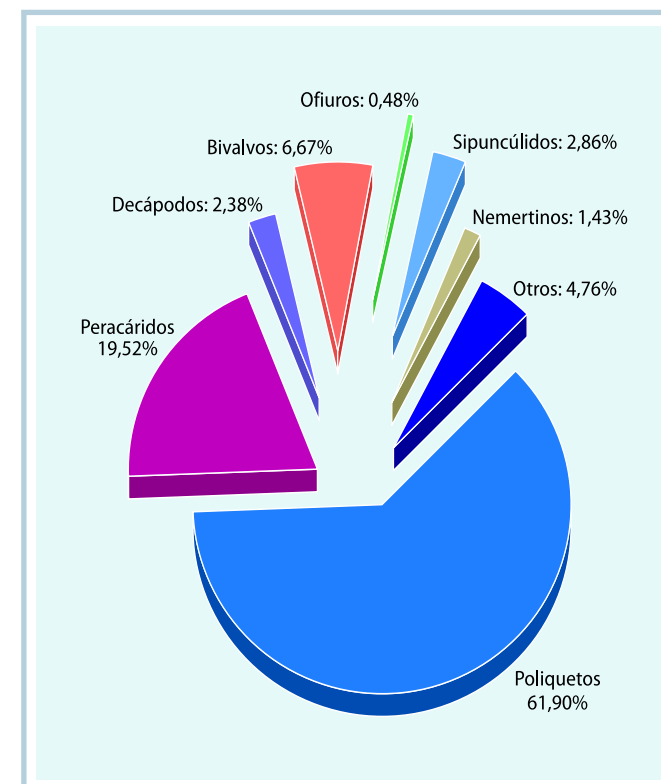


FIGURA 96 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona del Golfo de Paria, provenientes de la LBAPD-01

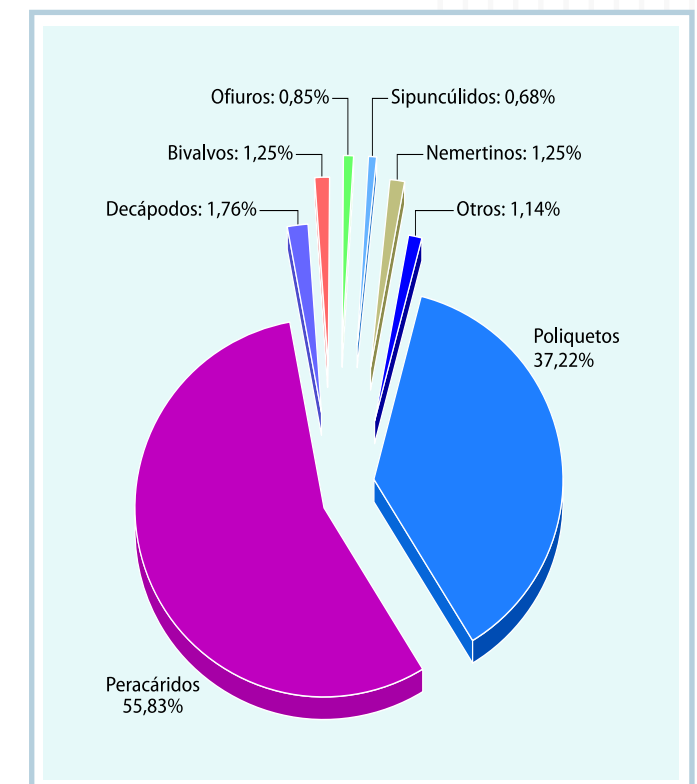


FIGURA 97 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona del Golfo de Paria, provenientes de la LBAPD-02

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA FAUNA BENTÓNICA

Para evaluar de una forma más clara los resultados obtenidos durante este estudio, se agruparon las estaciones de acuerdo a su ubicación geográfica en tres sectores:

GOLFO DE PARIA

Meiofauna

En este sector la densidad promedio de individuos del meiobentos fue de $12,03 \pm 14,24$ ind/cm². Esta fracción del bentos estuvo conformada por tres grupos taxonómicos: foraminíferos y poliquetos en ambas campañas, y la presencia de nematodos sólo en la segunda campaña, en la cual fue el grupo más abundante. Cuando se evalúa cada campaña en particular se observa una densidad muy baja, de apenas $2,83 \pm 6,93$ ind/cm² en la primera campaña, y un valor mayor en la segunda campaña ($21,23 \pm 13,96$ ind/cm²), reflejando una baja importancia de esta fracción de la fauna en esta zona (Figuras 94 y 95).

Macrofauna

En cuanto al macrobentos, su densidad promedio fue de $123,99 \pm 70,04$ ind/m², pertenecientes a diez grupos taxonómicos. En la primera campaña se cuantificó una densidad promedio de $93,86 \pm 23,87$ ind/m² (diez grupos taxonómicos), donde los poliquetos representaron el 60,75% del total de individuos cuantificados, seguido por los peracáridos (19,16%) y los bivalvos (6,54%). En la campaña LBAPD-02 la densidad promedio fue similar, de $154,12 \pm 89,68$ ind/m² (siete grupos taxonómicos), donde los peracáridos representaron el 55,83% del total de individuos cuantificados, seguido por los poliquetos (37,22%) (Figuras 96 y 97).

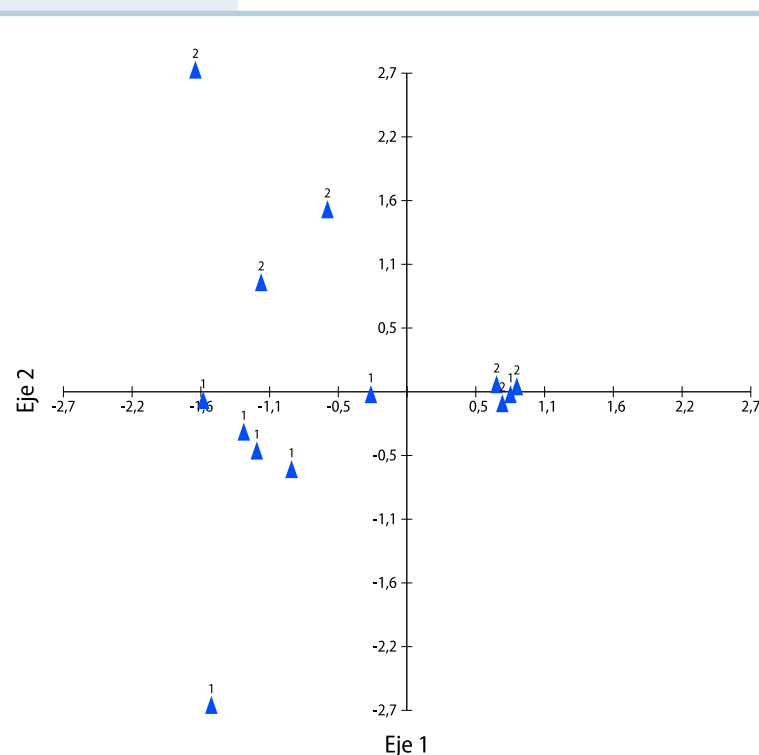
Megafauna

En la campaña LBAPD-01 la megafauna estuvo integrada por poliquetos (catorce especies), que representaron el grupo más abundante (36,14%), bivalvos (35,93%, seis especies), decápodos (23,64%, quince especies), asteroideos (3,83%, dos especies); mientras que en la campaña LBAPD-02, los poliquetos aumentaron su representación (48,18%; nueve especies), seguidos por los decápodos (17,6%, nueve especies), cnidarios (15,79%, una especie), asteroideos (9,29%, dos especies) y bivalvos (5,06%, tres especies).

Los análisis multivariados realizados con los datos de la macrofauna revelaron una clara diferenciación entre ambas campañas (Figura 98), reflejando una alta variación en las épocas del año consideradas. Esta diferencia se debió principalmente a la mayor densidad de las especies de poliquetos en la primera campaña, y a una mayor abundancia de los peracáridos y poliquetos en la segunda. Esto se ve reforzado al combinar estos resultados con lo anteriormente expuesto, sugiriendo que hay cambios relevantes en la composición y abundancia de la comunidad bentónica presente en zona.

FIGURA 98

Resultados del análisis de correspondencia (CA) con las principales especies identificadas en las muestras del macrobentos, en la zona de Golfo de Paria, provenientes de ambas campañas, eliminando las especies con abundancias relativas menores al 1% (1 = LBAPD-01, 2 = LBAPD-02)



Foraminíferos
100,00%

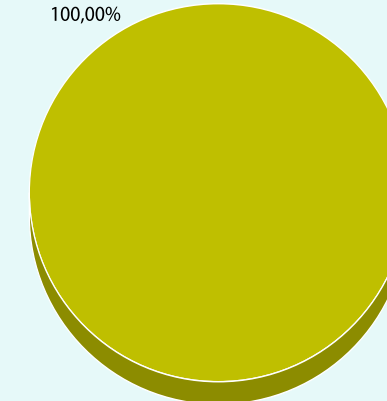


FIGURA 99 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del meiobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-01

Nematodos
12,90%
Copépodos
3,23%

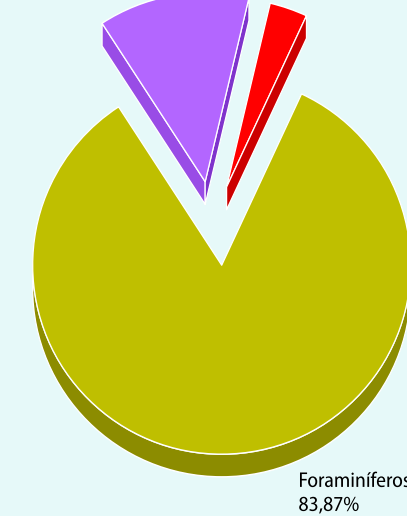


FIGURA 100 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del meiobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-02

BOCA DE SERPIENTE

Meiofauna

En este sector la densidad promedio de individuos del meiobentos es de $30,57 \pm 34,51$ ind/cm², valor ligeramente mayor que el encontrado en la zona anterior. Esta fracción del bentos estuvo conformada por tres grupos taxonómicos: foraminíferos, nematodos y poliquetos. Estos dos últimos grupos estuvieron presentes sólo durante la segunda campaña. Cuando se evalúa cada campaña en particular se observa una densidad de $8,49 \pm 22,47$ ind/cm² en la campaña LBAPD-01 y un valor mayor en la LBAPD-02, de $52,65 \pm 33,11$ ind/cm² (Figuras 99 y 100).

Macrofauna

En cuanto a los organismos del macrobentos su densidad promedio fue ligeramente menor que en la zona anterior, siendo de $79,07 \pm 115,57$ ind/m², pertenecientes a seis

grupos taxonómicos. En la campaña LBAPD-01 se cuantificó una densidad promedio de $124,81 \pm 146,77$ ind/m² (seis grupos), donde los poliquetos representaron el 84,34% del total de individuos cuantificados; en la campaña LBAPD-02 la densidad promedio de individuos fue menor, de $33,33 \pm 50,17$ ind/m² (dos grupos taxonómicos), valor bastante bajo con respecto a los otros sectores muestreados y lo reportado en la campaña LBAPD-01. Los poliquetos representaron el grupo dominante, con 65,31% del total de individuos cuantificados (Figuras 101 y 102).

Megafauna

Este grupo estuvo integrado, en la primera campaña, por bivalvos (45,88%, cinco especies), decápodos (34,86%, diez especies), poliquetos (7,59%, seis especies), asteroideos (6,44%, tres especies); mientras que en la segunda, los decápodos resultaron ser el grupo más abundante (71,33%; 21 especies), seguido por los poliquetos (12,53%,

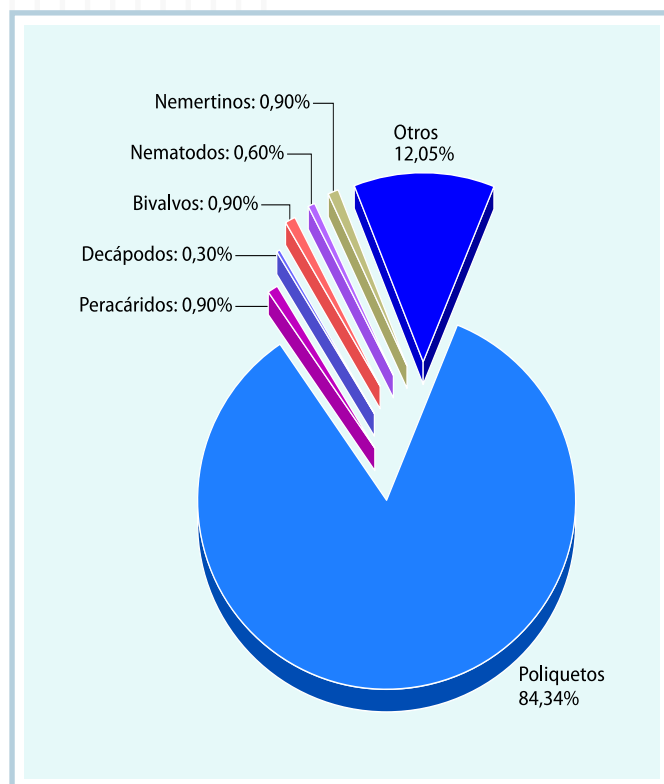


FIGURA 101 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-01

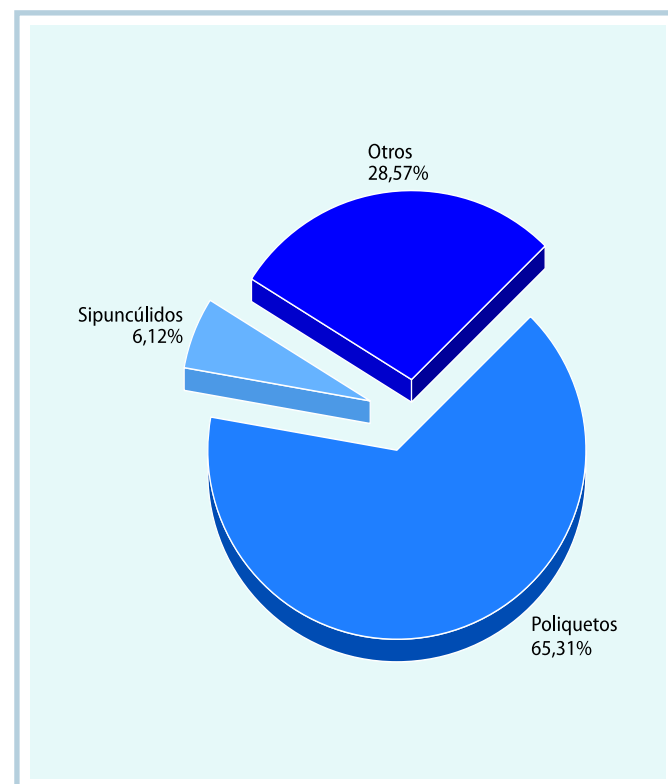


FIGURA 102 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-02

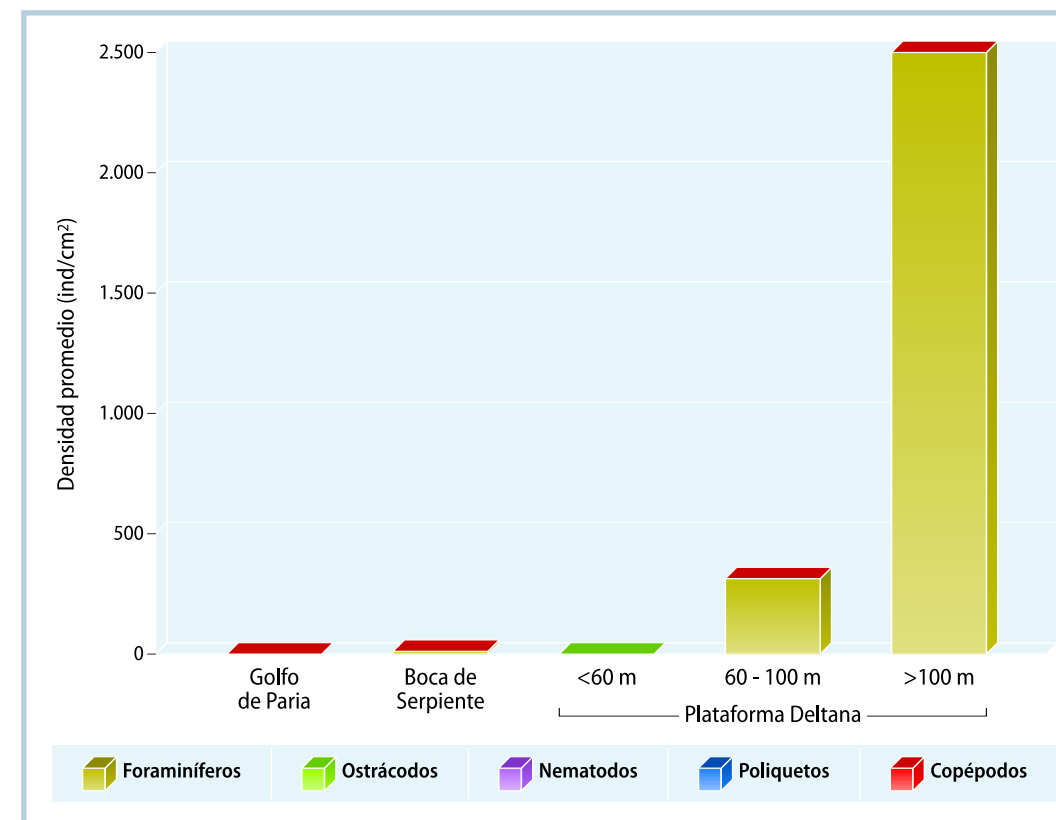


FIGURA 103 Densidad promedio de los diferentes grupos taxonómicos del meiobentos cuantificado en las muestras, provenientes de la primera campaña

cuatro especies), bivalvos (6,97%, cinco especies) y cnidarios (6,66%, una especie). Los resultados de los análisis estadísticos mostraron tendencias similares a los del Golfo de Paria, pero las diferencias entre épocas del año vinieron dadas por cambios en la composición y abundancia de un sólo grupo: los poliquetos. Lo anteriormente expuesto indica que la fauna bentónica presente, tanto en el Golfo de Paria como Boca de Serpiente, está caracterizada por una alta variabilidad temporal, representada por un dinámico reemplazo de especies, principalmente de poliquetos, y en menor grado, en la estructura y composición de los grandes grupos.

PLATAFORMA DELTANA

Al igual que ocurre con los sedimentos, la descarga de aguas continentales a través de los distintos caños que conforman el delta del río Orinoco sobre la zona de la Plataforma

Deltana, se hace sentir sobre las fracciones de la fauna bentónica, pero muy en especial, sobre la fracción de la meiofauna. Así, es posible reconocer, con ciertas variantes, una zona de Influencia Fluvial y una zona de Influencia Marina.

Meiofauna

Según los resultados de esta fracción del bentos la dominancia de los foraminíferos es casi del 100% a partir los 60 m de profundidad, y su riqueza y abundancia aumentan considerablemente en los fondos ubicados a partir del talud continental (>100 m). Además, este patrón es consistente en ambas campañas de muestreo, pero es más evidente en la época de sequía (Figuras 103 y 104). A partir de estas profundidades se registraron valores de densidad promedio entre 768,34±634,5 ind/cm² y 4.336±3.859,12 ind/cm², y hasta de 6.222,22±5.457,69 ind/cm² en la zona de mayor profundidad.

Macrofauna

Al analizar los datos para esta fracción del bentos, se puede apreciar que si bien, también es posible definir una zona de influencia fluvial y una marina, tienen extensiones distintas a las definidas por el meiobentos. La primera estaría compuesta por las regiones del Golfo de Paria, Boca de Serpiente y algunas estaciones de la franja litoral del delta (estaciones 14 y 15), y la segunda por la Plataforma Deltana propiamente dicha (estaciones 16 a 52) (Figura 105). Esta separación vendría dada por dos grupos bentónicos, en términos de su abundancia y contribución a la diversidad biológica de la zona de estudio: los poliquetos y los peracáridos. En cuanto a los organismos del macrobentos de esta zona de la Plataforma Deltana su densidad promedio es menor a la encontrada en la primera zona, siendo de 50,26±50,49 ind/m², pero pertenecientes a diez grupos taxonómicos. En la campaña LBAPD-01 la densidad promedio fue de

47,31±50,05 ind/m² siendo los poliquetos el grupo más importante en términos de abundancia, representando el 79,9% de los organismos, seguido por los sipuncúlidos (6,64%), bivalvos (3,59%) y peracáridos (2,51%). Durante la segunda campaña la densidad promedio fue muy similar (53,21±161,4 ind/m²), siendo igualmente los poliquetos el grupo más importante en términos de abundancia, representando el 73,59% de los organismos, seguido por los peracáridos (4,14%). La fracción de la megafauna no se incluye por cuanto no se capturaron muestras para este análisis.

ASOCIACIÓN DE VARIABLES

Cuando se correlaciona la abundancia total, así como la de cada uno de los grupos de organismos del bentos con los parámetros físicos y químicos medidos, tanto del sedimento como de la columna de agua, ($I_{Spearman}$) se encuentran algunos

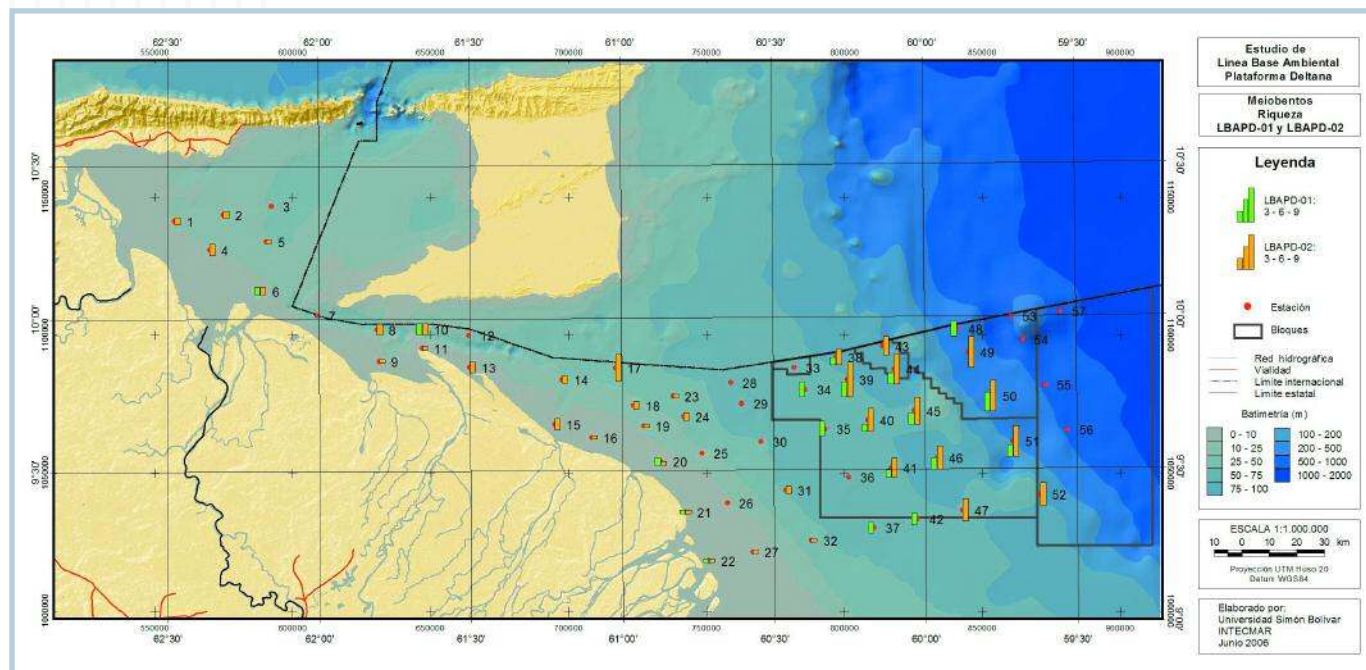


FIGURA 104 Representación espacial de la riqueza de morfotipos del Meiobentos a lo largo de la Plataforma Deltana durante las dos campañas de muestreo

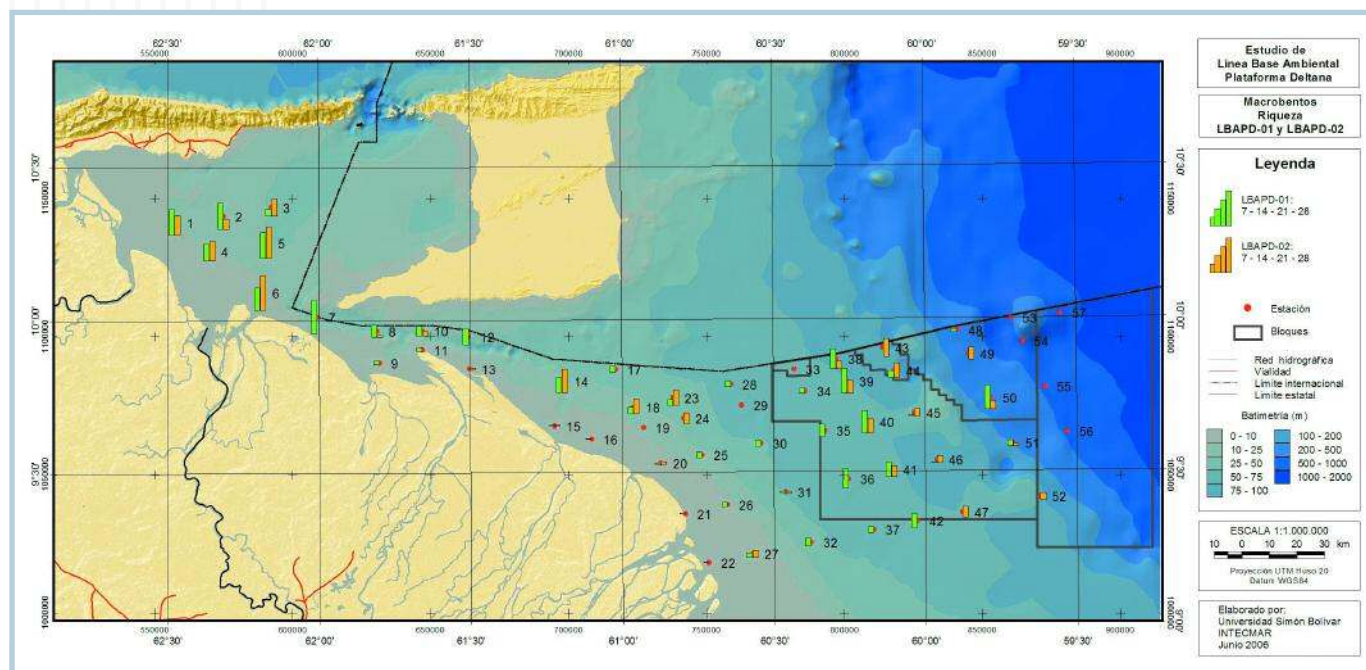


FIGURA 105 Representación espacial de la riqueza de especies del Macrobentos a lo largo de la Plataforma Deltana durante las dos campañas de muestreo

valores significativos. En el caso de los foraminíferos y ostrácodos se observa una correlación positiva significativa con la profundidad, las concentraciones de fosfatos, fósforo total y nitritos en la columna de agua, lo cual puede estar relacionado con los hábitos detritívoros de estos organismos. Asimismo, se encontraron correlaciones positivas con las concentraciones de silicio y vanadio en los sedimentos, la cual puede deberse al uso que hacen foraminíferos y ostrácodos de este primer elemento, para la construcción de las cámaras de su exoesqueleto. Para el resto de los grupos de organismos bentónicos no se encontraron correlaciones significativas para ninguna de las variables ambientales evaluadas.

Resumiendo, la comunidad bentónica asociada a estos fondos blandos estuvo conformada por una gran diversidad de grupos zoológicos como los foraminíferos, poliquetos, crustáceos peracáridos y decápodos, moluscos, y equinodermos, entre otros, cuya composición y riqueza de especies nos indica la existencia de ciertos patrones en las características ambientales, desde el sector de Golfo de Paria hasta la zona oceánica de Plataforma Deltana, que determinan la presencia y densidad de estas especies.

En el caso del meiobentos, las mayores densidades y riqueza de morfotipos se encontraron en las áreas de mayor influencia marina de la Plataforma Deltana, sobre todo en las estaciones de mayor profundidad, lo que a su vez implica una mayor distancia desde la orilla, menor influencia de agua dulce (fluvial o escorrentía desde tierra firme), y de profundidad >100m (Tabla 16). La baja salinidad y sus fluctuaciones a lo largo del año de acuerdo con los periodos de lluvia y sequía en la zona, son responsables de la baja riqueza de grupos de organismos en el meiobentos, sobre todo foraminíferos, que son principalmente marinos, siendo muy pocas especies estuarinas o de agua dulce.

Valores promedio, máximos y mínimos de los principales grupos de la comunidad bentónica de la región de Plataforma Deltana, divididos según las zonas de influencia y las campañas de muestreo

Campañas	Valor	Meiofauna		Macrofauna	
		Foraminíferos (ind/cm ²)	Poliquetos (ind/m ²)	Crustáceos (ind/m ²)	
INFLUENCIA FLUVIAL					
LBAPD-01	Promedio	0,57	84,44	6,23	
	Desv. est.	1,62	96,49	12,93	
	Máximo	7,00	400,00	50,00	
	Mínimo	0,00	5,26	0,00	
LBAPD-02	Promedio	4,75	67,77	38,38	
	Desv. est.	10,05	45,52	79,18	
	Máximo	43,00	200,00	250,00	
	Mínimo	0,00	27,37	0,00	
INFLUENCIA OCEÁNICA					
LBAPD-01	Promedio	175,53	26,94	1,49	
	Desv. est.	376,06	17,04	2,73	
	Máximo	1309,00	71,05	7,89	
	Mínimo	0,00	0,00	0,00	
LBAPD-02	Promedio	167,36	39,32	4,64	
	Desv. est.	97,36	28,62	5,62	
	Máximo	373,00	107,89	15,79	
	Mínimo	38,00	0,00	0,00	

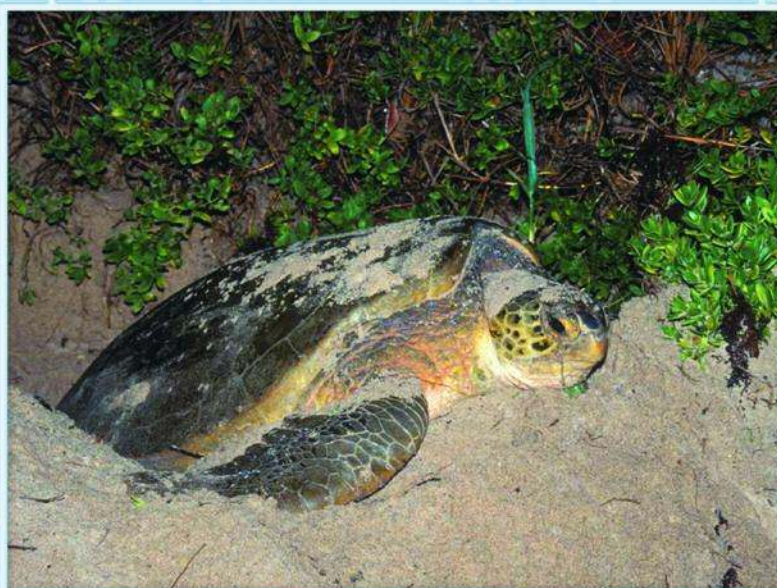
TABLA 16

En el caso del componente del macrobentos, se puede asegurar que éste se caracteriza por la presencia de una alta riqueza de especies, y una baja densidad de organismos respecto a ambientes marinos costeros, similar a los resultados de trabajos desarrollados previamente en el área del delta del Orinoco y el frente Atlántico venezolano^[1,3]. La zona de influencia fluvial presenta valores de densidad mayores que los encontrados en la zona de influencia marina (Tabla 16).

Estos valores expuestos en la Tabla 16 pueden, entonces, ser considerados como los valores de línea base para los grupos dominantes de la comunidad bentónica, permitiendo así precisar tanto atributos ecológicos generales (riqueza de especies, niveles de abundancia) como específicos para ciertos componentes bentónicos. ■

REFERENCIAS

1. Bone y col., 2004
2. Capelo y col., 2004
3. Bone y col., 2005



7

7 COMPONENTE FAUNA RELEVANTE

Durante las últimas décadas, ha aumentado el interés por evaluar el efecto que las actividades petroleras realizadas costa afuera puedan tener sobre las poblaciones de grandes vertebrados acuáticos como aves, mamíferos y tortugas. Para efectos del presente estudio, estos grupos se consideran en conjunto como “Fauna Relevante”, debido a que gozan de una estricta protección legal por parte de diversos instrumentos nacionales e internacionales, entre otras razones. Además, se considera que todas las especies presentes en el área poseen un valor intrínseco, como productos de una evolución milenaria e integrantes de la riqueza biológica regional, con funciones ecológicas específicas^[1].

Se considera que algunos grupos de fauna, como los seleccionados dentro del marco de este estudio, requieren una atención especial por su condición de ser:

- Endémicas.
- Clasificadas oficialmente como amenazadas.
- Indicadoras para el monitoreo de la condición o tendencias de su ambiente, ecosistema o población.
- Emblemáticas, muy características para una región o ecosistema particular.
- Focales, que requieren áreas muy extensas para el mantenimiento de poblaciones viables, por lo cual pueden actuar como “especies paraguas” en la conservación de otras especies presentes.
- Especies-recurso, de valor alimentario o comercial para la población humana.

Hasta el momento, el inventario de especies de fauna relevante en el área de estudio del

proyecto LBAPD y zonas adyacentes incluye las cinco especies de tortugas marinas registradas para Venezuela, al menos ocho mamíferos acuáticos y 188 aves marinas y costeras. Las tortugas marinas constituyen un grupo zoológico pequeño en la región y en el mundo. Sin duda, las aves constituyen el grupo mejor conocido de la fauna terrestre del Delta y en cuanto a los mamíferos, las principales prospecciones se han enfocado principalmente hacia el manatí^[1]. Los registros de especies en el área marina del proyecto LBAPD no son muy numerosos, tomando en cuenta que los principales esfuerzos del conocimiento de la biodiversidad se han enfocado hacia las áreas terrestres y costeras y existe menos información disponible sobre los vertebrados de mayor porte que usan las zonas costeras y marinas.

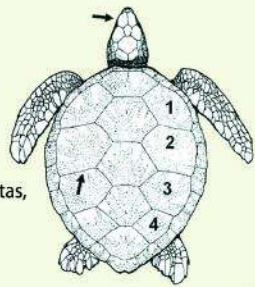
Es de importancia estratégica considerar en el marco referencial, la presencia de varias Areas Naturales Protegidas en el área de influencia de la LBAPD, como son los Parques Nacionales Península de Paria, Turuépano y Delta del Orinoco o Mariusa y la Reserva de Biósfera Delta del Orinoco, la única área de este tipo en el país, la cual incluye un área marina. Estas áreas protegidas resguardan el hábitat de importancia crítica para una gran parte de las especies de la Fauna Relevante.

TORTUGAS MARINAS

En el área del Proyecto LBAPD se encuentran todas las especies de tortugas marinas presentes en Venezuela. Están divididas en dos familias, Cheloniidae y Dermochelyidae. La primera de ellas incluye a las especies que presentan placas córneas recubriendo el caparazón y el resto del cuerpo; en Venezuela, están comprendidas cuatro especies en esta familia (Figura 106). La familia Dermochelyidae no presenta placas córneas en el cuerpo después que las tortugas alcanzan un año de edad.

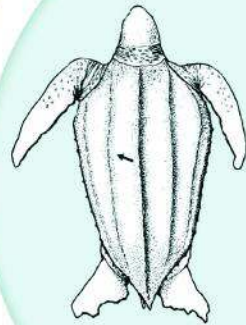
Tortuga blanca (*Chelonia mydas*)

- Caparazón marrón oliva hasta negro, a menudo con listas, plastron amarillo pálido.
- Las placas del caparazón no se solapan una con otra.
- Un par de placas prefrontales entre los ojos.
- Adultos con longitud del caparazón entre 95-125 cm.
- Peso hasta 230 kg.
- Mandíbulas redondeadas y aserradas.
- Se alimenta de pastos marinos.



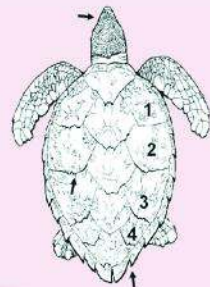
Tortuga cardón (*Dermochelys coriacea*)

- Carece de placas córneas en el caparazón.
- El caparazón tiene superficie lisa y flexible como cuero y es fuertemente aguzado posteriormente, con siete crestas o quillas longitudinales prominentes.
- Color negro con manchas blancas o pálidas.
- Adultos con longitud del caparazón entre 140-175 cm.
- 250-500 kg.
- Mandíbula con hendiduras profundas.
- Vive en aguas profundas.
- Se alimenta de medusas.



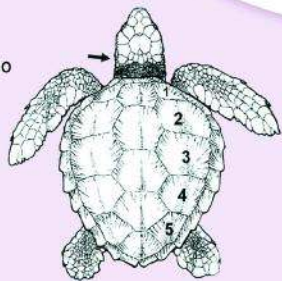
Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*)

- Caparazón ovalado, moteado de marrón, naranja, amarillo.
- Las placas del caparazón se solapan una sobre otra y son aguzadas posteriormente.
- Dos pares de placas entre los ojos.
- Longitud del caparazón de los adultos entre 70-95 cm.
- Hasta 85 kg.
- Cabeza y mandíbulas aguzadas.
- Se alimenta en arrecifes coralinos.



Tortuga caguama (*Caretta caretta*)

- La coloración es castaño-rojizo a castaño.
- Cabeza ancha.
- Las placas del caparazón no se solapan.
- Caparazón ovalado a menudo cubierto de cirripedos.
- Adultos con longitud del caparazón entre 90-120 cm.
- Hasta 200 kg.
- Se alimenta de moluscos y otros invertebrados.



Tortuga guaraguá (*Lepidochelys olivacea*)

- El caparazón es casi circular, verde oliva o marrón.
- El plastron es amarillo-blancuzco.
- Las placas laterales del caparazón pueden ser de 5-9 pares y no se traslapan entre sí.
- Adultos con longitud del caparazón entre 65-75 cm.
- Raramente sobrepasan los 50 kg.
- Mandíbulas ligeramente aserradas.
- Dieta carnívora (crustáceos, moluscos).

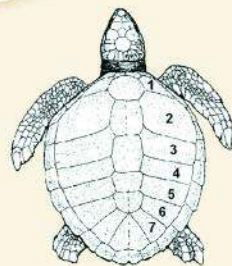


FIGURA 106 Ilustraciones de las tortugas marinas presentes en el área del Proyecto LBAPD

Inventario de especies

En el sector del Golfo de Paria se han reportado las cinco especies de tortugas marinas presentes en el país: *Lepidochelys olivacea* (Figura 107), *Dermochelys coriacea* (Figura 108), *Eretmochelys imbricata* (Figura 109), *Caretta caretta* (Figura 110) y *Chelonia mydas* (Figura 111); todas consideradas como especies "en peligro de extinción" por

la legislación venezolana^[2,3]. Se ha podido corroborar que cuatro especies de tortugas marinas anidan en el área de estudio. Todas lo hacen en el Golfo de Paria, desde Irapa hasta Punta Narizona (Figura 112). Una de las especies (*Dermochelys coriacea*) desova en la barra de Mariusa^[4] y en la zona de Tobejuba, dentro de los linderos del Parque Nacional Delta del Orinoco y la Reserva de Biosfera Delta del Orinoco.

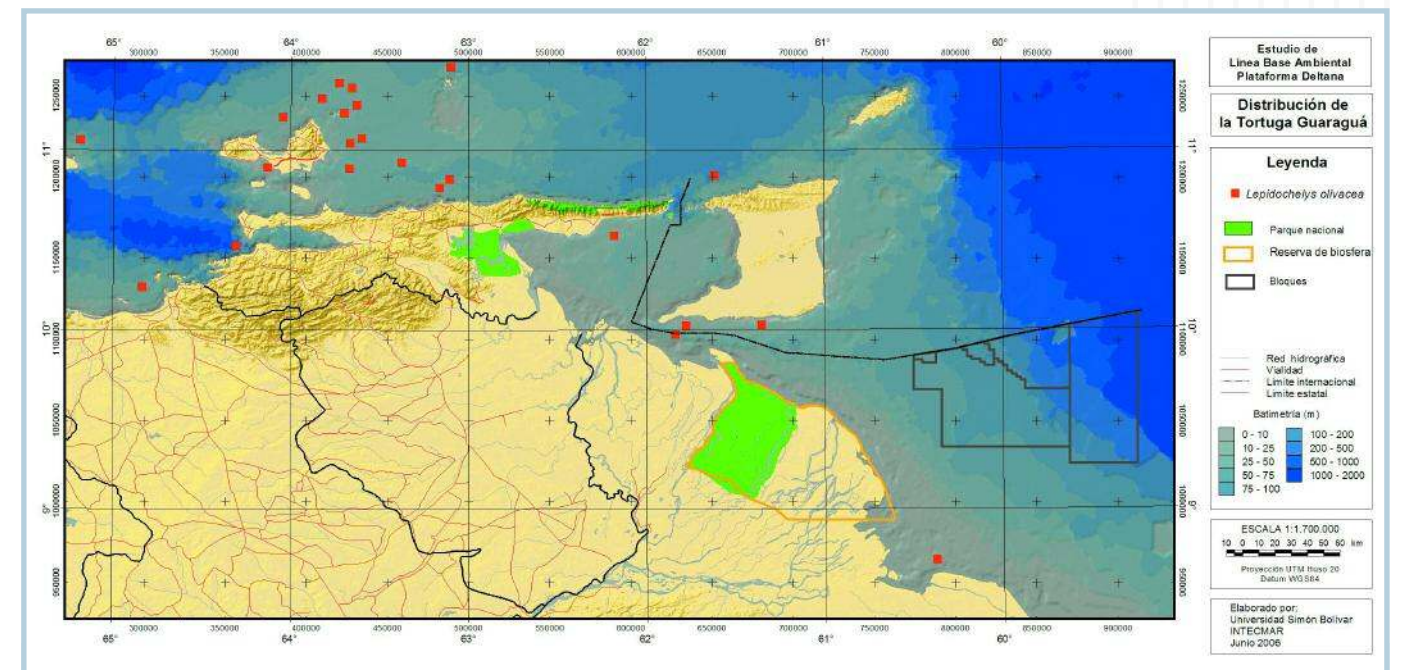


FIGURA 107 Distribución de los registros de la tortuga guaraguá o maní, *Lepidochelys olivacea*, en el país (tomado de Pritchard y Trebbau, 1984)

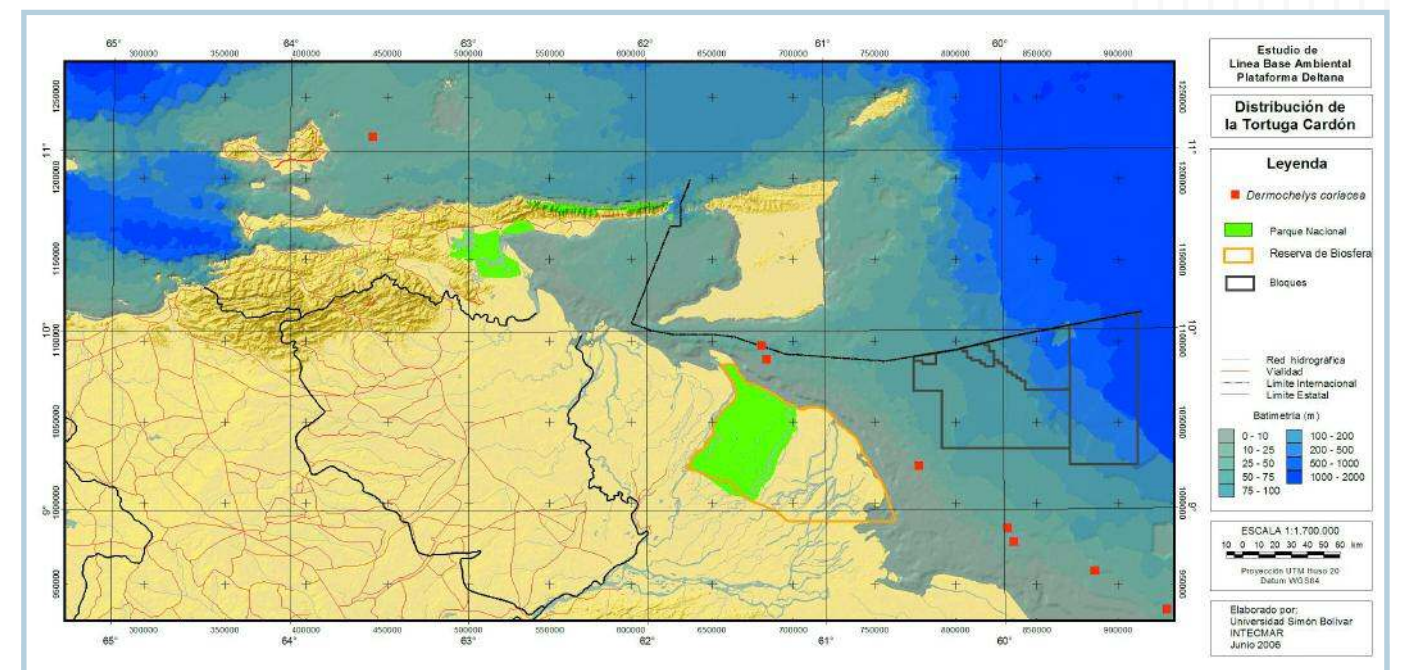


FIGURA 108 Distribución de la tortuga cardón, *Dermochelys coriacea*, en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)

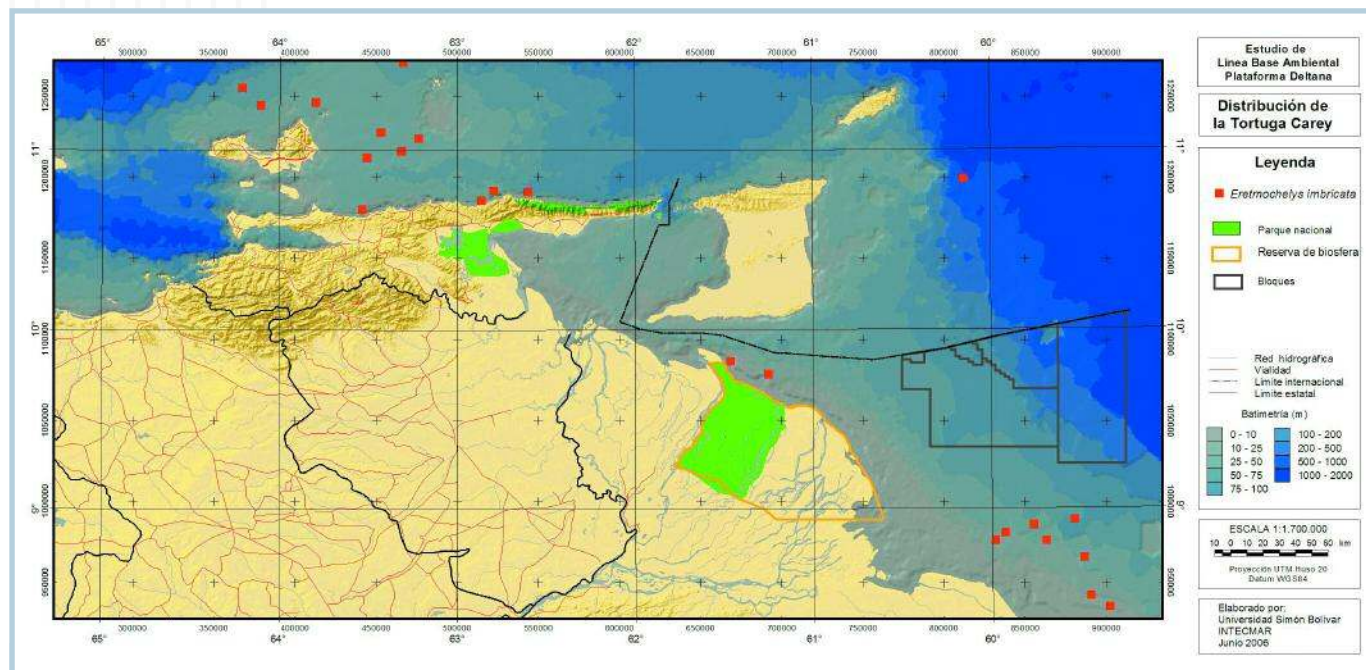


FIGURA 109 Distribución de la tortuga carey o parape, *Eretmochelys imbricata*, en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)

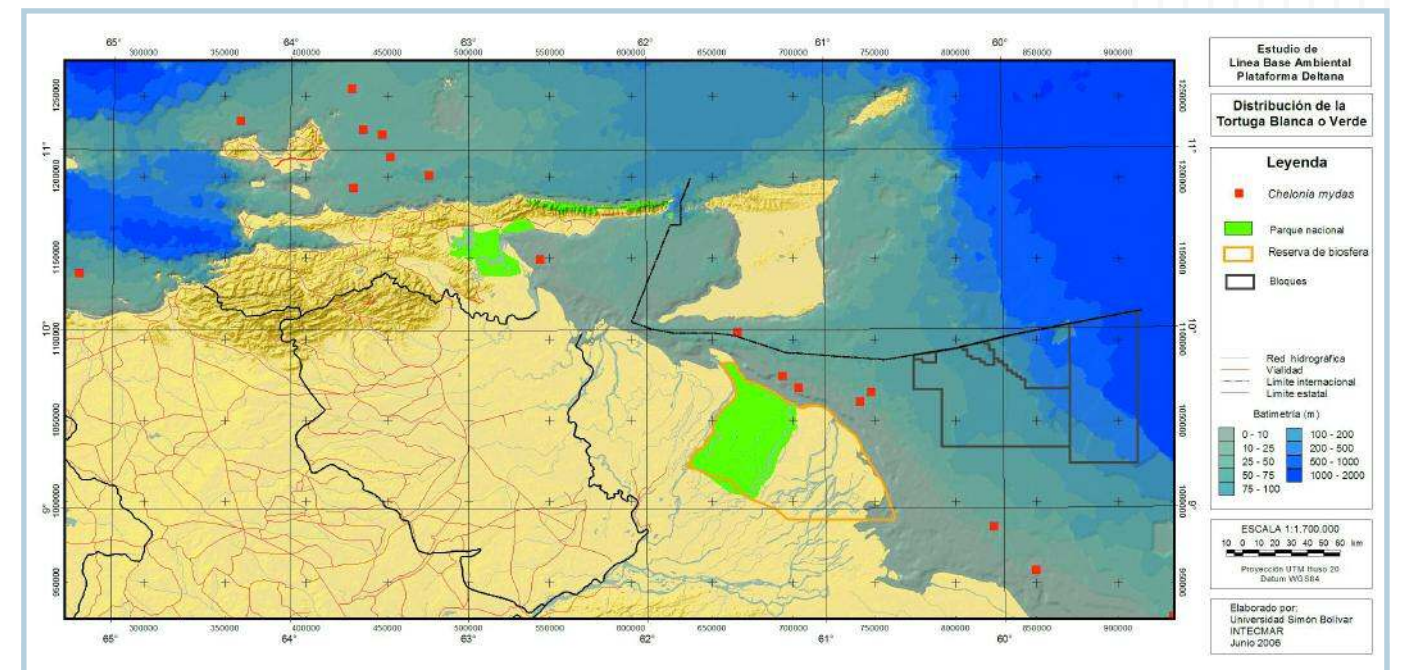


FIGURA 111 Distribución de la tortuga blanca o verde, *Chelonia mydas*, en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)

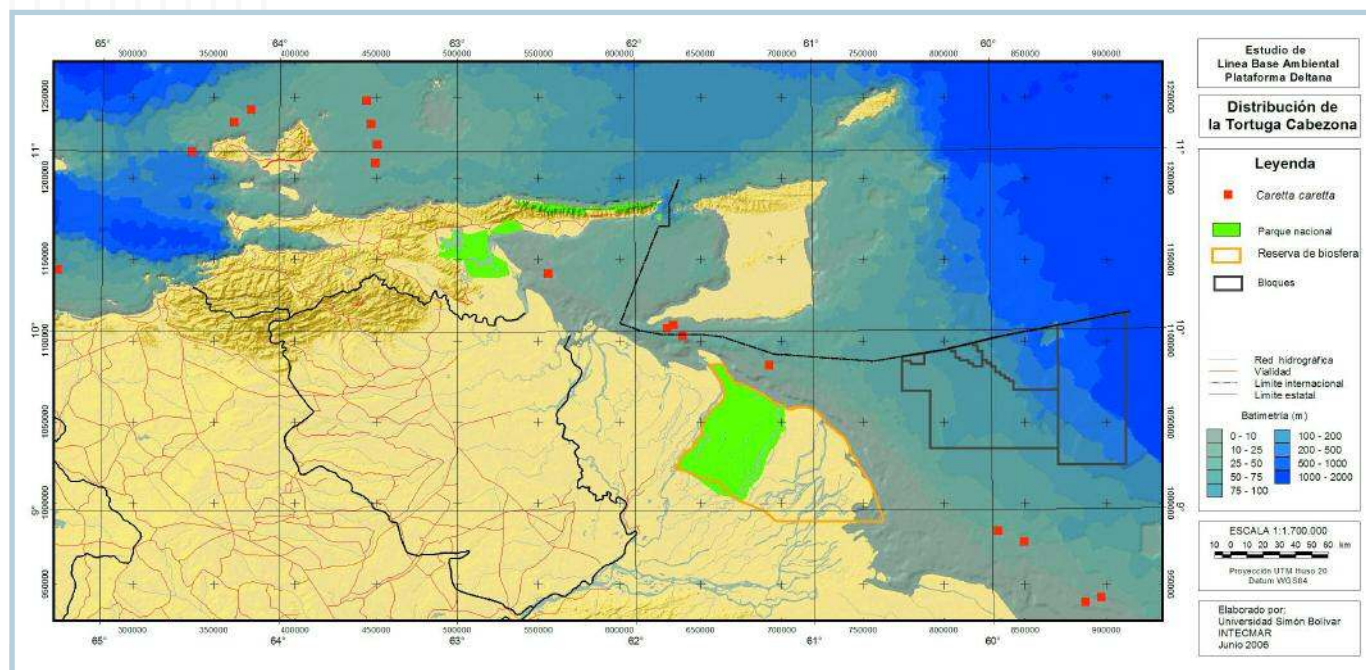


FIGURA 110 Distribución de la tortuga cabezona, *Caretta caretta*, en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)

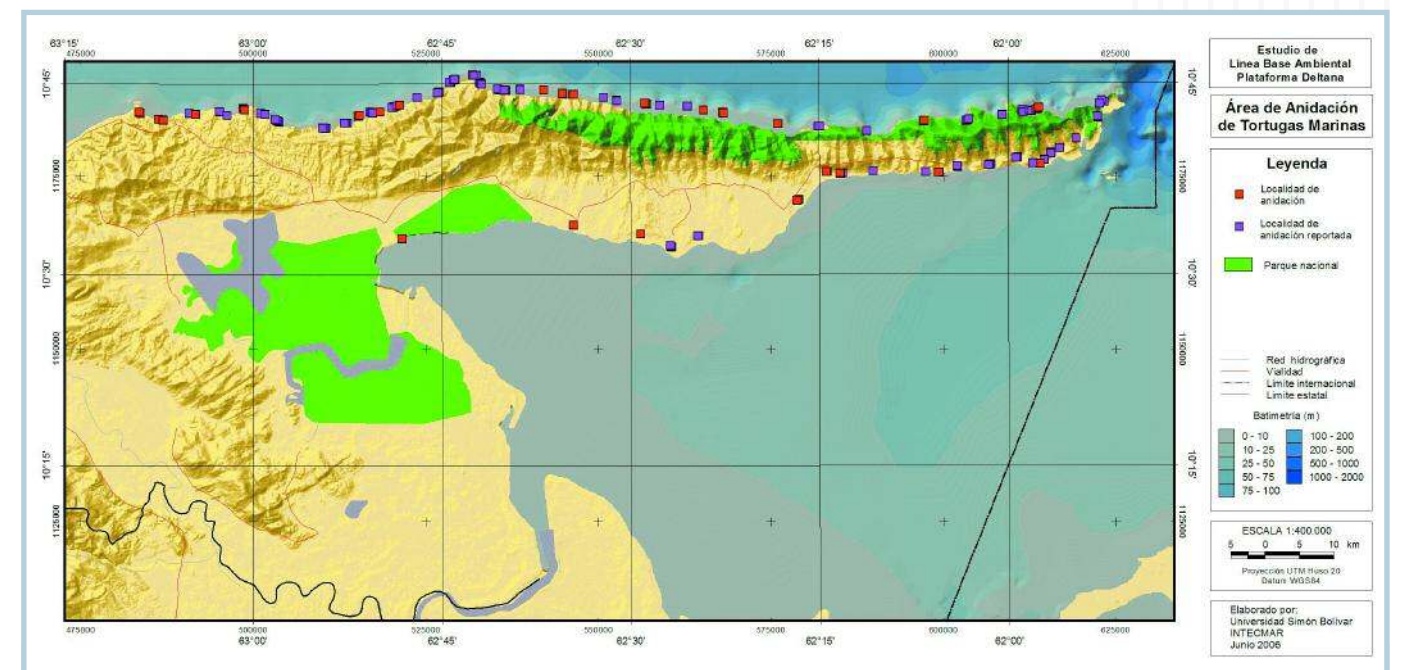


FIGURA 112 Áreas de anidación de tortugas marinas en la península de Paria

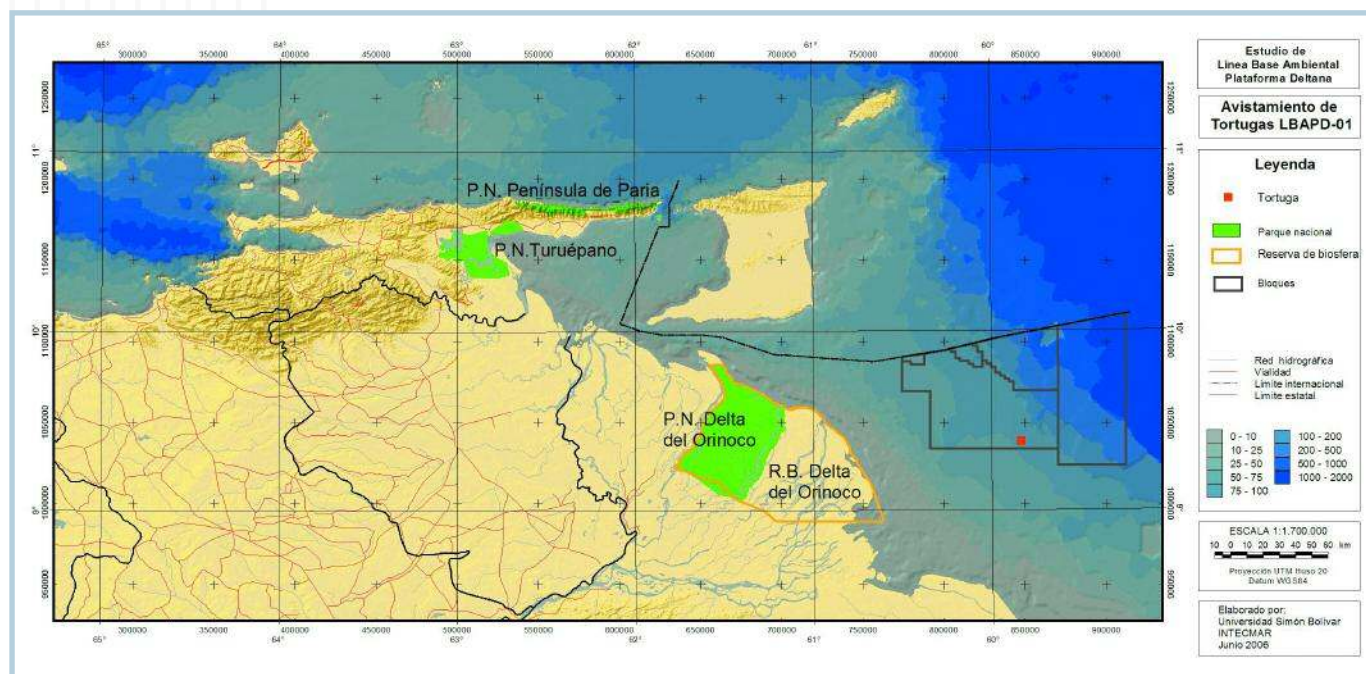


FIGURA 113
Avistamiento de una tortuga marina en la campaña LBAPD-01

Campañas oceanográficas y litorales

El único avistamiento de las dos campañas oceanográficas correspondió a un ejemplar solitario de una tortuga marina de la familia Cheloniidae, en camino hacia la estación 47, durante la campaña LBAPD-1. Resultó difícil precisar la identificación, sin embargo, el Primer Oficial la denominó "carey", y se aclaró que no era un "parape", con lo cual presumiblemente la tortuga avistada corresponde a la especie *Caretta caretta*, la cual es factible de encontrar alejada de la costa como en este caso y en profundidades no tan someras (Figura 113). No se realizaron avistamientos en las adyacencias de las áreas arenosas evaluadas en la campaña litoral y tampoco se observaron evidencias de anidación en las áreas arenosas, ni en la época de lluvias ni en la época de sequía.

AVES COSTERAS Y MARINAS

Se considera como verdaderas aves marinas aquellas que viven y hace su vida de los ambientes marinos, tales como islas, estuarios, áreas costeras, humedales e islas oceánicas, mientras que muchos playeros y

garzas entre otros, que se alimentan en las playas y/o humedales son consideradas solamente como aves acuáticas. El delta del Orinoco es el mayor humedal del país y que además posee la mayor diversidad de aves en Venezuela, debido a los recientes estudios realizados en la zona ésta ha sido la región con la más alta tasa de incremento de especies registradas. Actualmente se han registrado unas 377 especies y con posibilidades de seguir ascendiendo. Este número de especies de aves registradas representa actualmente un 26,6% o la cuarta parte del total de aves presentes en el país. Unas 188 especies de aves han sido identificadas para los herbazales, manglares, marismas y aguas oceánicas que se encuentran en el área de influencia del proyecto LBAPD, de éstas un 50,5% (95 especies) son aves acuáticas que comprende a los playeros, chorlos, garzas, patos, otras aves marinas, y algunos gavilanes, constituyen uno de los elementos más característicos y llamativos de los humedales.

Las familias de aves acuáticas estrictas y el número de especies presentes en el área de influencia del proyecto Plataforma Deltana son las siguientes: petreles (cinco especies), golondrinas de mar (dos especies), pelícano o alcatraz (una especie), cotúas (una especie),

bobas (una especie), cotúa agujita (una especie), tijaleta de mar (una especie), garzas y chucuacos (11 especies), gabanos (tres especies), corocoras (tres especies), flamenco o togogo (una especie), aruco (una especie), patos y güirirí (dos especies), carrao (una especie), cotaras (nueve especies), gallito de laguna (una especie), viudas (una especie), dara (una especie), alcaravanes (siete especies), playeros, chorlos y becasinas (18 especies), salteadores, gaviotas y guanaguanares (15 especies), pico de tijera (una especie) y martines pescadores (cuatro especies).

Inventario de especies

Para el área de influencia del proyecto Plataforma Deltana se han identificado 188 especies, mientras que para Trinidad se han registrado 174 especies, siendo el sector de Paria el de mayor diversidad, donde se han registrado 144 especies. Para el sector de Boca de Serpiente 108 y en el sector de mar abierto de la Plataforma Deltana propiamente, se han identificado 42 especies, de las cuales tres aún no han sido registradas para el país pero, se sospecha su presencia en la región, por ser el sector en que sólo las aves marinas son dominantes; la diversidad es notoriamente menor.

Endemismos

La región pantanosa del delta del Orinoco, no es un área rica en endemismos, como si lo son otras regiones del país, tales como los Andes o los tepuyes. En base a este solo criterio, no ha sido considerada un área prioritaria de conservación a nivel internacional. Hay una sola especie endémica a estas regiones pantanosas, es el telegrafista punteado (*Picumnus nigropunctatus*). Aún así, para esta región se han descrito diez formas taxonómicas (subespecies), restringidas a las áreas de manglares, selvas inundadas y herbazales pantanosos que conforman el delta del Orinoco y el estuario del río San Juan. Estas especies endémicas presentan en estos momentos poblaciones saludables, es decir, son relativamente abun-

dantes y fáciles de observar en el hábitat adecuado, aunque son consideradas formas con distribución restringida debido a que habitan en un área menor a los 50.000 km².

Especies migratorias

Hasta el presente se han registrado 42 especies de aves migratorias, para el Delta del Orinoco 29 de ellas son playeros y otras aves acuáticas y las restantes especies (trece), son pequeños passerinos^[5]. Por ser el delta de Orinoco un área poco conocida para este grupo de aves migratorias, es muy factible que el número aumente en la medida que se desarrollen más investigaciones en la región. Esta idea se basa en que más del 90% de las colectas han sido realizadas fuera de la época de llegada de aves migratorias, por lo que se tiene información confiable sobre la diversidad de especies, abundancia y cuales son las mejores áreas para estas aves, sobretodo para los pequeños passerinos. El conocimiento sobre la avifauna migratoria es relativamente escaso, cuando comparamos regiones mejor muestreadas como lo es Trinidad, en donde se han reportado 154 especies de acuáticas de las cuales 72 (un 46%) son migratorias de Norteamérica, mientras que para el delta tenemos registradas 85 especies de aves acuáticas, de las cuales 22 (25,8%) son migratorias (Figura 114).

Los resultados permiten concluir, que las especies migratorias para la zona presentan alguno de los siguientes tres patrones de migración:

- Especies que presentan una abundancia elevada a comienzos de la temporada de migración boreal.
- Especies que presentan una abundancia elevada a mediados de la temporada de migración boreal.
- Especies que presentan una abundancia elevada a finales de la temporada de migración boreal.

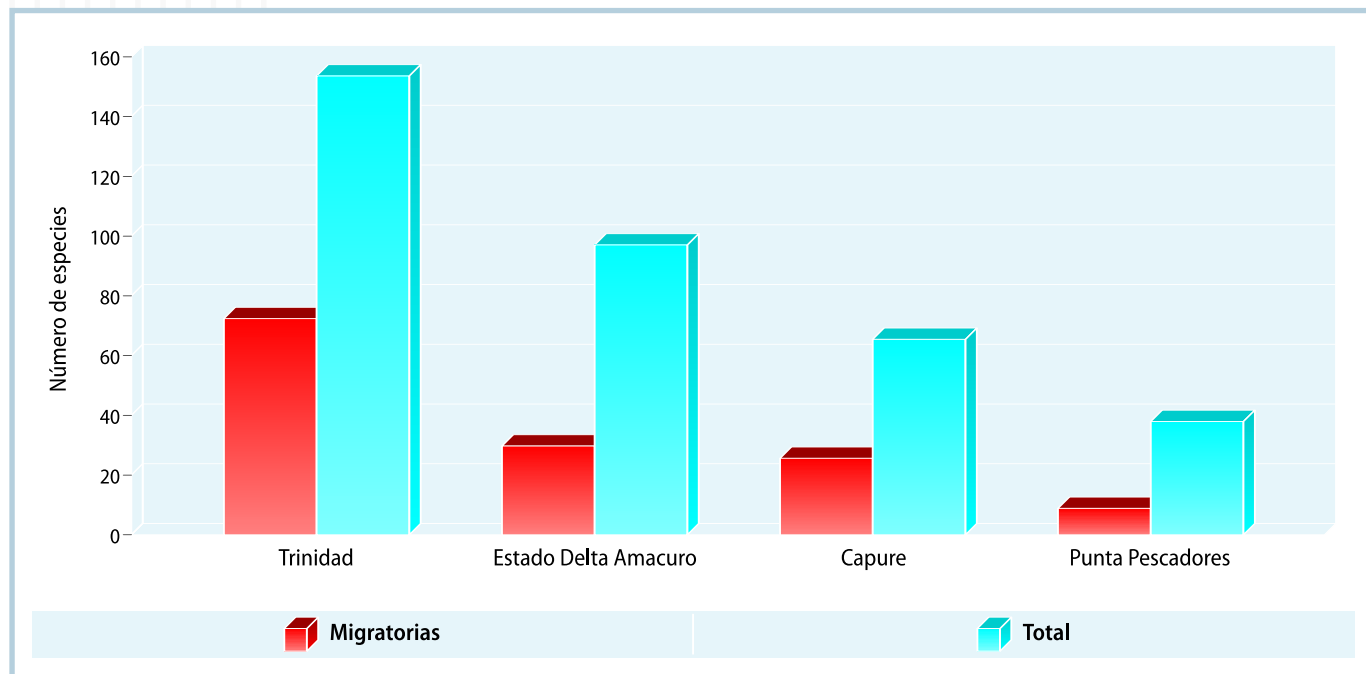


FIGURA 114
Número de especies de aves acuáticas migratorias en el delta del Orinoco

Considerando el área bajo estudio, podemos indicar aquí, que las planicies cenagosas de mayor importancia para la alimentación de los playeros durante la época de migración, son las ubicadas en las bocas de caño Ajíes, caño Mánamo (en las inmediaciones de la isla Cotorra), los caños Mariusa y Macareo y finalmente en Boca Grande.

Rutas migratorias

Sobre estas aves no contamos con información de sus rutas de migración. Lo que se sabe es que se han registrado trece especies para

Trinidad que hasta el presente no se han señalado para la costa de Venezuela y es de esperar que se encuentren en el país, por lo que las rutas señaladas son tentativas (Figura 115).

Campañas oceanográficas y litorales

Aunque no se participó activamente en las actividades de estas campañas, se pudieron obtener algunos avistamientos de aves marinas, para un total de cinco especies (Tabla 17). No es de extrañar la presencia de aves marinas a unos 160 km de la costa, como es

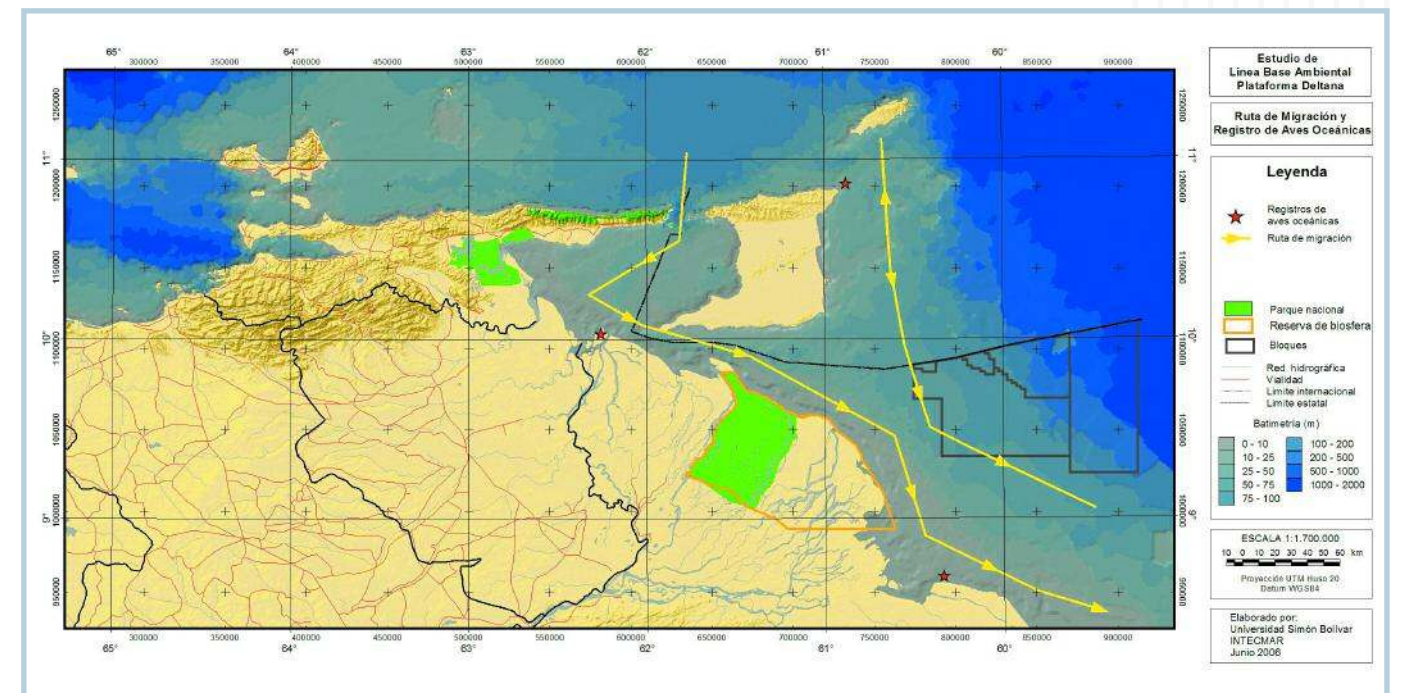


FIGURA 115
Rutas probables de las aves marinas. Las estrellas indican los lugares en donde se han señalado distintas especies de aves oceánicas

característico de la tija de mar (*Fregata magnificens*) entre muchas otras, pero resalta particularmente dos registros, el del saltador parásito (*Stercorarius parasiticus*) que es una especie muy poco conocida en Venezuela, existiendo unos pocos registros para el golfo de Venezuela, la costa central del país y recientemente para el Golfo de Paria. Su presencia en esta nueva localidad y abundancia nos dice que es una especie más común de lo que se suponía y con un área de distribución mayor. El otro registro interesante es el de la reinita pecho bayo (*Dendroica striata*), por su ubicación y fecha de observación nos indica que esta ave estaba migrando hacia Guyana o Surinam.

Debido a la ausencia de personal dedicado a las labores de observación y registro de aves, no se dispone de una información abundante y exacta, sólo se registraron algunas especies de aves acuáticas. De todos modos es conveniente mencionar la presencia de la cigüeña o gabán peonío (*Ciconia maguari*), en la zona, ave que anida y se alimenta sólo en los herbazales abiertos de *Blechnum serrulatum* (Blechnaceae) y *Lagenocarpus guianensis* (Cyperaceae). Los números de Cigüeña a nivel continental han disminuido mucho en los últimos años, por lo que es una especie que

confronta problemas de conservación. En la isla de Tobajuba se registraron 49 especies durante la campaña de calidad de aire.

MAMÍFEROS ACUÁTICOS

Los términos “mamíferos acuáticos” y “mamíferos marinos” suelen utilizarse para referirse a especies de cinco diferentes grupos taxonómicos que tienen en común que obtienen todo o casi todo su alimento del medio acuático, entre los cuales se incluyen los cetáceos (ballenas, delfines, cachalotes y marsopas), sirénidos (manatíes y dugones), mustélidos (nutrias y perro de agua), pinnípedos (morsas, leones o lobos acuáticos y focas) y úrsidos (oso polar)^[6]. En Venezuela, solamente se encuentran representados los primeros tres grupos. La información disponible acerca de los mamíferos acuáticos del frente atlántico venezolano es escasa y dispersa. Los datos más recientes provienen de un estudio realizado por el Servicio de Pesquerías Marinas de los Estados Unidos de América (NOAA-NMFS) en el año 2000, que incluyó un recorrido por el Golfo de Paria, Boca de Serpiente y los alrededores de las islas de Trinidad y Tobago^[7,8]. De acuerdo con estos autores, entre las posibles causas

Avistamientos de aves marinas en los cruceros oceánicos de las campañas del proyecto LBAPD				
Nombre común	Nombre científico	Fecha	Estado de observación	Distancia a tierra firme
Boba marrón	<i>Sula leucogaster</i>	28 de octubre de 2004	53	≈ 160 km
Tirra medio cuchillo	<i>Sterna hirundo</i>	21 y 23 de octubre de 2004	14-17	≈ < 5 km
Salteador parásito	<i>Stercorarius parasiticus</i>	26 - 28 de octubre de 2004	40-50	≈ 120-160 km
Tija de mar	<i>Fregata magnificens</i>	28 de octubre de 2004	50-54	≈ 160 km
Reinita pecho bayo	<i>Sendoica striata</i>	29 de octubre de 2004	52	≈ 160 km

TABLA 17

para la disminución en la utilización del Golfo de Paria como zona de reproducción de la ballena jorobada pudiera estar la intensa actividad humana en la zona, entre las cuales se incluyen el tráfico marítimo, la pesca y la actividad petrolera en el interior del golfo. Según la escasa información publicada y disponible hasta el presente, se conocía la presencia en la región de especies como la tonina rosada del Orinoco (*Inia geoffrensis*), el delfín de río o bufete (*Sotalia fluviatilis*)^[1,9], el manatí (*Trichechus manatus*), la nutria o perro de agua pequeño (*Lontra longicaudis*) y el perro de agua (*Pteronura brasiliensis*)^[1,10] en el delta del río Orinoco, además del delfín manchado del Atlántico (*Stenella frontalis*) y el guamachín o delfín "nariz de botella" (*Tursiops truncatus*) en cercanías del atlántico venezolano^[7] y la ballena jorobada en el interior del Golfo de Paria^[8].

Inventario de especies

De acuerdo con la revisión bibliográfica y museística, el inventario actualizado de mamíferos acuáticos en la zona de estudio

y sus zonas aledañas incluye –al menos– cuatro especies de grandes ballenas (familia Balaenopteridae), el cachalote (familia Physeteridae), ocho especies de delfines acuáticos (familia Delphinidae, incluyendo una especie de hábitos estuarinos y dulceacuícolas), un cetáceo dulceacuícola (familia Iniidae), dos mustélidos (familia Mustelidae) y el manatí (familia Trichechidae) para un total de 17 especies (Tabla 18), lo cual constituye un incremento de más del 100% en el número de especies del inventario de los mamíferos acuáticos de la región.

Campañas oceanográficas

En el área de la Plataforma Deltana se evaluaron 68 transectas, para una cobertura de 1.296 km lineales y un total de 87 horas de esfuerzo de observación, mientras que en la zona CNP (Carúpano, norte de Paria), se cubrieron tres transectas, para un total de 278 km y 19 horas de esfuerzo. El esfuerzo pasivo total fue superior a las 150 horas. En conjunto, en ambas campañas, se efectuaron avistamientos de delfines en cercanías de las estaciones 28, 29, 34, 35 y 47 (Figura 116).

Inventario de las especies de mamíferos reportadas para el área del proyecto LBAPD, en los distintos sectores del proyecto

Nombre común	Nombre científico	Sector				Fuente
		Golfo de Paria	Boca de Serpiente	Delta del Orinoco	Plataforma Deltana	
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>	✓	¿?		✓	Swartz y Burks (2000), Swartz y col. (2003)
Ballena sardinera	<i>Balaenoptera edeni</i>	✓			¿?	Mahabir (2005)
Ballena rorcual común	<i>Balaenoptera physalus</i>	¿?	¿?		¿?	Este estudio
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>	✓	¿?		¿?	Reeves com. pers. 2005
Ballena piloto	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	✓			¿?	Mahabir (2005)
Orca falsa	<i>Pseudorca crassidens</i>	✓			¿?	Museo EBRG-MARN
Delfín manchado del Atlántico	<i>Stenella frontalis</i>				✓	Swartz y Burks (2000), este estudio
Delfín manchado pantropical	<i>Stenella attenuata</i>				✓	Swartz y Burks (2000)
Guamachín o delfín mular	<i>Tursiops truncatus</i>				✓	Swartz y Burks (2000), este estudio
Delfín de dientes rugosos	<i>Steno bredanensis</i>				¿?	Swartz y Burks (2000)
Delfín de río o bufete	<i>Sotalia fluviatilis</i>	¿?	¿?	✓	¿?	Linares (1995), este estudio
Tonina rosada del Orinoco	<i>Inia geoffrensis</i>			✓		Linares (1995), este estudio
Manatí	<i>Trichechus manatus</i>	¿?	¿?	✓		Linares (1995), Bisbal (1998)
Perro de agua	<i>Pteronura brasiliensis</i>	✓		✓		Linares (1995), Bisbal (1998)
Nutria	<i>Lontra longicaudis</i>	✓		✓		Linares (1995), Bisbal (1998)

TABLA 18

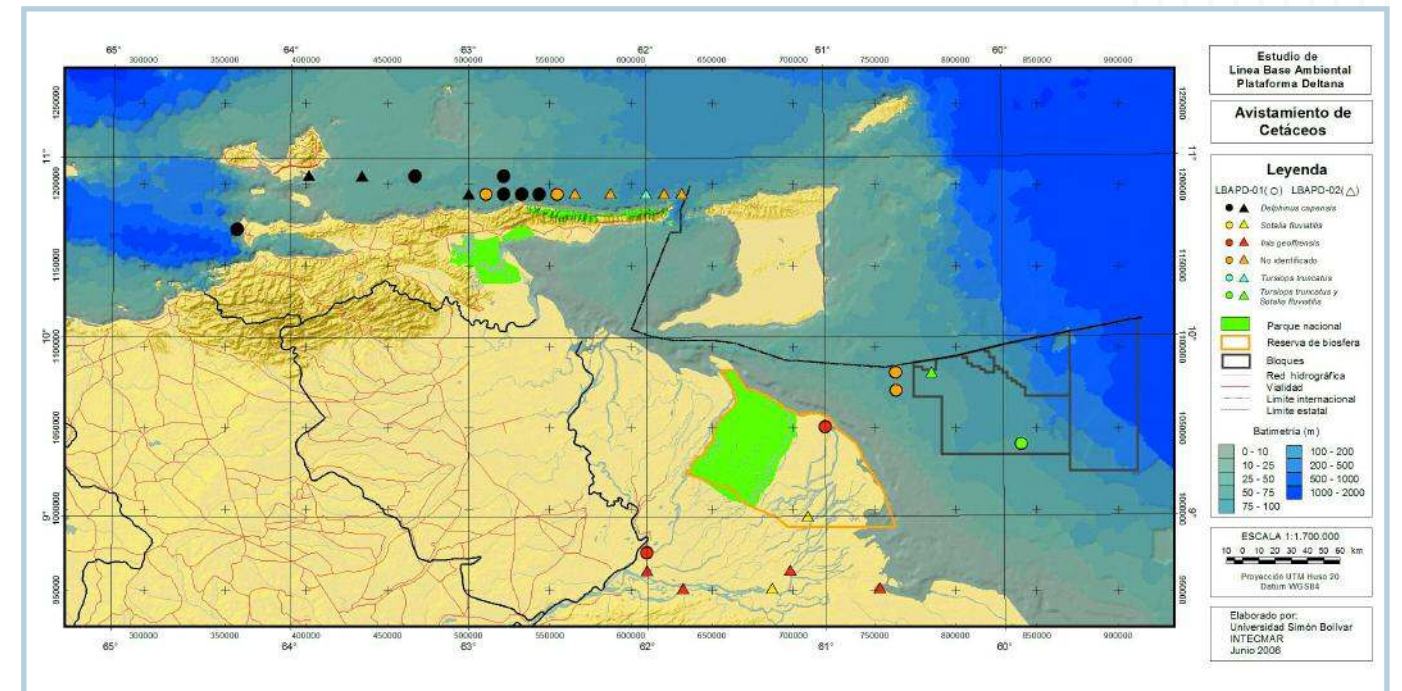


FIGURA 116
Avistamientos de mamíferos acuáticos en la Plataforma Deltana, delta del Orinoco y costa norte de las penínsulas de Araya y Paria, en los cruceros oceánicos y litorales de las campañas LBAPD y en las campañas de calidad del aire

Las especies identificadas fueron el delfín manchado del atlántico (*Stenella frontalis*) y el guamachín (*Tursiops truncatus*). El avistamiento de la estación 47 correspondió a un grupo mixto de delfín manchado del atlántico y guamachín, probablemente el mismo grupo de ejemplares observados algunos minutos ante, durante el tránsito hacia la estación. Es importante acotar que, en ambas campañas, se detectó la presencia de crías y/o juveniles dentro de los grupos. No se efectuaron avistamientos de mamíferos acuáticos en el interior del Golfo de Paria, Boca de Serpiente, ni en las estaciones más cercanas a la desembocadura del Orinoco. En el área de estudio correspondiente a la Plataforma Deltana, la tasa de encuentro fue de 0,74 avistamientos por cada doce horas de esfuerzo y de 0,5 avistamientos por cada 100 km de recorrido; así que la escasez de avistamientos en el área de estudio hace insuficiente la información para aplicar la metodología Distance para estimaciones poblacionales^[11], debido al bajo tamaño muestral.

Campañas litorales

Durante el tránsito hacia las estaciones litorales, se efectuaron siete avistamientos de

tonina rosada del Orinoco (*Inia geoffrensis*) y siete de delfín de río (*Sotalia fluviatilis*) (Figura 116).

Datos adicionales

Durante el tránsito por la costa norte de Paria (CNP) se efectuaron veinte avistamientos de cetáceos (Figura 116). Las especies identificadas en esta región fueron el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y el guamachín (*Tursiops truncatus*). Al menos otras dos especies de delfínidos fueron observadas, aunque no pudieron ser identificadas hasta el nivel genérico o específico. En el primer caso, se trató de una especie de delfínido de mediano tamaño, de color negro uniforme (>2,5 m) que pudiera corresponder a una de cuatro especies que presentan algunas características morfológicas similares, como son la ballena piloto (*Globicephala macrorhynchus*), orca falsa (*Pseudorca crassidens*), orca pigmea (*Feresa attenuata*) y el delfín cabeza de melón (*Peponocephala electra*). En el segundo caso, se trató de un grupo de delfines de pequeño tamaño (<2 m) que fueron observados en cercanías de Boca Dragón. En la zona CNP, la tasa de encuentro fue de 2,5 avistamientos/100 km o 4,5 avistamientos/12 horas, muy superior a la encontrada en la zona de estudio.

Las tortugas marinas, las aves y los mamíferos acuáticos del proyecto LBAPD y sus categorías de inclusión en la legislación venezolana y en la lista roja nacional

Nombre común	Especie	Decreto n° 1485	Decreto n° 1486	Libro rojo de la fauna venezolana
TORTUGAS MARINAS				
Tortuga, tortuga verde	<i>Chelonia mydas</i>	En veda	En peligro de extinción	En peligro
Cabezona caretta	<i>Caretta caretta</i>	En veda	En peligro de extinción	Vulnerable
Carey, parape	<i>Eretmochelys imbricate</i>	En veda	En peligro de extinción	En peligro
Guaraguá, batalí, maní	<i>Lepidochelys olivacea</i>	En veda	En peligro de extinción	En peligro
Cardón	<i>Dermochelys coriacea</i>	En veda	En peligro de extinción	En peligro
AVES				
Alcatraz	<i>Pelecanus occidentalis</i>	—	—	Menor riesgo + E27
Garza pechicastaña	<i>Agamia agami</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Garza cebra	<i>Zebrius undulatus</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Mirasol	<i>Botaurus pinnatus</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Pato cuchara	<i>Cochlearius cochlearius</i>	—	—	Fuera de peligro
Gabán huesito	<i>Mycteria americana</i>	—	—	Fuera de peligro
Garzón soldado	<i>Jabiru mycteria</i>	—	—	Menor riesgo
Gabán peonío	<i>Ciconia maguari</i>	—	—	Menor riesgo
Corocoro colorado	<i>Eudocimus ruber</i>	—	—	Menor riesgo
Garza paleta	<i>Ajaia Ajaia</i>	—	—	Menor riesgo
Flamenco	<i>Phoenicopterus ruber</i>	—	—	?
Aruco	<i>Anhima cornuta</i>	?	—	Menor riesgo
Pato real	<i>Cairina moschata</i>	?	—	Menor riesgo
Águila arpía	<i>Harpia harpyja</i>	?	En peligro de extinción	Vulnerable
Aguilucho de ciénaga	<i>Circus bufon</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Águila pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	—	—	Fuera de peligro
Pava rajadora	<i>Pipile pipile</i>	—	—	Fuera de peligro
Pico de tijera	<i>Rynchops niger</i>	—	—	Fuera de peligro
Guacamaya azul y amarilla	<i>Ara ararauna</i>	—	—	Menor riesgo
Guacamaya barriga roja	<i>Ara manilata</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Loro real	<i>Amazona ochrocephala</i>	—	—	Menor riesgo
Cucillo de manjar	<i>Coccyzus minor</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Moriche	<i>Icterus chryscephalus</i>	—	—	Menor riesgo
Cardenal bandera alemana	<i>Paroaria gularis</i>	—	—	Insuficientemente conocido
Semillero picón	<i>Oryzoborus crassirostris</i>	—	—	Fuera de peligro
Espiguero pico de plata	<i>Sporophila intermedia</i>	—	—	Fuera de peligro
Espiguero bigotudo	<i>Sporophila lineola</i>	—	—	Fuera de peligro
MAMÍFEROS				
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>	—	En peligro de extinción	Vulnerable
Ballena arenquera o sardinera	<i>Balaenoptera edeni</i>	—	En peligro de extinción	Insuficientemente conocida
Ballena rorcual común	<i>Balaenoptera physalus</i>	—	En peligro de extinción	Vulnerable
Ballena rorcual del norte	<i>Balaenoptera borealis</i>	—	—	Insuficientemente conocida
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>	En veda	En peligro de extinción	Insuficientemente conocida
Orca	<i>Ornicus Orca</i>	En veda	—	Insuficientemente conocida
Orca falsa	<i>Pseudorca crassidens</i>	En veda	—	Insuficientemente conocida
Delfín manchado del Atlántico	<i>Stenella frontalis</i>	En veda	—	Insuficientemente conocida
Delfín manchado pantropical	<i>Stenella attenuata</i>	—	—	No evaluada
Guamachín o delfín rostro de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	En veda	—	No evaluada
Delfín de dientes rugosos	<i>Steno bredanensis</i>	En veda	—	No evaluada
Delfín de río o bufete	<i>Sotalia fluviatilis</i>	En veda	—	Menor riesgo
Tonina rosada del Orinoco	<i>Inia geoffrensis</i>	En veda	—	Menor riesgo
Manatí	<i>Trichechus manatus</i>	En veda	En peligro de extinción	En peligro
Perro de agua	<i>Pteronura brasiliensis</i>	En veda	En peligro de extinción	En peligro
Nutria	<i>Lontra longicaudis</i>	En veda	En peligro de extinción	Vulnerable

Fuentes: Babarro (2004); Guada y Solé (2000); UICN (2004); Rodríguez y Rojas-Suárez (1999)

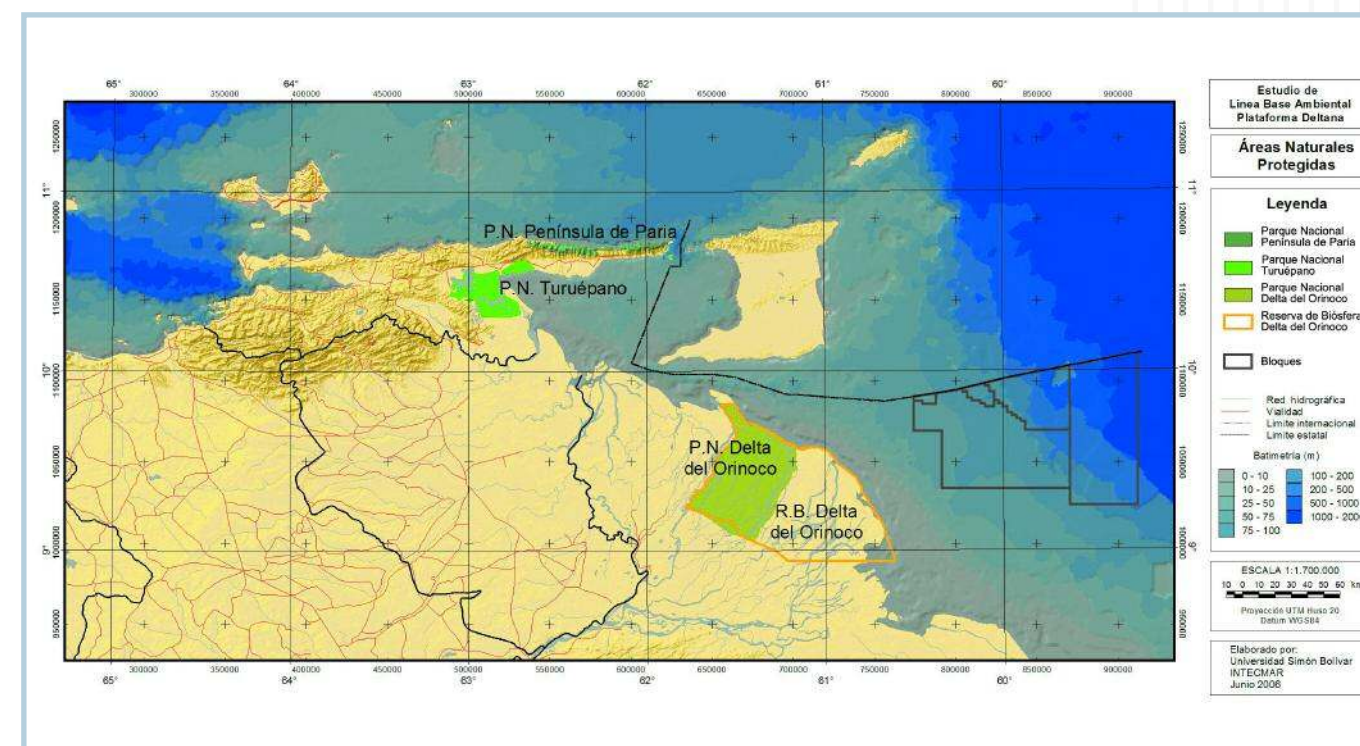


FIGURA 117 Áreas naturales protegidas en el área de influencia de la LBAPD

LEGISLACIÓN CORRESPONDIENTE A LA FAUNA RELEVANTE

Todas las especies de fauna relevante presentes en Venezuela se encuentran completamente protegidas desde la promulgación de la Ley de Protección de la Fauna Silvestre (LPFS) [12]. Adicionalmente se cuenta con otros instrumentos legales de apoyo, como el Reglamento N° 1 de la LPFS, la Ley de Diversidad Biológica (LDB) [13], la Ley de Zonas Costeras (LZC) [14] y la Ley Penal del Ambiente (LPA) [15]. Por otra parte, varias de las especies arriba mencionadas se considerarán “en peligro de extinción” y en “situación de veda permanente” [3,16,17,18] entre otros instrumentos reglamentarios como decretos y resoluciones (Tabla 19).

Otros convenios internacionales de importancia para la protección de las especies y los hábitat son el Protocolo sobre Áreas Especialmente Protegidas de Flora y Fauna Silvestres de la Región del Gran Caribe (Protocolo SPAW) de la Convención de Cartagena, la Convención de las

Naciones Unidas sobre la Ley del Mar (Unclos), Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Convención Ramsar), la Convención Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas (ICRW), la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), entre otras. Muchas de las especies de fauna relevante presentes en Venezuela se encuentran en diversas categorías de amenaza tanto en la lista global de la UICN como en la lista nacional [19,20].

A los fines de la presente línea base, es importante tener en cuenta, además, que en la zona de influencia del proyecto LBAPD existen varias Áreas Naturales Protegidas (Anapro), tales como los Parques Nacionales Península de Paria (375 km²), Turuépano (741 km²) y Delta del Orinoco “Mariusa” (3.310 km²). Por último, se encuentra también la Reserva de Biosfera Delta del Orinoco (11.250 km²) que incluye un área marina y que engloba al Parque Delta del Orinoco (Figura 117). ■

REFERENCIAS

- Ojasti, 2005
- Guada, 2000
- Guada y Solé, 2000
- Pritchard, 1984
- Lentino y Colvee, 1998
- Jefferson y col., 1993
- Swartz y Burks, 2000
- Swartz y col., 2003
- Parra y Bolaños-Jiménez, 1998
- Linares, 1998
- Buckland y col., 2001
- República de Venezuela, 1970
- República Bolivariana de Venezuela, 2000
- República Bolivariana de Venezuela, 2001
- República de Venezuela, 1992
- República de Venezuela, 1996a
- República de Venezuela, 1996b
- Babarro, 2004
- UICN, 2004
- Rodríguez y Rojas-Suárez, 1999

CONSIDERACIONES GENERALES DE POSIBLES IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS



8

8 CONSIDERACIONES GENERALES DE POSIBLES IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS

La actividad petrolera se desarrolla a través de una serie de etapas cuyas acciones y procesos pueden tener un impacto sobre el ambiente físico y biológico presente en esta área, además de un impacto socio-económico. Entre estas etapas tenemos: la exploración (sísmica, perforación exploratoria y construcción de bases en tierra), desarrollo (construcción y ensamblado, actividades de perforación, tendido de tuberías, construcción y operación de facilidades de almacenamiento costa afuera) y producción (tránsito de embarcaciones, operación de tuberías, transporte aéreo, operaciones en unidades costa afuera y operación en facilidades de almacenamiento), explotación, y desmantelamiento (desinstalación de las facilidades una vez finalizada las operaciones petroleras) de las estructuras propias de esta actividad económica, las cuales no sólo afectan el ambiente natural circundante, sino el desarrollo de actividades humanas relacionadas directa o indirectamente con esta actividad y que a su vez repercutirán sobre el medio.

La intensa actividad que desarrollará PDVSA implicará la posibilidad de impactos de contaminación en el medio ambiente marino, asociados a los procesos de exploración, producción en alta mar, transporte marítimo y submarino, operaciones de embarque y almacenamiento, accidentes en operaciones como rupturas de los oleoductos submarinos, accidentes de buques-tanque, derrames y explosiones de plataformas.

Los ecosistemas marinos (planctónicos y bentónicos) podrían verse afectados por el tráfico de embarcaciones relacionadas con la industria, sumándose a la ya intensa actividad pesquera que se ejecuta en el área. Este volumen de tráfico marítimo puede provocar la contaminación de las aguas, como consecuencia del vertido de desechos generados por las embarcaciones, sin ningún

tratamiento previo. Este hecho puede ser controlado mediante el adecuado manejo de los desechos sólidos, así como líquidos, lo que asegurará que se mantenga un medio saludable^[1]. Se hace necesario también, implementar un monitoreo de la contaminación bacteriana, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de las normas establecidas con relación al vertido de las aguas usadas de las embarcaciones que navegarán en la región. Otro indicador de las posibles actividades de degradación del ecosistema lo constituye el amonio, el cual es un marcador de desechos de origen doméstico, así como la materia orgánica, contenida en cantidades apreciables en este tipo de desechos.

La colocación de grandes cantidades de gasoductos en el fondo marino traería consigo, en un primer momento, la remoción de grandes cantidades de sedimentos, lo que podría ocasionar una mayor turbidez de las aguas, limitando de esa manera la penetración de la luz y perjudicando el desarrollo de los organismos del plancton. Esto, a la vez, perturbaría a las comunidades bentónicas del fondo, pudiendo ocasionar daños ecológicos de gran importancia. Durante estas labores se deberían realizar registros continuos de la transparencia de las aguas, con la finalidad de detectar una posible alteración de éstas, lo cual afectaría el desarrollo de los organismos del fitoplancton. Sin embargo, se entiende que este posible impacto es de corta duración, pero no dejaría de ser importante en un área como el Golfo de Paria y Boca de Serpiente, donde las aguas no son muy profundas, y donde la actividad pesquera, ligada a la productividad del área, es importante.

En este sentido, la información de los sedimentos obtenida en el presente estudio puede orientarse hacia la identificación de algunos factores de riesgo, desde el punto de vista geotécnico, en la zona estudiada, por movimientos del sustrato marino, ya sea por



fenómenos tectónicos, oleaje, corrientes, así como las propias actividades humanas asociadas con la futura exploración en los bloques asignados. Como es conocido, la causa de activación del movimiento del sustrato marino es debido al oleaje severo, sismos, explosiones, corrientes marinas, alteración del equilibrio suelo-gas-agua, erosión, sobre peso en taludes y actividad humana en el sitio.

Estos movimientos atienden, entre otros aspectos, a las características del sedimento, la batimetría, etc. Como ya se estableció, la mayor parte del sedimento de la región está caracterizado por una alta proporción de limos, con bajos contenidos de arena fina y muy fina. Este tipo de material podría favorecer la migración de suelos por corrientes debidas a mareas, tormentas, turbidez o corrientes laterales. En zonas un poco más profundas, cercanas al borde del talud, podría provocar deslizamiento rotacional de bloques de sedimentos talud abajo, por aumento rápido del peso sobre el borde. Por su parte, la comunidad bentónica asociada a estos sedimentos, se caracterizó por la presencia de una baja densidad de organismos respecto a otros ambientes marinos costeros, pero de una elevada diversidad biológica, siendo los foraminíferos, poliquetos, crustáceos (peracáridos y decápodos), y equinodermos los grupos mejor representados. La composición y riqueza de especies nos indica la existencia de ciertos

patrones en las características ambientales del área de estudio, que determinan la presencia y densidad de estas especies, cuya evaluación en el tiempo podría servir como indicador de alteraciones en el sistema por las actividades petroleras, al compararla con los valores actuales, cuando aún la actividad en la zona, no es tan intensa.

El principal problema ambiental relacionado con la perforación de pozos (tanto en la etapa de Exploración como en la de Producción) es la disposición de los residuos generados durante la perforación, en particular si se usan fluidos de base aceite. El potencial impacto sobre la calidad de agua y sedimentos en la Plataforma Deltana puede derivar de los siguientes factores:

- Disposición de ripsos y lodos con hidrocarburos.
- Derrames de crudo.
- Derrames de combustibles utilizados por las embarcaciones.
- Descarga de agua de producción.

LODOS DE PERFORACIÓN Y RIPIOS

El contenido de PAH's en los lodos de perforación a ser utilizados costa afuera está normado por la Usepa y Venezuela ha adoptado estas regulaciones para los proyectos que se desarrollan en la Plataforma Deltana. La descarga de ripsos y lodos en el mar producirá un impacto sobre los sedimentos del fondo que es predecible y sería de carácter localizado, ya que la producción que se espera en la zona de estudio es de gas no asociado. El aporte de PAH's a los ripsos y lodos debería ser de poca magnitud.

Para el proceso de perforación son utilizados extensamente lubricantes o lodos de perforación, que son mezclas preparadas con gran

cantidad de aditivos químicos. Estos lodos sirven como lubricante y refrigerante de la broca, evitan el derrumbe de las paredes del pozo y crean un peso adicional sobre la broca que le ayudan a avanzar en el corte, y ejercen una contrapresión, que evita que los líquidos del subsuelo fluyan sin control hacia la superficie.

Los lodos o fluidos de perforación pueden ser de varios tipos: lodos base agua, lodos base aceite o base sintética. La composición química precisa de los lodos varía de pozo a pozo, o aún dentro de un mismo pozo, pero los componentes más utilizados incluyen: arcillas, baritina y aditivos químicos. Muchos de los aditivos son altamente tóxicos y pueden incluir biocidas, bactericidas, anticorrosivos, espesantes y sustancias químicas para controlar el pH. Los desechos producidos por los lodos de perforación pueden hallarse mezclados con petróleo y sales provenientes del pozo y pueden ser sumamente alcalinos. La composición química de los desechos de perforación contienen, normalmente, cantidades considerables de una variada gama de contaminantes tóxicos, como aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, plomo, magnesio, mercurio, níquel, zinc, benceno, naftalina, fenantreno y otros hidrocarburos, así como niveles tóxicos de sodio y cloruros.

Los metales pesados y algunos hidrocarburos contenidos en los lodos o ripsos de perforación tienden a acumularse biológicamente a través de las cadenas alimenticias desde donde pueden afectar a seres humanos, aves acuáticas y otros animales, a causa de la concentración de dichas sustancias en las fuentes alimenticias. Además de los varios impactos sobre la vida animal y vegetal, se conoce que el arsénico, cadmio, cromo, plomo, benceno y otros hidrocarburos aromáticos tienen efectos cancerígenos.

Estudios de laboratorio sobre la toxicidad aguda utilizando los lodos de perforación, así como observaciones de campo de índices de

dilución de los lodos en la columna del agua, concluyen que los organismos de la columna del agua (comunidades planctónicas) nunca serán expuestos a estas sustancias por mucho tiempo y en las concentraciones suficientemente altas para originar cualquier respuesta aguda o subletal^[2,3,4]. Los autores señalan que esto es debido a que existe una depositación rápida de los lodos en el fondo marino, donde son dispersados y transportados por las corrientes.

El impacto de la descarga de ripsos sobre la calidad de los sedimentos produce una alteración de las características texturales y estructurales de éste, y la composición química de sus componentes inorgánicos y orgánicos por la depositación de arcillas, metales pesados y compuestos orgánicos. Los metales hierro y manganeso tienden a estar en forma de oxihidróxidos, los cuales controlan, por procesos de sorción o coprecipitación, a los demás metales trazas.

DERRAMES DE CRUDO

En relación a eventuales derrames de crudo por razones diferentes, el impacto dependería, entre otros factores, de la toxicidad producida por el contenido de PAH's del crudo. Como valor de referencia, se puede mencionar que el contenido de PAH's del crudo Zuata, producido en la Faja Petrolífera del Orinoco, es de aproximadamente 140 ppm. El contenido de PAH's es mucho mayor en los combustibles tales como el diesel (4.500 ppm) y la gasolina (1.250 ppm) (Petroleum Environmental Research Forum, Project 97-08).

DERRAMES DE COMBUSTIBLE

Debido a que el diesel y la gasolina tienen menor viscosidad, resulta muy difícil su recolección en el mar, por lo que usualmente terminan dispersándose en el ambiente, contaminando el agua y los sedimentos.

De tal manera que el riesgo de contaminación por derrames de combustibles puede ser significativamente superior al relacionado con la actividad de perforación y producción en el caso de la Plataforma Deltana.

DESCARGA DE AGUA DE PRODUCCIÓN

Las etapas de Exploración y Producción en la región de la Plataforma Deltana pueden traer problemas ambientales muy serios si no se toman las medidas ambientales adecuadas. Uno de los principales problemas de esta actividad lo constituyen las aguas producidas, incluyendo las aguas de la inyección y las soluciones de los productos químicos usados para intensificar la extracción del hidrocarburo y la separación de las mezclas del aceite-agua. Estas son una de las fuentes principales de la contaminación por petróleo en las áreas de la producción costa afuera. Cada día deben manipularse millones de barriles de agua conteniendo grandes cantidades de sales disueltas, sólidos en suspensión, metales pesados e hidrocarburos dispersos y disueltos.

El metal pesado que se encuentra en mayor cantidad en las aguas producidas es el bario^[5,6], aunque también pueden hallarse vestigios de mercurio, arsénico y selenio. Estos elementos, en cantidades mínimas, son extremadamente tóxicos para los humanos y tienen la propiedad de ser concentrados por varios organismos, particularmente los moluscos. El bario puede combinarse con los sulfatos para formar sulfato de bario insoluble. Aún en pequeñas cantidades causa serios problemas. El bario tiene la propiedad de permanecer en la superficie por un largo período, debiendo evitarse en lo posible las descargas en la superficie. Todos los metales pesados tienden a ser tóxicos para los humanos, así sea en muy pequeñas cantidades y están sujetos a ser concentrados por la vida marina (conchas, cangrejos, etc.)^[5].

Asimismo, el agua producida contiene además, sales disueltas y gases (CO, CO₂, H₂S). Pueden existir sólidos en suspensión, los cuales pueden contener en algunos casos vestigios de metales pesados y posiblemente radiación proveniente del estroncio y del radio. El agua producida antes de ser tratada contiene usualmente cantidades inaceptablemente altas de gotas de petróleo en suspensión o emulsión. Generalmente, las salmueras de los campos petrolíferos no son adecuadas para consumo humano o para uso animal^[5]. Se conoce que los sulfuros matan a los peces, producen sabor, olor en ellos, y son perjudiciales para el proceso industrial.

Las descargas en aguas superficiales, por su parte, elevará la temperatura de las aguas receptoras, y este cambio disminuirá los niveles de oxígeno disuelto, originando posibles mortandades de peces. Interferirá además, con la propagación y alimentación de las especies, incrementará las tasas de crecimiento de bacterias, organismos benéficos y perjudiciales, acelerará reacciones químicas y favorecerá la eutrofización.

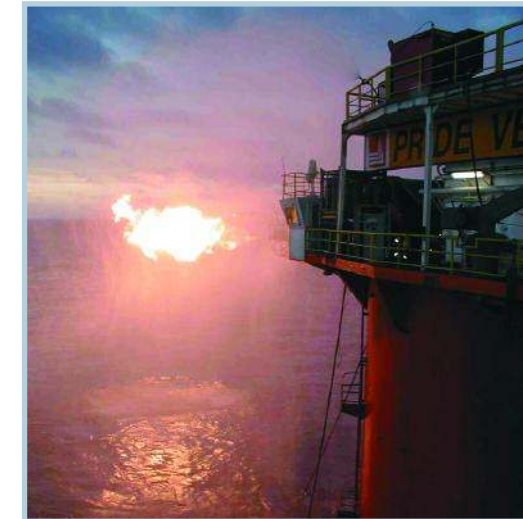
El principal problema del agua de producción se relaciona con su contenido de petróleo, y por consiguiente, con la concentración de TPH, PAH's, y decalinas. La concentración de petróleo puede ser baja (por lo general menos de 30 mg/L), pero es posible que en algunas regiones la cantidad de petróleo descargado al mar sea significativa. En el Mar del Norte, por ejemplo, el petróleo descargado en el agua de producción representa sólo el 3,5% de las fuentes de contaminación con petróleo^[4]. La literatura señala que casi todos los campos petrolíferos costa afuera producen grandes cantidades de agua contaminada que pueden tener efectos ambientales significativos si no son manejados correctamente. Estos efectos, pueden incluso llegar hasta la región marino-costera, y por tanto contaminar los sedimentos, dependiendo de las condiciones ambientales y de las corrientes marinas que prevalecen en la zona^[7].

CONSIDERACIONES PARTICULARES PARA LAS ZONAS DE ESTUDIO

Las actividades petroleras planificadas para esta área de estudio se desarrollarán a lo largo de una zona muy extensa, desde el Golfo de Paria hasta la Plataforma Deltana, abarcando sectores sometidos a condiciones ambientales con diferentes condiciones de salinidad, corrientes, sedimentos, profundidad de la columna de agua, que en su conjunto determinan la estructura de las comunidades planctónicas y bentónicas presentes, y el efecto de los procesos relacionados con estas actividades. Pero no en todas las zonas que conforman el área de estudio, se desarrollarán las mismas etapas de actividades petroleras, por lo que se considera conveniente analizar brevemente los posibles impactos de éstas en cada zona.

Plataforma Deltana

En este sector se desarrollarán las etapas de Exploración, Producción, Desarrollo y Desmantelamiento de las estructuras propias de esta actividad. En cuanto a la etapa de Exploración las acciones de mayor impacto sobre este sector están relacionadas con la perforación exploratoria y perforación asociada a potenciales derrames que podrían afectar a las comunidades marinas, ubicadas tanto en la costa como, por la dirección de las corrientes al sector de Boca de Serpiente. En las etapas de Producción y Desarrollo las acciones de mayor impacto son las relacionadas con las operaciones costa afuera, principalmente por el transporte y almacenamiento de los productos y químicos propios de esta actividad, con los potenciales riesgos de derrame; viéndose afectadas por estas actividades características, tanto de los sedimentos como su composición química (contenido de materia orgánica y materiales contaminantes o tóxicos), como en la calidad de la columna de agua. Asimismo tiene un gran efecto el posicionamiento como tal de las plataformas de



explotación, su desmantelamiento, y el tendido de las tuberías para el transporte de los productos de la actividad, las cuales afectan principalmente las características físicas de los sedimentos, como su textura.

Estos impactos, como los potenciales derrames y generación de efluentes, tienen un mayor efecto sobre las zonas de menor profundidad, ubicadas en la llamada zona litoral y nerítica, ya que estos contaminantes tienen una mayor probabilidad de entrar en contacto con los sedimentos. En el caso particular del derrames o desecho de elementos de gran densidad, como los ripios y crudos pesados, su efecto será mucho más crítico sobre estos sedimentos por su rápida sedimentación, y lenta dispersión y dilución en la columna de agua.

Boca de Serpiente

En este sector se desarrollarán principalmente acciones relacionadas con las actividades las etapas de Desarrollo y Producción, que pueden implicar potenciales riesgos de derrame por el movimiento de embarcaciones, y el tendido de tuberías sobre el fondo marino. Estas actividades implicarían efectos sobre la calidad del agua y de los sedimentos en toda la esta zona de baja profundidad. La alteración física de estos sedimentos, si bien puede ocasionar cambios en la estructura de la comunidad bentónica



asociada, podría considerarse momentáneo, estabilizándose en el corto tiempo, aunque pueda cambiar la composición de la comunidad, siendo por lo tanto importante evaluar atributos ecológicos de la comunidad, como su riqueza de especies, su composición y su densidad; todas éstas indicadores de posibles alteraciones en la fauna bentónica. Por otro lado cualquier derrame en esta zona afectaría la costa de este sector, y de acuerdo a la dirección de las corrientes marinas, al sector del Golfo de Paria; ambos podrían ser afectados, a su vez, por lo que ocurra en la zona litoral de Plataforma Deltana.

Golfo de Paria

En este sector se desarrollarán actividades relacionadas con las etapas de Exploración y Producción que podrían tener repercusiones intensas sobre las actividades humanas en la zona costera. En cuanto a la etapa de Exploración, las acciones de mayor impacto sobre este sector están relacionadas con el desarrollo de las actividades en tierra, como la construcción de muelle, con la consecuente modificación de los drenajes y descarga de los cursos de agua, remoción de las comunidades vegetales asociadas a la costa para el establecimiento de muelles, construcción de carreteras y desarrollos de asentamientos humanos, incrementando el impacto de las actividades humanas en el sector (descarga

de aguas residuales y desechos domésticos e industriales). Todas estas actividades afectarán, tanto la calidad de las aguas como de los sedimentos, así como a sus componentes bióticos asociados.

Estos procesos a ser desarrollados en la costa, la construcción de muelles y el establecimiento de asentamientos humanos, tienen un mayor efecto en Golfo de Paria que en los otros sectores evaluados, debido a la permanencia de los mismos en el tiempo; es decir, tienen una alta frecuencia de ocurrencia, lo que podría llevar a alteraciones muy profundas en las comunidades asociadas, que podrían afectar drásticamente a la misma, acarreando la desaparición de especies de explotación comercial y consumo humano, como algunos crustáceos y moluscos. Por lo tanto, deben tomarse medidas de control en el desarrollo de estas actividades para que las mismas no conlleven a daños y cambios irreversibles.

Asimismo, el efecto de impactos, como los potenciales derrames y generación de efluentes, tienen un gran efecto en este sector, debido a su menor profundidad, baja estratificación y mayor tiempo de residencia de las aguas, dado el patrón de circulación, que conlleva a un bajo recambio de estas aguas a través de Boca de Dragón y Boca Serpiente. ■

REFERENCIAS

1. Usepa, 1999
2. Neff, 1987
3. Patin, 1999
4. Wills, 2000
5. Cherr y Fan, 1997
6. Bornholdt y Lear, 1997
7. Patin, 1999



9

9 VARIABLES POTENCIALES PARA UN PLAN DE SEGUIMIENTO

Los parámetros de calidad del agua y sedimentos que deben ser monitoreados en las descargas y aguas receptoras de las instalaciones petroleras tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden estar presentes en las aguas residuales. Los parámetros que se señalan en las distintas etapas consideradas deben estar incluidos, como mínimo, en cualquier programa de monitoreo de calidad de aguas producidas por la extracción de gas. Estos parámetros deberán ser monitoreados en aguas servidas provenientes de las áreas de producción de gas y de otros sitios, donde las aguas servidas no están dirigidas a una planta de tratamiento.

Es importante y necesario alcanzar ciertos propósitos con estos estudios, como: establecer la distribución e intensidad del grado de afectación de una determinada actividad propuesta, y verificar, tanto los impactos proyectados para esa actividad como la eficiencia de cualquiera de las medidas de mitigación propuestas. Para alcanzar estos propósitos es necesario implementar un programa de seguimiento de actividades. La legislación venezolana, a través del decreto n° 1.257 (art. 3°) indica que en un Programa de Seguimiento de Actividades, la propuesta debe contemplar la medición sistemática de una serie de variables que incluyan al medio físico natural y el socio-económico. Esto abarca el monitoreo de una o un conjunto de variables específicas que requieren un seguimiento continuo a través del tiempo, con miras a certificar la implementación de las medidas establecidas y sus mejoras, y detectar efectos imprevistos que ocasionen problemas en el ambiente.

Los indicadores ambientales que han sido sugeridos, como relevantes, para ser utilizados en los estudios de seguimiento de los posibles impactos sobre los componentes de la columna de agua y del fondo marino fueron obtenidos a partir de los resultados de los

estudios de los compuestos orgánicos y metales pesados en agua y sedimentos, y los atributos ecológicos más adecuados de las comunidades marinas. Estos indicadores fueron seleccionados de acuerdo al criterio de ser muy sensible a los efectos o impactos ocasionados por las actividades, que indiquen cambios de las condiciones del medio. Es necesario puntualizar que en el caso de los sedimentos marinos, especialmente durante los proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos, es muy importante hacer mediciones de control y seguimiento de la descarga de los lodos y ripios al mar durante las actividades de perforación exploratoria y producción, atendiendo a los controles y condiciones ambientales que determina la legislación nacional, o la adoptada de otras regulaciones internacionales, generalmente la Usepa, para dar cumplimiento a la misma. En el caso de los ripios que se generan a partir de lodos con base sintética, los requisitos legales (decretos n° 883 y 2.635), apuntan hacia la ejecución de pruebas ecotoxicológicas sobre organismos planc-tónicos y bentónicos, biodegradabilidad del ripio, niveles de concentración de PAH's, Hg, Cd, aceite libre y combustible diesel. Estas pruebas de toxicidad pueden ser realizadas utilizando complejos de especies bentónicas (ensayos con microcosmos) o a nivel especie-específico, con organismos relevantes presentes en la fauna de la región de estudio.

Finalmente, se debe destacar que a lo largo del desarrollo de esta integración se han ido señalando lo que se consideran valores de línea base para el área de estudio, y estos valores están expresados en las distintas tablas de resultados consideradas. De manera que cualquier programa o evaluación que contemple realizar el seguimiento de los posibles impactos que se puedan generar como resultado de las operaciones petroleras en la región de estudio debe contemplar estos niveles de línea base tanto para los parámetros de la columna de agua como para los sedimentos marinos. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Adamus, P. R. y K. Brandt. 1990. *Impacts on quality of inland wetlands of the United States*. A survey of indicators, techniques and applications of community level biomonitoring data. Usepa. EPA/600/3-90/073.
- Aminot, A. y M. Chaussepied. 1983. *Manual des analyses chimiques en milieu marin*. Center National Pour L'exploitioion des Oceans (CNEXO)/BNDO/Documentation. Francia. 335 p.
- APHA-AHWA. 1992. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18 Edition. APHA-AHWA. USA. 3060 p.
- Babarro, R. 2004. Marco legal relativo a la conservación de las tortugas marinas en Venezuela. En: *Tortugas marinas en Venezuela*. Acciones para su conservación. Oficina Nacional de Diversidad Biológica. Dirección de Fauna. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Fondo Editorial Fundambiente, Caracas. 117 p.
- Beltrán-León, B. y R. Ríos. 2000. *Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano*. Tomo I. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Buenaventura-Colombia. 359 p.
- Bendschneider, K. y R. J. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrate in sea water. *J. Mar. Res.*, 11:87-96.
- Bisbal, F. 1998. Mamíferos de la Península de Paria, estado Sucre, Venezuela y sus relaciones biogeográficas. *Interciencia*, 23(3):176-181.
- Bolaños, J. y M. Campo. 1998. Aspects of the ecology and behavior of coastal cetacean populations of the State of Aragua, central coast of Venezuela. *The World Marine Mammal Science Conference*. Monaco (Abstracts Book).
- Bolaños, J., M. Campo y M. González-Fernández. 1998. *Estado actual de los cetáceos de las costas del estado Aragua*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). Serie Informes Técnicos, Dirección General de Fauna. Caracas. IT/386: 1-37 p.
- Boltovskoy, D. 1981. *Atlas del Zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton*. Publicación especial del INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 p.
- Boltovskoy, D. 1999. *Zooplankton south Atlantic*. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands. Tomos I y II. 1706 p.
- Bone, D., A. Machado, P. Spiniello, M. Ortaz, J. Posada, R. Molinet, E. Yerena, C. Rodríguez, E. Klein y A. Martín (ed.). 2004. *Conservación y uso sustentable de la diversidad biológica en la reserva de biosfera y los humedales del delta del Orinoco*. Evaluación Ecológica Rápida de la Fauna Acuática. Informe final. Intecmar-Funindes-Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. xxv + 644 p.
- Bone, D., I. Chollet y C. T. Rodríguez. 2005. Diversidad biológica de la comunidad bentónica de aguas profundas, Venezuela. p: 54-65. En: Gómez M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). *Frente Atlántico Venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias Ambientales*. Tomo I. Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) - Fondo Editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela. 176 p.
- Bornholdt, M. A. y E. M. Lear (ed.) 1997. *Outer Continental Shelf Oil and Natural Gas Program: Cumulative Effects 1992-1994*. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Herndon, VA. OCS Report MMS 97-0027.
- Buckland, S., D. Anderson, K. Burnham, J. Laake, D. L. Borchers y L. Thomas. 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Oxford University Press, New York. 342 p.
- Capelo, J.C., J. V. García y G. Pereira. 2004. Diversidad de macroinvertebrados bentónicos del Golfo de Paria y delta del Orinoco. p: 55-60. En: Lasso, C.A., L. E. Alonso, A. L. Flores y G. Love (ed.). *Rapid assessment of the biodiversity and social aspects of the aquatic ecosystems of the Orinoco Delta and the Gulf of Paria, Venezuela*. RAP Bulletin of Biological Assessment 37. Conservation International. Washington DC, USA. 358 p.
- Carpenter, J. H. 1965. The accuracy of the Winkler method for dissolved oxygen análisis. *Limnol. Oceanogr.*, 10:135-140.
- Carrit, D. E. y J. H. Carpenter. 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea-water, a NASCO Report. *J. Mar. Res.*, 24:286-318.
- Cherr, G. N. y T. W-M. Fan. 1997. *Effects of Barium and Divalent Cations Associated with Oil Production Wastes on Developing Marine Organisms*. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Herndon, VA. OCS Report MMS 97-0021.
- Cifuentes, J., P. Torres y M. Frías. 1997. Distribución del plancton en los mares del mundo. En: *El Océano y sus Recursos*. V. Plancton (ed.). Fondo de Cultura Económica, México. (http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/35/htm/sec_12.html).
- Day, J., C. Hall, W. Kemp y A. Yañez-Arancibia. 1991. *Estuarine ecology*. Wiley Interscience Publications. 558 p.
- Duarte, A. K. 1994. Algunos anfipodos pelágicos del suborden Hyperiidea de aguas costeras do Sul do Brasil. *Nauplius*, 2:125-127.
- Echezuria, H., J. Córdova, M. González, V. González, J. Méndez y C. Yánes. 2002. *Assessment of environmental changes in the Orinoco river delta*. Regional Environmental Sciences. 37 p.
- Eisma, D., S.J. Van ser Gaast, J. M. Martín y A. J. Thomas. 1978. Suspended matter and bottom deposit of the Orinoco delta: turbidity, mineralogy and elementary composition. *Netherlands Jour. Sea Res.*, 12:224-251.
- Fahay, M. 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western north Atlantic ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian shelf. *J. Northwest. Atl. Fish Sci.*, 4:1-423.
- Fontes, E. X. 1974. *Contribução ao estudo dos Amphipoda pelágicos da Costa Brasileira. Parte I. Fam. Pronoidae*. Avulso da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia. Departamento de Zoología 21:9.
- Fukuoka, J. 1971. The meandering of the ocean current east of Guiana. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente*, 10(1):25-28.
- Gibbs, R.J. 1970. Circulation in the Amazonas River estuary and adjacent Atlantic Ocean. *Journal of Marine Research*, 28:113-121.
- Gómez, M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). 2005a. *Frente Atlántico venezolano. Investigaciones geoambientales. Ciencias Ambientales*. Tomo I. PDVSA-Fondo Editorial Fundambiente, Caracas. ISBN 980-6840-03-8 If36020045533387. 176 p.
- Gómez, M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). 2005b. *Frente Atlántico venezolano. Investigaciones geoambientales. Ciencias de la Tierra*. Tomo II. PDVSA-Fondo Editorial Fundambiente, Caracas. ISBN 980-6840-03-8 If36020045533388. 159 p.
- Gonçalves de Lima, M. C. 1996. Hyperiid (Amphipoda: Hyperiidae) from North-northeast coast of Brazil. *Nauplius*, 4:147-160.
- Guada, H. J. 2000. Áreas de anidación e impactos hacia las tortugas marinas en la península de Paria y lineamientos de protección. Trabajo Especial de Grado. Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas. 228 p.
- Guada, H. J. y G. Solé. 2000. Widecast Plan de Acción para la Recuperación de las Tortugas Marinas de Venezuela. Informe Técnico del PAC N° 39. En: A. Suárez (ed.). *UNEP Caribbean Environment Programme*. Kingston. xiv + 112 p.
- Hernández, F. J., R. F. Shaw, J. S. Cope, J. G. Ditty, T. Farooqui y M. C. Benfield. 2003. The across-shelf larval, postlarval, and juvenil fish assemblages collect at offshore oil and gas platforms west of the Mississippi river delta. *Amer. Fish. Soc. Symp.*, 36:39-72.
- Hoffman, L. 1999. Marine cyanobacteria in tropical regions: diversity and ecology. *Eur. Jour. Physiol.*, 34(4):1-9.
- Howart, M. L. 1982. Tidal currents on the continental shelf. In: Stride A. H. (ed.). *Offshore tidal sands*. Chapman & Hall, London, U.K.
- Hubbs, C. L. 1943. Terminology of early stages of fishes. *Copeia*, 1943:260.
- Jefferson, T. A., S. Leatherwood y M. A. Webber. 1993. *Marine Mammals of the World*. FAO Species Identification Guide. FAO-UNEP, Roma. 320 p.
- Kensley, B. y M. Schotte. 1989. *Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 308 p.
- Klein, E., D. Febres, C. Castillo y L. Lorenzoni. 2005. Dinámica de la pluma del Orinoco vista a través de sensores remotos y su efecto sobre el frente Atlántico venezolano. p: 165-174. En: Gómez M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). *Frente Atlántico Venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias Ambientales*. Tomo I. Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) - Fondo Editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela. 176 p.
- Koroleff, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *Int. Counc. Explor. Sea. C.M.*, 9:19-22.
- Leis, J. M. y D. Rennis. 1985. *The larvae of Indo-Pacific coral reef fishes*. New South Wales University Press. Sydney and University Press of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 269 p.
- Leis, J. M. y T. Trnski. 1989. *The larvae of Indo-Pacific shorefishes*. New South Wales University Press. Sydney and University Press of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 371 p.
- Lentino, R. M. y J. Colvée. 1998. *Lista de las Aves del Estado Delta Amacuro*. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas. 46 p.
- Lewis, E. y R. Perkin. 1981. The practical salinity scale 1978. Conversion of existing data. *Deep Sea Res.*, 28a(4):307-328.
- Lima, M. C. y J. L. Valentín. 2001. Preliminary results to the holistic knowledge of the Amphipoda Hyperiidea faunal composition off the Brazilian coast. *Journal of Plankton Research*, 23(5):469-480.
- Linares, O. J. 1998. *Mamíferos de Venezuela*. Sociedad Conservacionista Audubon. Caracas. 621 p.
- Longhurst, A. R. y D. Pauly. 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, London. 389 p.
- Lorenzen, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12:343-346.
- Lovegrove, T. 1966. The determination of dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained. p. 462-467. In: H. Barnes (ed.). *Some contemporary studies in marine science*, George Allen & Unwin, London, 716 p.
- Mahabir, D. 2005. *Whales Stranded in Trinidad: 1987-2004*. (Unpublished Report), Wildlife Section, Forestry Division, Ministry of Agriculture, Land and Marine Resources, Trinidad and Tobago. 2 p.
- Mann, R. 1982. The seasonal cycle of gonadal development in Arctic islandica from the southern New England shelf. *Fish. Bull. U.S.*, 80:315-326.
- Marcus, N. 2004. An overview of the impacts of eutrophication and chemical pollutants on copepods of the coastal zone. *Zool. Stud.*, 43(2):211-217.
- Marcussi, E., R.E. Soto y J.B. Font. 1996. *Tidal currents in the gulf of Paria (Venezuela) and their effect on the morphology of the bottom*. OMAE. Pipeline Technology. ASME. V:443-450. ▶

BIBLIOGRAFÍA

- Meade, R., F. Weibezahn, W. Lewis y D. Pérez-Hernández. 1990. Suspended-sediment budget for the Orinoco River. p: 55-79. En: Weibezahn, F., H. Álvarez y W. Lewis (ed.). *El río Orinoco como ecosistema*. Editorial Galac, S.A. Caracas. 430 p.
- Meade, R.H. 1985. *Suspended sediment in the Amazon River and its tributaries in Brazil during 1982-84*. U.U. Geological Survey Open-File Report 85-492. 39 p.
- Méndez, J. 2000. *Delta del Orinoco, Geología*. Boletín de Geología. Publicación especial N° 13. República Bolivariana de Venezuela. Instituto de Geología y Minería. INGEOMIN. Caracas. 127 p.
- Moigos, A. G. y J. Bonilla. 1985. La productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paria durante la estación de lluvia. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 24(1-2):163-175.
- Monente, J. 1993. El Mar de Venezuela II. Costa atlántica. Variables químicas. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 52(138):181-211.
- Montú, M. 1994. Northern Brazilian pelagic Amphipoda of Suborder Hyperidae (Crustacea). *Nauplius*. 2:131-132.
- Montú, M. 1998. Malacostraca-Peracarida. Amphipoda-Hyperidae. Chapter 6. p: 595-603. En: P. Young. *Catalogue of Crustacea of Brazil*, Série Livros. 717 p.
- Moser, H., W. Richards, D. Cohen, M. Fahay, A. Kendall y S. Richardson. 1984. *Ontogeny and systematic of fishes*. Amer. Soc. Ichthyol. Herpetolog. Special Publication 1. 350 p.
- Müller, H. G. 1992. Anthuridae of the genera *Amakusanthura*, *Cortezura* and *Mesanthura* from the Caribbean sea of Colombia (Crustacea: Isopoda). *Revue Suisse Zool.*, 99(1):31-79.
- Müller-Karger, F. E., C. R. McClain y T. R. Esaias. 1989. Pigment distribution in the Caribbean sea: observation from space. *Prog. Oceanogr.*, 23:23-64.
- Mullin, J. y J. Riley. 1955. The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Act.*, 12:162-170.
- Murphy, J. y J. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Act.*, 27:31-36.
- Neff, J.M. 1987. Biological effects of drilling fluids, drill cuttings and produced waters. p: 469-538. In: Boesch D. F. y N. N. Rabalais (ed.). *Long-term environmental effects of offshore oil and gas development*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Novoa, D., J. Mendoza, L. Marcano y J. Cárdenas. 1998. *Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela*. MAC-SARPA y VECEP. Caracas. 197 p.
- Ojasti, J. 2005. Fauna Terrestre. Informe Final. En: *Conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la Reserva de Biosfera y los Humedales del Delta del Orinoco* (RBDO). VEN/99/G31. MARN. GEF. PNUD. Informe no publicado.
- Paerl, H. W., R. A. Luettich y J. L. Pinckney. 2002. *Phytoplankton community. Structure as an indicator of coastal ecosystem health*. EPA STAR Grant Progress Report. E1EE-ACE INC.
- Parra, L. y J. Bolaños-Jiménez. 1998. Observations on the ecology, habitat affiliation and behavior of freshwater dolphins in the Orinoco River delta, States of Monagas and Delta Amacuro, Venezuela. *The World Marine Mammal Science Conference*. Monaco (Abstracts Book).
- Patin, S. 1999. *Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry*. EcoMonitor Publishing NY. <http://www.offshore-environment.com>.
- Pérez Hernández, D. y J. L. López. 1998. Algunos aspectos relevantes de la hidrología del río Orinoco. p: 88-98. En: López, J. L., I. Saavedra, M. Dubois (ed.). *El río Orinoco: Aprovechamiento sustentable*. Instituto de Mecánica de Fluidos. Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Pickering, H. y D. Wiltmarsh. 1978. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the attraction versus production debate, the influence of design and its significance for policy. *Fish. Res.*, 31:39-59.
- Poore, G. C. 1990. Families and genera of Isopoda Anthuridea. *Crustacean Issues*, 13:63-173.
- Pritchard, P. C. H. 1984. WATS II Report/data set. *Sea turtle aerial beach survey. Venezuela, Guyana, Suriname and French Guiana*. WATS2 001. Unpublished report for the Second Western Atlantic Turtle Symposium. Mayaguez, Puerto Rico. October 1987.
- Pritchard, P. C. H. y P. Trebbau. 1984. *The turtles of Venezuela*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. 468 p.
- Rakhersh, M., A. V. Raman y D. Sudarsan. 2006. Discriminating zooplankton assemblages in neritic and oceanic waters: A case for the northeast coast of India, Bay of Bengal. *Marine Envir. Res.*, 61:93-100.
- República de Venezuela. 1970. *Ley de Protección a la Fauna Silvestre*. Gaceta Oficial N° 29.289. 11/08/70.
- República de Venezuela. 1992. *Ley Penal del Ambiente*. Gaceta Oficial N° 4.358 Extraordinario. 03/01/92.
- República de Venezuela. 1996a. Decreto N° 1485. *Lista de animales vedados para la caza*. Gaceta Oficial N° 36.059. 7/10/96.
- República de Venezuela. 1996b. Decreto N° 1486. *Lista de animales en peligro de extinción*. Gaceta Oficial N° 36.062. 10/10/96.
- República Bolivariana de Venezuela. 2000. Decreto N° 5.469. *Ley de Diversidad Biológica*. Gaceta Oficial N° 5.468. Extraordinario. 24/05/00.
- República Bolivariana de Venezuela. 2001. Decreto N° 37.319. *Ley de Zonas Costeras*. Gaceta Oficial N° 37.319. 07/11/01.
- Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez. 1999. *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Segunda edición ampliada. Provita-Fundación Polar, Caracas. 472 p.
- Silva León, G. 2005. La cuenca del río Orinoco: visión hidrográfica y balance hídrico. *Rev. Geográfica Venezolana*, 46(1):75-108.
- Smith, D. L. 1977. *A guide to marine coastal plancton and marine invertebrate larvae*. First Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. United States of America. 161 p.
- Spiniello P. 1996. Las diatomeas marino-costeras de Venezuela. *Caribbean J. Sci.*, 32(4):331-347.
- Spiniello, P. y G. Pérez. 2005. Inventario de la flora planctónica en el frente Atlántico venezolano. p. 31-42. En: Gómez M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). *Frente Atlántico Venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias Ambientales*. Tomo I. Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) - Fondo Editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela. 176 p.
- Strickland, J. y T.R. Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167:1-130.
- Stuck, K. C., H. M. Perry y R. W. Heard. 1979. An annotated key to the Mysidacea of the North central Gulf of Mexico. *Gulf Research Reports*, 3(6):225-238.
- Suárez, E. y R. Gasca. 1989. Copépodos calanoides epipelágicos del Domo de Costa Rica (Junio-Agosto, 1982). *Ciencias Marinas*, 15:89-102.
- Swartz, S. L. y C. Burks. 2000. Cruise results: Windward humpback *Megaptera novaeangliae* survey. NOAA Ship Gordon Gunter, Cruise GU-00-01, 9 February to 3 April 2002. NOAA-NMFS-SEFSC Technical Memorandum. Miami. 438:1-31.
- Swartz, S. L., T. Cole, M. McDonald, J. Hildebrand, E. Oleson, A. Martinez, P. Clapham, J. Barlow y M. L. Jones. 2003. Visual and acoustic survey of humpback whale in the Eastern and Southeastern Caribbean Sea. *Caribbean Jour. Sci.*, 39(2):195-208.
- Todd, C. D. y M. S. Laverack. 1991. *Coastal marine zooplankton: A practical manual for students*. Cambridge University Press. 106 p.
- Tosiani, T., C. Yánes y A. Ramírez. 2005. Sedimentos recientes frente al delta del Orinoco, Venezuela. p: 53-61. En: Gómez, M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). *Frente Atlántico venezolano. Investigaciones geoambientales. Ciencias de la Tierra*. Tomo II. PDVSA-Fondo Editorial Fundambiente, Caracas. 159 p.
- Tregouboff, G. y M. Rose. 1957. *Manuel de planctologie Méditerranéenne*. Editions du Centre de la Recherche Scientifique. Paris. I y II. 590 p.
- Tréguer, P. y P. Le Corre. 1975. *Manuel d'analyse des sel nutritifs dans l'eau de mer. Utilisation de l'Auto-analyser II Technicon*, Lab. Océanog. Chim., Univ. Bretagne Occidentale, 2e édition, Brest. 110 p.
- Troncone, F. 1987. *Taxonomía y ecología del fitoplancton del Golfo de Paria*. Trabajo Especial de Grado. Licenciatura en Biología. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- UICN. 2004. *IUCN Red List of Threatened Species*. (www.redlist.org).
- UNESCO. 1981a. *Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978*. UNESCO Technical Papers in Marine Science, N° 37. 144 p.
- UNESCO. 1981b. *Tenth report of the joint paper on oceanographic tables and standards*. UNESCO Technical Paper in Marine Science. 36 p.
- Urosa, L. y T. Rao. 1974. Distribución de quetognatos y biomasa del zooplancton, durante julio y agosto de 1968 *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13(1-2):53-66.
- USEPA. 1999. *Oil Program Update*. 2(4):12. <http://www.epa.gov/oilspill/pdfs/epaupd8.pdf>
- Valderrama, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, 10:109-122.
- Vinogradov, M. E., A. F. Volkov y T. N. Semenova. 1996. *Hyperiid amphipods (Amphipoda: Hyperidea) of the world oceans*. Translation of: Amphipody-Gipeiriidy (Amphipoda, Hyperidea) mirovogoo okeana. Opredelite po faune SSSR N°. 132. Smithsonian Institution Libraries. Washington, D.C. 632 p.
- Wills, J. 2000. *Muddied waters: A survey of offshore oilfield drilling wastes and disposal techniques to reduce the ecological impact of sea dumping*. Ekologicheskaya Vahkta Sakhalina (Sakhalin Environment Watch). 139 p.
- Wood, E., F. Armstrong y F. Richards. 1976. Determination of nitrate in sea water by cadmium copper reduction nitrite. *Jour. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 47:23-31.
- Yánes, C. 1999. *Estudio geoambiental del delta del Orinoco: aspectos geoquímicos*. Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Central de Venezuela-Petróleos de Venezuela, S.A. Informe Técnico. 168 p.
- Yánes, C., A. Ramírez y T. Tosiani. 2005. Distribución de metales pesados en los sedimentos superficiales marinos frente al delta del Orinoco, Venezuela. p: 102-112. En: Gómez M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). *Frente Atlántico Venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias de La Tierra*. Tomo II. Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) - Fondo Editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela. 159 p.
- Zoppi E. y M. Palacios-Cáceres. 2005. *Evaluación preliminar de la comunidad zooplanctónica del Frente Atlántico de Venezuela*. p: 127-140. En: Gómez, M. G., M. Capaldo, C. Yánes y A. Martín (ed.). *Frente Atlántico Venezolano. Investigaciones Geoambientales: Ciencias Ambientales*. Tomo I. Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) - Fondo Editorial Fundambiente. Caracas, Venezuela. 176 p.
- Zoppi, E., Y. J. Díaz, B. Marín y B. Márquez. 2006. Caracterización y análisis espacio-temporal de la comunidad zooplanctónica en la Línea Base Plataforma Deltana. p: 372-439. En: Martín, A. y A. Riera (ed.). *Estudio de Línea base Ambiental en la plataforma Deltana*. Informe Técnico Final. PDVSA/Fundambiente-USB/Intecmar. Caracas. xviii + 813 p. ■

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

Definición de convenciones y tratados

Convención de Diversidad Biológica (CBD)	Convención internacional establecida en 1992 durante la Conferencia Unced. Tiene como objetivo central la protección de la biodiversidad. Los temas principales son: conservación, uso sostenible e igualdad en la repartición de los beneficios de la biodiversidad (ELS, 2001; Kappelle, 2005).
Convención de Especies Migratorias y Animales Silvestres (CMS)	Convención internacional establecida en 1973 bajo los auspicios de la ONU con el objetivo de proteger las especies migratorias y animales silvestres. Por ejemplo, las aves migratorias que se movilizan anualmente entre zonas templadas y tropicales (Heywood y Watson, 1995; Kappelle, 2005).
Convención de Humedales (Ramsar)	Convención internacional establecida en 1971, conocida como Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán. Brinda las bases para la cooperación internacional en lo relativo a la conservación del hábitat de los humedales (Bravo y Windevoxhel, 1997).
Convención de Patrimonio Mundial (WHC)	Convención internacional establecida en 1972 bajo los auspicios de la ONU con el objetivo de proteger aquellos sitios naturales y culturales que se consideren patrimonio de la humanidad a escala mundial (Heywood y Watson, 1995).
Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático (Unfccc)	Convención internacional bajo los auspicios de la ONU. Trata de lograr la estabilización de las concentraciones de los gases que producen el efecto de invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático (Consejo de la Tierra, 1993).
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (Cites)	Convención internacional establecida en 1979 bajo los auspicios de la ONU que funciona con base en sus cuatro apéndices, estableciendo diferentes restricciones de comercio para las especies inscritas en los apéndices I, II y III. Las especies en el apéndice I son las que tienen mayores restricciones.
Estrategia Mundial para la Conservación (EMC)	Sistema mundial de conservación con desarrollo. Acuñado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) en 1980 (Mata y Quevedo, 1998).
Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB)	Instrumento político que identifica las necesidades estratégicas para la conservación efectiva de la biodiversidad a nivel nacional en un país dado (Heywood y Watson, 1995).

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

Listado de abreviaciones

ADCP	Sonda para medir el perfil acústico de corriente (por sus siglas en inglés: Acoustic Doppler Currents Profiler)
ANOSIM	Análisis estadístico de índices de similitud
AOU	Utilización aparente de oxígeno (por sus siglas en inglés: Apparent Oxygen Utilization)
Bot	Botella
Chl_a	Clorofila_a
CO₂	Dióxido de carbono
COD	Carbono orgánico disuelto
CPUE	Captura por unidad de esfuerzo
CTD	Sonda para la medición de conductividad, temperatura y profundidad (por sus siglas en inglés: Conductivity-Temperature-Depth)
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DOM	Materia orgánica disuelta (por sus siglas en inglés: Dissolved Organic Matter)
DQO	Demanda química de oxígeno
Eh	Potencial de óxido-reducción
g	Gramos
GNL	Gas natural licuado
GPS	Sistema de posicionamiento global (por sus siglas en inglés: Global Position System)
ind/m²	Densidad de individuos por metro cuadrado
ind/m³	Densidad de individuos por metro cúbico
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km²	Kilómetro cuadrado
L	Litros
LDM	Límite de detección del método
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
MES	Materia en suspensión
mg	Miligramos
min	Minutos
ml	Mililitros
mmpcd	Miles de millones de pies cúbicos por día

MODC	Materia orgánica coloreada disuelta (por sus siglas en inglés: Dissolved Organic Colored Matter)
MP	Muestra pérdida accidentalmente
mS	Microsim
mV	Milivoltios
ND	No determinado
NO₂	Nitritos
NO₃	Nitratos
NO_x	Óxidos de nitrógeno
NT	Nitrógeno total
O₂	Oxígeno
PAH's	Hidrocarburos aromáticos policíclicos. Familia de los compuestos de hidrocarburos poliaromáticos de petróleo (por sus siglas en inglés: Poliaromatic Hydrocarbons)
PO₄	Fosfatos
ppb	Partes por millón
ppm	Partes por mil
psu	Escala práctica de unidades (por sus siglas en inglés: Practical Scale Unit)
PT	Fósforo total
s	Segundos
SBE	Marca del CTD (por sus siglas en inglés: Sea Bird Electronic's)
Si(OH)₄	Silicatos
SIG	Sistema de información geográfica
SUW	Agua subtropical atlántica (por sus siglas en inglés: Subtropical Under Water)
TPH	Hidrocarburos totales de petróleo (por sus siglas en inglés: Total Hydrocarbons Petroleum)
UTM	Sistema universal de coordenadas métricas transversales (por sus siglas en inglés: Universal Transversal Mercator)
ΔT	Diferencial de temperatura
°C	Grados centígrados
μg	Microgramos
μm	Micras

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

Significado de acrónimos

ABSG	American Bureau of Shipping Group
Camudoca	Consultora Ambiental de la Universidad de Oriente C.A.
Edimar	Estación de Investigaciones Marinas de la Fundación la Salle
Flasa	Fundación La Salle de Ciencias Naturales
Funindes	Fundación de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar
ICT	Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad Central de Venezuela
IMF	Instituto de Mecánica de Fluidos de la Universidad Central de Venezuela
Inapesca	Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura
Intecmar	Instituto de Tecnología y Ciencias Marinas
Intevep	Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo
IOV	Instituto Oceanográfico de Venezuela
IZT	Instituto de Zoología Tropical de la Universidad Central de Venezuela
LBAPD	Línea Base Ambiental Plataforma Deltana
LPFS	Ley de Protección de la Fauna Silvestre
LUZ	Universidad del Zulia
MARN	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MinAmb	Ministerio del Poder Popular para el Ambiente
NIVA	Norsk Institutt for Vannforskning
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PDVSA	Petróleos de Venezuela S. A.
Sea Vida	Sociedad Ecológica Venezolana Vida Marina
Seawifs	Sea Wide Fields of View Sensor
UC	Universidad de Carabobo
UCV	Universidad Central de Venezuela
UDO	Universidad de Oriente
UGA	Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Simón Bolívar
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
Unesco	United Nations of Ecosystem Conservations
USB	Universidad Simón Bolívar
Usepa	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (por su siglas en Inglés: United States Environmental Protection Agency)
Widecast	Red de Conservación de Tortugas Marinas en el Gran Caribe

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Abiótico** Sin vida. Relativo a lo no vivo. Componente, estructura, formación, elemento... inerte (Parra, 1984). | Se aplica a los factores ambientales que no están asociados a la actividad de los seres vivos (físicos, químicos y geológicos); se dice del medio en el que no es posible la vida (Luque y Templado, 2004).
- **Abisal** Relativo a las profundidades marinas más allá de los 1.000 m bajo el nivel de mar (Sarmiento, 2000).
- **Abundancia** Gran cantidad. Número relativo de individuos de cada especie que componen una asociación (Parra, 1984; Seoáñez, 1999). | Valor absoluto o relativo del número de individuos de una especie en una muestra o área. El valor relativo puede estar referido al total de individuos de la muestra o del área y se expresa generalmente como un porcentaje (Luque y Templado, 2004).
- **Adulto** Se refiere a un organismo que se encuentra en una fase de desarrollo en la cual es capaz de reproducirse (Kappelle, 2005).
- **Afloramiento** Estrato, filón o masa mineral que sobresale de la superficie de un terreno (Parra, 1984). | En Oceanografía: zona en la que ascienden a la superficie aguas profundas ricas en nutrientes y, por ello, de elevada productividad biológica (Luque y Templado, 2004).
- **Alcalinidad** Concentración de iones hidroxilo producto de la simple disociación de hidróxidos neutros o la hidrólisis de sales de ácido. Acido débil y base fuerte. Tiene las propiedades de una base con un pH mayor de 7 (Seoáñez, 1999; EPA, 2001).
- **Alevín** Cría o fase juvenil de un pez (Luque y Templado, 2004).
- **Alóctono** De origen foráneo. | En el caso de organismo: que proviene de otra zona biogeográfica (Mata y Quevedo, 1998).
- **Ambiente** Medio. Medio ambiente. Conjunto de factores externos a un organismo. Lo constituyen el biotopo en el cual se ubica y la biocenosis que lo circunda (Parra, 1984; Seoáñez, 1999).
- **Ambiente natural** Ambiente conformado por todo aquello que no ha sido creado ni modificado por el ser humano.
- **Análisis de componentes principales (ACP)** Se refiere a una técnica de tratamiento estadístico que permite condensar una serie de variables en un menor número sobre la base de sus correlaciones mutuas (Chuviaco, 1996).
- **Análisis de correspondencia** Método multivariable de ordenación a partir de una tabla de contingencia. Permite estudiar la afinidad entre las filas (o columnas) de una tabla de contingencia, así como la correspondencia existente entre filas y columnas de la dicha tabla (Ramírez y González, 2005).
- **Anélidos (Phylum Annelida)** Animales vermiformes (forma de gusano) metaméricos (segmentados), con una cutícula generalmente provista de sedas quitinosas; son principalmente marinos, pero también hay especies de agua dulce, terrestres o parásitas, agrupadas en tres clases: Poliquetos, Oligoquetos e Hirudíneos (sanguijuelas) (Luque y Templado, 2004).
- **Anfípodos (orden Amphipoda)** Orden perteneciente al superorden Peracarida del subfilo Crustáceos. Organismos acuáticos de pequeño tamaño; son casi todos marinos, tienen el cuerpo comprimido lateralmente, sin caparazón, y el abdomen encorvado hacia abajo, antenas largas, siete pares de patas torácicas locomotoras, y seis pares de extremidades abdominales dispuestas en dos series de tres; las posteriores están adaptadas para saltar, como en la pulga de mar (Luque y Templado, 2004).
- **Antozoario (clase Anthozoa)** Clase del filo Cnidaria, que comprende a los corales, anémonas de mar y gorgonias, entre otros, y que carecen de la fase de medusa; la fase pólipo tiene una cavidad gastrovascular dividida por tabiques, y los pólipos pueden ser solitarios (anémonas de mar) o coloniales (corales, gorgonias) (Luque y Templado, 2004). | Clase de celéntereos con grandes pólipos y sin etapa de medusa. Incluye los corales.
- **Antropogénico** Que es de origen o provocado por la acción humana (Lund, 1999; Seoáñez, 1999).
- **Arcilla** Componente del suelo constituido por partículas minerales con un diámetro menor a 0,002 mm. Suelo que contiene por lo menos un 30% de su peso en partículas de arcilla (Osborne, 2000).
- **Arena** Suelo compuesto de partículas minerales de 0,05 a 2 mm de diámetro. Suelo que contiene por lo menos un 80% de su peso en partículas de arena (Osborne, 2000).
- **Artrópodos (Phylum Arthropoda)** Animales marinos y terrestres caracterizados por poseer un esqueleto externo (cutícula quitinosa) constituido por muchos segmentos articulados que cubren todo el cuerpo y las patas. Incluye a crustáceos, insectos y arácnidos. Es el más grande de todos los filos animales, conteniendo más de tres veces el número de todos los otros combinados (Valerio, 1998; WRI, 1992).
- **Ascidia (clase Ascidiacea)** Nombre común con el que se le denomina a los animales de la clase Ascidiacea, del subphylum Urocordados o Tunicados; son sésiles en estado adulto, y pueden ser solitarias o coloniales (compuestas); las especies solitarias presentan dos sifones (oral o inhalante y atrial o exhalante, con igual orientación (Luque y Templado, 2004).
- **Asteroideos (clase Asteroidea)** Clase perteneciente al filo Echinodermata. Cuerpo en forma de estrella con un disco central y brazos proyectados simétricamente, típicamente con 5 brazos, pero pueden tener hasta 50. Nombre común: estrellas de mar.
- **Autóctono(a)** Biología. Organismo que aparece y vive de forma natural en un área determinada. Ecología. Organismo producido dentro de un determinado hábitat o sistema (Morris, 1996; Seoáñez, 1999).
- **Ave acuática** Ave que ecológicamente depende de las zonas de humedal (Amador, 1998).
- **Ave común** Ave que se puede observar con facilidad porque es muy abundante en un lugar (Aguilar, 2001).
- **Ave de rapiña** Ave carnívora que tiene el pico y las uñas muy fuertes, encorvados y puntiagudos. Por ejemplo, el águila, el búho y el zopilote (Maldonado y col., 1997).
- **Ave marina** Ave que ecológicamente depende de las zonas marinas (Kappelle, 2005).
- **Ave migratoria** Ave que se desplaza periódicamente de una zona a otra, dependiendo de la estación climática o de la disponibilidad de nutrientes. Ver migración latitudinal, longitudinal y altitudinal (Kappelle, 2005).
- **Ave nidícola** Ave que nace en un estadio poco desarrollado que la hace permanecer en el nido por un tiempo, ya que requiere del cuidado parental para desarrollarse. Comparar con ave nidífuga (Sarmiento, 2000).
- **Ave nidífuga** Ave que nace en un estadio avanzado de desarrollo que la hace abandonar el nido rápidamente, ya que no requiere del cuidado parental para desarrollarse. Comparar con ave nidícola (Sarmiento, 2000).
- **Avifauna** Conjunto de todas las aves que se encuentran en un área determinada (WRI, 1992).
- **Base de datos** Conjunto organizado e integrado de datos almacenados en computadora, con el fin de facilitar su uso para aplicaciones con múltiples propósitos (Berroterán, 2004).
- **Batimetría** Estudio de las profundidades oceánicas mediante el trazado de mapas de isobatas, así como de la distribución de animales y vegetales marinos en sus zonas isobáticas (Luque y Templado, 2004).
- **Batipelágico** Se refiere a la zona del océano comprendida entre los 1.000 y los 4.000 m bajo el nivel del mar. No incluye el suelo marino (Archibold, 1995).
- **Beam Trawl** Red de arrastre utilizada para captación de los organismos del bentos.
- **Bentónico** Adjetivo que significa asociado a o en el fondo del mar. Los organismos bentónicos (bentos) incluyen aquellos que se encuentran adheridos al fondo (epifauna sésil), organismos capaces de moverse por el fondo (epifauna móvil) y organismos que viven en los sedimentos (infauna).
- **Bentos (todas sus distinciones)**
 - **megabentos:** organismos mayores de 2,5 cm.
 - **macrobentos:** organismos entre 0,5 mm y 2,5 cm.
 - **meiobentos:** organismos entre 0,065 y 0,5 mm.
 - **microbentos:** organismos menores a 0,065 mm.
- **Bioacumulación / Bioconcentración** Acumulación paulatina de compuestos o elementos químicos contaminantes en los seres vivos y que usualmente interfieren con funciones o procesos vitales. En muchos casos pueden producir incapacidad física, esterilidad o la muerte. Este proceso es más acentuado en especies depredadoras y carroñeras, y en ese caso en particular se denomina biomagnificación (Berroterán, 2004).
- **Biocenosis** Comunidad de vida o asociación biológica de especies en un ecosistema (Mata y Quevedo, 1998). | Conjunto de organismos animales o vegetales, que conviven en un determinado biotopo y tienen claras relaciones de interdependencia, especialmente tróficas (Luque y Templado, 2004).
- **Biodiversidad** Apócope de Diversidad Biológica. Es la variedad de la vida en cada nivel de la complejidad y a distintas escalas espaciales. Comprende los genes dentro de las poblaciones, las poblaciones dentro de las especies, las especies dentro de las comunidades o ecosistemas, y los ecosistemas y paisajes de la biosfera (Berroterán, 2004).
- **Biogénico** Que es de origen biológico (Archibold, 1995).
- **Bioindicador** Especie que responde a condiciones ambientales específicas, por lo que es utilizada como indicador del estado de salud del ambiente (Kappelle, 2005).
- **Biomasa** Masa correspondiente a toda la materia orgánica de una zona determinada. Peso total de toda la sustancia viviente en un hábitat particular o en un área definida (Mata y Quevedo, 1998). | Materia total de los seres vivos que viven en un lugar determinado; suele medirse en gramos de peso seco (el peso de la materia viva, una vez deshidratada) o de carbono, por unidad de superficie (generalmente, por m²) o volumen (generalmente, por m³) (Luque y Templado, 2004).
- **Biota** Conjunto de todos los organismos, incluyendo animales, plantas, hongos y microorganismos, que se encuentran en un área determinada (WRI, 1992).
- **Biótico** Viviente. Se refiere a cualquier aspecto de la vida, especialmente a las características de poblaciones enteras o ecosistemas (WRI, 1992). | Característicos de los seres vivos o que se refiere a ellos; perteneciente o relativo a la biota (Luque y Templado, 2004).
- **Bivalvos (clase Bivalvia)** Clase de phylum Mollusca caracterizada por poseer una concha formada por dos valvas laterales articuladas que cubren total, o casi totalmente, el cuerpo; comprende almejas, ostras, vieiras, etc. | Molluscos desprovistos de cabeza, con simetría bilateral y forma ovalada, encerrados en una concha formada por dos valvas. Por ejemplo, almejas, mejillones, ostras.
- **Botella Van Dorn** Equipo para la captación de muestras de agua a distintas profundidades.
- **Cadena alimentaria / Cadena trófica** Serie o sucesión de organismos, cada uno de los cuales se come o degrada al precedente (Miller, 1994). | Sucesión de seres vivos en los que siempre el precedente es comido por el posterior. El primer eslabón suele ser un vegetal que sirve de alimento a un herbívoro o consumidor primario carnívoro (u omnívoro que tuviera carne en su dieta). Los siguientes son el consumidor secundario, terciario y, raramente, cuaternario.
- **Calidad de agua** Se define como: (1) un conjunto de concentraciones, especiaciones, y particiones físicas de sustancias orgánicas o inorgánicas; o (2) composición y estado de la biota acuática de un cuerpo de agua. La calidad del ambiente acuático muestra variaciones temporales y espaciales debido a factores interno y externos al cuerpo de agua (Meybeck y Helmer, 1992).
- **Caprelidos (suborden Caprellidea)** Suborden perteneciente al orden Amphipoda. Organismos de tamaño pequeño, cuerpo largo y esbelto, con la cabeza fusionada al segundo segmento torácico, y abdomen bastante reducido. Especies marinas denominados camarones esqueleto.
- **Carbono inorgánico** Carbono de origen no biótico. Opuesto de carbono orgánico (Kappelle, 2005).
- **Carbono orgánico** Constituyente principal del esqueleto o estructura de los compuestos orgánicos y las biomoléculas. Guarda en sus enlaces químicos la energía que se ha de liberar en las células de los organismos por medio del catabolismo (Mata y Quevedo, 1998).
- **Carnívoro** Animales que se alimentan de otros animales.
- **Cetáceos** Grupo de especies de mamíferos que incluye a las ballenas, marsopas y delfines (Valerio, 1998).
- **Clase taxonómica** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subclases similares. Se ubica justamente por debajo del subfilo (o la subdivisión). Por ejemplo, Clase Mammalia (mamíferos), Clase Insecta (insectos), Clase Arachnida (arácnidos) (Kappelle, 2005).
- **Clorofila** Pigmentos que median en la fotosíntesis, incluyendo clorofila a, b, c, d, y e, bacterioclorofila, y clorofila clorobium. También se define como una mezcla de clorofila_a (azul oscuro) y clorofila_b (amarillo verdosa) presente en las células de las algas verde-azules y embebidas en los cloroplastos de las algas verdes y plantas superiores.
- **Clorofila_a** Pigmento que media en la fotosíntesis. Es común a las cianobacterias, todos los protistas y las plantas.
- **Cnidarios (Phylum Cnidaria)** Filo de animales de simetría radial, con una cavidad interna (cavidad gastrovascular) en forma de saco y tentáculos provistos de células urticantes; son casi exclusivamente marinos, y pueden ser solitarios o coloniales, de vida planctónica (medusas) o bentónica, sésiles (pólipos como las actinias, anémonas de mar, y corales); en el ciclo de vida de muchas especies alternan una generación o fase de pólipo y una de medusa; antiguamente, este filo se denominaba Celentéreos (Luque y Templado, 2004).
- **Comunidad** Conjunto de poblaciones de especies que viven en una zona geográfica-ecológica determinada (Kappelle, 2005). | Conjunto de especies animales y vegetales que conviven en un determinado biotopo y que se supone que tienen entre ellas relaciones de interdependencia, principalmente tróficas; este término se sustituye con frecuencia por biocenosis, sobre todo cuando la interdependencia de las especies es claramente demostrable. También se aplica a cada uno de los conjuntos de taxones de un mismo grupo que componen parte de la comunidad (taxocenosis) (Luque y Templado, 2004). ▶

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Concentración** Cantidad de una sustancia química en un volumen o peso particular de aire, suelo u otro medio (Miller, 1994).
- **Coordenada** Cantidad lineal en dos dimensiones que indica la posición que un punto espacial ocupa sobre una superficie geográfica (usualmente la Tierra) en relación con un sistema de referencia geográfica (Kappelle, 2005).
- **Copépodos (orden Copepoda)** Orden de pequeños crustáceos; son marinos o de agua dulce, y son el grupo predominante en el plancton, aunque hay numerosas especies bentónicas o parásitas (Luque y Templado, 2004).
- **Corriente** Movimiento del agua que resulta en el transporte horizontal de las masas de agua (Chiappone, 2001).
- **Cosmopolita** Que está distribuida por todo el mundo (Ramírez y González, 2005).
- **Cría** Cada uno de los hijos que se tienen en un parto o que nacen de los huevos de una puesta (INBio, en prensa).
- **Criadero** Lugar destinado a la cría de animales (Maldonado y col., 1997).
- **Crinoideo (clase Crinoidea)** Clase perteneciente al filo Echinodermata, sésiles o móviles. Nombre común: lirios de mar.
- **Crustacea (Subphylum Crustácea)** Subfilo de los Artrópodos con dos pares de antenas, un par de mandíbulas, y un número variable de apéndices modificados para diferentes funciones; son principalmente marinos, pero hay numerosas especies de agua dulce, y algunas terrestres (Luque y Templado, 2004).
- **Decalina / Decahidronaftaleno** Hidrocarburo bicíclico de fórmula C₁₀H₁₈ conformado por la "unión" de dos anillos ciclohexano. Existen dos isómeros, la cis-decalina y la trans-decalina (Norman, 1968).
- **Decalinos** Hidrocarburos en los cuales la estructura "madre" es la decalina. Generalmente se obtienen por la inclusión de grupos alquílicos sobre la decalina (Norman, 1968).
- **Decápodo (orden Decapoda)** Orden de crustáceos marinos, de agua dulce o terrestres que se caracterizan por poseer cinco pares de patas torácicas y un caparazón que recubre por completo el tórax: ejemplo los cangrejos, camarones y langostas (Luque y Templado, 2004).
- **Demanda biológica de oxígeno (DBO)** Medida de la cantidad de oxígeno consumido por organismos vivientes (principalmente bacterias) al utilizar la materia orgánica, comúnmente expresada en miligramos por litro (mg/L) (Chiappone, 2001).
- **Demersal** Dicese de un organismo que nada en la columna de agua, pero cerca al fondo, al que se aproxima para alimentarse (Luque y Templado, 2004).
- **Densidad** Masa por unidad de volumen. Número de organismos en un área o volumen definido (Osborne, 2000).
- **Densidad de población** Relación existente entre el número de individuos de una especie dada y la superficie del lugar que ocupan (Parra, 1984).
- **Desarrollo** Proceso de transformación social caracterizado por una expansión de su capacidad productiva (ingreso por persona), cambios en la estructura de clases, grupos y su correspondiente organización social, transformaciones positivas a nivel cultural y de valores, modificaciones en las estructuras políticas y de poder..., todo lo cual conduce al mejoramiento de la calidad de vida de sus integrantes (Mata y Quevedo, 1998).
- **Desarrollo biológico** Propiedad de un sistema viviente determinada por el conjunto de fenómenos que conducen al crecimiento y maduración de un organismo hasta alcanzar su estado más apto para reproducirse (Sarmiento, 2000).
- **Desarrollo embrionario** Embriogénesis. Proceso durante el cual no se presenta una fase larvaria. Al producirse la eclosión el cuerpo del individuo juvenil tiene la forma adulta (Caraballo, 1995).
- **Desarrollo sostenible** Desarrollo que satisface las necesidades y aspiraciones de la actual generación sin que se comprometa la potencialidad de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones (WRI, 1992).
- **Desarrollo sostenido** Desarrollo sostenible que puede permanecer en ese nivel indefinidamente gracias a insumos y a otras estrategias políticas que lo sostienen desde fuera del sistema (Sarmiento, 2000).
- **Descomponedor(a)** Organismo (bacterias, hongos) que transforman la materia orgánica muerta en inorgánica (Luque y Templado, 2004).
- **Desovar** Depositar los huevos al ambiente. Se aplica a las hembras de peces, anfibios y reptiles (Aguilar, 2001).
- **Desove** Ovoposición. Proceso de depositar los huevos en su nido, aplicado generalmente a los peces y anfibios ovíparos que liberan sus huevos en grandes cantidades (Sarmiento, 2000).
- **Detritico(a)** Formado por detritos o restos de organismos (Luque y Templado, 2004).
- **Detritívoro(a)** Organismo que se alimenta de detritos (Luque y Templado, 2004).
- **Detrito** Fragmentos de una estructura; restos desmenuzados de organismos muertos (Luque y Templado, 2004). | Residuo (material muerto) orgánico y mineral producido por la descomposición de plantas o animales (Mata y Quevedo, 1998).
- **Diagrama TS** Gráfico en el que se representa la temperatura en función de la salinidad.
- **Diatomea** Nombre común de los protistas unicelulares de la división Bacillariophyta (Bacillariophyta), que viven en el mar, en el agua dulce o en la tierra, y que tienen un caparazón silíceo en forma de caja (frústulo), formado por dos valvas de tamaño desigual; se consideran comúnmente como algas (Luque y Templado, 2004).
- **Digitalización** Actividad relacionada al dibujo de líneas geográficas que generalmente representan límites entre unidades de mapeo (polígonos) mediante el uso de una computadora equipada con un GIS (Kappelle y col., 2003).
- **Dinoflagelado (división Dinoflagellata)** División de los protistas unicelulares móviles provistos de dos flagelos; son mayoritariamente marinos, pero hay especies de agua dulce; se consideran comúnmente como algas, ya que la inmensa mayoría son autótrofos fotosintéticos, aunque hay algunos heterótrofos que se alimentan de otros organismos, o son simbioses, parásitos o epífitos (Luque y Templado, 2004).
- **Dispersión espacial** Patrón de distribución de una población. Muchas veces se clasifica en tres tipos: al azar, agregado o regular (Osborne, 2000).
- **Distance** Método estadístico utilizado para el diseño de estudios y evaluación poblacional de especies silvestres, desarrollado por investigadores de la "Unidad de Investigación para la evaluación poblacional de fauna silvestre" de la Universidad de St. Andrews, Escocia (Buckland y col., 2001).
- **Distribución poblacional** Patrón de espaciamiento de los individuos en una población. Es una propiedad de las comunidades en las cuales sus especies individuales y poblaciones ocupan el área geográfica de acuerdo a una pauta preestablecida. Existen tres tipos: al azar, uniforme y amontonada (Sarmiento, 2000).
- **Diversidad** Variedad de las especies de una comunidad o área geográfica; en ecología, la diversidad se estima mediante el uso de índices de diversidad, en los que se tiene en cuenta tanto el número total de especies como la frecuencia de individuos de las distintas especies (Luque y Templado, 2004). | Atributo de una comunidad, reflejo del número de especies y la equidad en la abundancia de la misma. Es una medida de la variedad de especies o taxones que conforman una comunidad tomando en cuenta la abundancia de cada uno de ellos. | Algunos índices más usados son: Shannon-Wiener, Simpson, Número de Hill.
- **Diversidad biológica** Variabilidad entre los organismos vivientes de toda procedencia, incluidos inter alia, los terrestres y los acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte. Esto incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y de los ecosistemas (Convención de la Diversidad Biológica, 1992).
- **Draga Van Veen (modelo 214WB270)** Draga de área de 0,19m², empleada para la toma de muestras de sedimentos, macro y meiofauna desde el buque oceanográfico.
- **Ecología de comunidades** Ciencia ecológica que se encarga del estudio de las comunidades en un nivel jerárquico mayor al de población pero menor al de paisaje. Las diferentes especies que forman las comunidades interactúan en simbiosis, competición, relaciones alimenticias y dinámica sucesional, que son las típicas áreas de estudio de esta ciencia (Sarmiento, 2000).
- **Ecología de poblaciones** Ciencia ecológica que se encarga del estudio de las poblaciones formadas por individuos de la misma especie en un nivel jerárquico mayor al de gremio o deme, pero menor al de comunidad (Sarmiento, 2000).
- **Ecología** Estudio científico de las interacciones bióticas y abióticas que determinan la distribución y la abundancia de los organismos dentro de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Kappelle, 2005).
- **Ecorregión** Área de tierra y/o agua relativamente extensa. Contiene agrupaciones geográficamente distintas de comunidades naturales que comparten entre sí la gran mayoría de sus especies, así como las dinámicas y condiciones ambientales y que funcionan efectivamente en conjunto como una unidad de conservación a escalas global y continental (Parrish, 2000).
- **Ecosistema** Complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y el ambiente abiótico con el que interactúan y forman una unidad funcional. Comunidad o tipo de vegetación, entendiendo comunidad como un ensamblaje de poblaciones de especies que ocurren juntas en espacio y tiempo (Convención de la Diversidad Biológica, 1992; Finegan, 2000).
- **Ecotoxicología** Nueva división de la toxicología que estudia los efectos tóxicos de algunas sustancias químicas xenobióticas persistentes en diferentes puntos de un ecosistema (Mata y Quevedo, 1998).
- **Edad reproductiva** Edad de un organismo en la cual la mayoría de sus individuos procrean a todos sus descendientes (Kappelle, 2005).
- **Endémico** Organismo o ecosistema que está restringido a una región específica (MINAE, 2000).
- **Endofauna** Grupo de animales que se encuentran debajo de un sustrato. Por ejemplo, los que viven en el lodo del fondo bentónico blando (Sarmiento, 2000).
- **Epibentónico** Se aplica a las especies bentónicas que viven sobre el fondo del mar, sin enterrarse o perforar en él (Luque y Templado, 2004).
- **Epifauna** Fauna que vive sobre la superficie de un sustrato, o fija al mismo (Luque y Templado, 2004).
- **Equinodermos (Phylum Echinodermata)** Filo de animales exclusivamente marinos de simetría radial o secundariamente bilateral, con un esqueleto dérmico calcáreo formado por gránulos o, más frecuentemente por placas calcáreas a menudo provistas de espinas (Luque y Templado, 2004). | Animales invertebrados marinos de vida libre. Los adultos presentan simetría corporal pentamérica (Cinco partes alrededor de un eje central). Bajo la piel, poseen un esqueleto calcáreo que emite espinas y protuberancias. Disponen de un sistema acuífero interno, conectado con un sistema externo de pies ambulacrales contráctiles que les permite desplazarse. Comprenden los erizos (equinoideos), estrellas (asteroideos), estrellas quebradizas (ofiuroides), pepinos (holoturoideos) y crinoideos.
- **Equinoideos (clase Echinoidea)** Clase perteneciente al filo Echinodermata, con paredes corporales rígidas y largas espinas. Incluye a los erizos de mar y lochas de mar.
- **Escala de Beauford** Escala ideada en 1806 por el almirante británico Sir Francis Beaufort para expresar la fuerza del viento. Va desde la calma (0 a 0,2 m por segundo) hasta el huracán (más de 56,1 m por segundo). | Escala de la fuerza del viento, medida desde 0 (calma) hasta 12 (viento con fuerza de huracán) (Cardin, 2000).
- **Especie (Sp.)** Estrictamente, en su definición biológica, conjunto de organismos capaces de reproducirse entre ellos. Unidad fundamental de la biodiversidad. Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subespecies similares y que está justamente por debajo de la subsección. La riqueza de especies es una de las medidas más utilizadas para cuantificar la biodiversidad en un lugar dado (Kappelle, 2005). | **Concepto biológico de especie.** Organismos que forman grupos de poblaciones naturales que se aparean únicamente entre sí (aislados reproductivamente) (ELS, 2001). | **Concepto ecológico de especie.** Linaje que ocupa una zona adaptiva, mínimamente diferente de cualquier otro linaje en su área de distribución y que evoluciona separadamente de los linajes que se desarrollan fuera de esta (ELS, 2001). | **Concepto morfológico de especie.** Organismos con características físicas similares (TREE, 2001).
- **Estación lluviosa** Período durante el cual se presentan meses húmedos con una alta precipitación vertical (Kappelle, 2005).
- **Estación seca** Período durante el cual se presentan meses secos (Valerio, 1998). Meses en los cuales la precipitación media anual es menor que el 50% de la evapotranspiración potencial (ETP) anual (Herrera y Gómez, 1993).
- **Estadio** Etapa o fase de un proceso de desarrollo o transformación (DRAE.com). | Llapso entre mudas sucesivas en las etapas de desarrollo o transformación.
- **Estratificación** Estructuración de una masa en varias capas verticales. Generalmente observada en masas de agua, vegetación, suelo y aire (Kappelle, 2005).
- **Estrato** Capa de un tipo o de un ecosistema. | **Estrato definido:** Capa de un tipo o de un ecosistema que se distingue bien de otra capa mediante un cambio abrupto en la estructura vertical. | **Estrato difuso:** Capa de un tipo o de un ecosistema que no se distingue bien de otra capa. | **Estrato dominante:** Capa de un tipo o de un ecosistema que domina en cobertura sobre las demás capas.
- **Estuarino** Cuerpo de aguas continentales que por razones topográficas, geológicas o geográficas se une a una contraparte de aguas marinas, por lo que presenta un gradiente de salinidad decreciente hacia el interior (Gómez, 1984). | Sistema costero parcialmente cerrado donde se mezclan las aguas dulces y saladas; se define comúnmente por una salinidad variable menor que la promedio del agua de mar (< 35‰).

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Eufásidos (orden Euphasidea)** Orden perteneciente a la clase Malacostraca del subfilo Crustacea. Organismos pelágicos con aspecto de camarón de unos 3 cm de largo, marinos, con caparazón. Son conocidos como krill.
- **Eurihalino** Organismo que presenta una gran tolerancia hacia diferentes concentraciones de salinidad (Sarmiento, 2000).
- **Euritérmico** Organismo que tolera amplias variaciones de temperatura (Sarmiento, 2000).
- **Eutrofización (Eutrofización)** Cambios físicos, químicos y biológicos que tienen lugar después de que un lago, un estuario o una corriente fluvial de flujo lento reciben nutrimentos vegetales, en su mayor parte nitratos y fosfatos, por la erosión natural y los escurrimientos desde la cuenca circundante (Miller, 1994). | Acumulación y crecimiento acelerado de fitoplancton y/o algas bentónicas en cuerpos de agua (estuarios, zonas marinas litorales) a consecuencia del incremento del aporte de nutrientes (generalmente fósforo), usualmente asociado con actividades humanas. La definición de eutrofización crítica es usada cuando el flujo neto de nutrientes limitantes incorporados en la biomasa de las plantas es tal que la tasa de producción de materia orgánica nueva excede la tasa neta de suministro de oxígeno necesario para oxidarla (Mee, 1988).
- **Eutrófico** Derivado de la palabra griega que significa "bien nutrido"; describe una condición de excesivo crecimiento algal, frecuentemente vinculado al aporte antropogénico de nutrientes. Sin embargo, esto puede ser también un proceso natural, como es la formación a largo plazo de depósitos de turba y carbón (Chiappone, 2001).
- **Facie** El conjunto de sedimentos que pueden ser definidos y separados de otros por su geometría (disposición geográfica), litología (composición mineralógica y química), estructuras sedimentarias y fósiles asociados.
- **Factor abiótico** Factor no originado por lo vivo que determina patrones y procesos biológicos. Por ejemplo, la intensidad del viento y la frecuencia de fuego (Kappelle, 2005).
- **Factor ambiental** Generalmente se refiere a un factor abiótico (Kappelle, 2005).
- **Factor antropogénico** Factor originado por el ser humano que determina patrones y procesos biológicos. Por ejemplo, la deforestación, la introducción de especies exóticas, la extracción y los incendios provocados (Kappelle, 2005).
- **Factor biótico** Factor originado por lo vivo que determina patrones y procesos biológicos. Por ejemplo, la competencia, el parasitismo y la viabilidad poblacional. Influencia ambiental surgida de la actividad de seres vivos, en oposición a los factores físico-químicos (Parra, 1984).
- **Familia** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subfamilias (y por ende géneros) similares. Se ubica justamente por debajo de la superfamilia (Kappelle, 2005).
- **Fase juvenil** Etapa del ciclo de vida característica del primer período del desarrollo en la cual un ser vivo todavía no tiene la capacidad de reproducirse (Kappelle, 2005).
- **Fase reproductiva** Etapa del ciclo de vida en la cual un ser vivo puede reproducirse (Kappelle, 2005).
- **Fauna** Conjunto de todas las especies de animales en un área determinada (WRI, 1992).
- **Feopigmentos** Producto de degradación de la clorofila.
- **Filo (Phylum)** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subfilos o subdivisiones similares. Se ubica por debajo del reino (Kappelle, 2005).
- **Filogenia (filogenético)** Sucesión de las especies vegetales o animales que supuestamente descienden unas de otras por evolución y que constituyen un filo (phylum). Investigación científica de los filo y de las relaciones de parentesco o filogenéticos existentes entre ellos.
- **Fitobentos** Parte del bentos con capacidad fotosintética constituida por moneras, protistas (algas) y algunas plantas superiores (angiospermas) (Luque y Templado, 2004).
- **Fitoplancton** Parte del plancton constituido por moneras y protistas con capacidad fotosintética (Luque y Templado, 2004). | Pequeñas plantas, en su mayor parte algas y bacterias, que se encuentran en los ecosistemas acuáticos. Incluye a las diatomeas, las desmicias y los dinoflagelados (Miller, 1994).
- **Fluvial** Se refiere al ambiente de los ríos (Kappelle, 2005).
- **Foraminífero (orden Foraminifera)** Orden de Protistas del filo Sarcostomastigóforos (Sarcostomastigophora); son protozoos planctónicos o bentónicos con un exoesqueleto calcáreo y seudópodos (Luque y Templado, 2004).
- **Formación geológica** Cuerpo de capas rocosas constituida principalmente de ciertos tipos litológicos o combinaciones de tipos (Bates y Jackson, 1984).
- **Fotosíntesis** Síntesis de compuestos orgánicos en las plantas verdes (poseen clorofila) a partir de materia inerte y con auxilio de la energía luminosa procedente del Sol (Parra, 1984). | Producción de materia orgánica a partir de dióxido de carbono, la energía lumínica y sustancias minerales (Luque y Templado, 2004).
- **Fouling** Del término inglés que significa "suciedad", designa la comunidad que se desarrolla sobre sustratos artificiales sumergidos (muelles, escolleras, arrecifes artificiales, cascos de los barcos, tuberías, etc.), formada principalmente por organismos sésiles e incrustantes (Luque y Templado, 2004).
- **Frente marino** Gradiente de temperatura o salinidad a nivel superficial. | Encuentro de dos masas de agua, en el medio marino, con características diferentes.
- **Gammaridos (suborden Gammaridea)** Suborden perteneciente al orden Amphipoda. Organismos de tamaño pequeño, cuerpo comprimido lateralmente, cabeza no fusionada al segundo segmento torácico, patas bien desarrolladas, abdomen fuerte, ojos pigmentados, con forma similar a un camarón. Especies de vida libre, marinas, estuarinas y terrestres.
- **Gastrópodo (clase Gastropoda)** Clase de Moluscos (filo Mollusca) con cabeza bien desarrollada, con uno o dos pares de tentáculos, generalmente un pie aplanado y reptante, y provistos de una única concha calcárea mas o menos desarrollada y de forma muy variable, aunque generalmente arrollada en espiral, o carentes de concha; comprende especies acuáticas y terrestres, entre ellas, los caracoles, las lapas y las babosas (Luque y Templado, 2004).
- **Genealogía** Historia de la descendencia de genes, muchas veces dentro de una sola especie (TREE, 2001).
- **Generación** Período de desarrollo de un individuo que empieza por un determinado tipo de célula germinativa y termina con otro tipo determinado de célula germinativa (Font-Quer, 1993).
- **Género** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subgéneros (y por ende especies) similares. Se ubica justamente por debajo de la subtribu (Kappelle, 2005).
- **Golfo** Porción del mar que se adentra profundamente en tierra entre dos cabos. Cuando la extensión es menor suele denominarse bahía (Meza, 2001).
- **Gorgonias (orden Gorgonacea)** Antozoos octocorarios coloniales con forma de abanico, cuyas ramas se sitúan radialmente a un plano. Los pólipos se disponen en verrugas salientes sobre un esqueleto axial córneo, flexible, fijo al fondo marino por una base encostrada.
- **Gradiente ambiental** Cambio progresivo, agudo o suave, en las características de un ambiente, bioma o zona geográfica (Mata y Quevedo, 1998).
- **Granulometría** Ciencia que trata de obtener mediciones confiables de las partículas de origen rocoso como la arena, el limo y la arcilla presentes en los materiales edáficos y geológicos (Bates y Jackson, 1984).
- **Grupo taxonómico** Conjunto de organismos pertenecientes a un taxón.
- **Hábitat** Ambiente en el cual vive un organismo. Comprende los recursos y las condiciones presentes en una zona determinada que permiten su presencia, sobrevivencia y reproducción. El hábitat se especifica para cada organismo en particular y no se refiere únicamente a la descripción del tipo de vegetación en la cual se desarrolla (Convención de la Diversidad Biológica, 1992).
- **Halino** Relativo a salinidad.
- **Hemipelágico** Perteneciente a dominios marinos comprendidos entre los 800 y 2.400 m de profundidad (Ramírez y González, 2005).
- **Herbívoro** Animal que consume materia orgánica vegetal; como por ejemplo de herbívoros en áreas costeras del Caribe tenemos los peces Loro y los erizos (Chiappone, 2001). | Animal que se alimenta exclusiva o principalmente de vegetales (Luque y Templado, 2004).
- **Hermatípico** Aplicase a los corales de aguas someras constructores de arrecifes (Ramírez y González, 2005).
- **Heterogeneidad ambiental** Mosaico físico o temporal del ambiente. Existe en todas las escalas dentro de comunidades naturales, desde diferencias de hábitat entre la parte superior y la parte inferior de una hoja, hasta el mosaico de parches de hábitat creado por la caída de árboles dentro del bosque y patrones de bosques y pastizales dentro de una región (WRI, 1992).
- **Heterótrofo** Organismo que precisa alimento orgánico como fuente energética y material (Parra, 1984).
- **Hidrodinámica** Movimiento de líquidos. En la sedimentación, este proceso se refiere al movimiento de partículas disueltas o suspendidas en un líquido (ELS, 2001).
- **Hiperhalino / Hipersalino** Se dice de aguas con una salinidad alta (mayor de 40 0/00) (Luque y Templado, 2004). | Aguas con salinidad mayor a 40 ppm derivadas de sales de tierras interiores (Bravo y Windevothel, 1997).
- **Hipéridos (suborden Hyperidea)** Suborden perteneciente al orden Amphipoda. Organismos de tamaño pequeño, pelágicos, la mayoría son comensales de organismos planctónicos gelatinosos como las medusas, ctenóforos, etc.
- **Holoturio (clase Holoturoidea)** Clase perteneciente al filo Equinodermos con simetría bilateral secundaria y esqueleto dérmico formado por granulos microscópicos, que incluye las holoturias o pepinos de mar (Luque y Templado, 2004).
- **Homogeneidad** Características que presentan dos o más muestras que permiten deducir que provienen de una misma población. Condición de uniformidad del medio resultante del control local que permite, al comparar dos o más tratamientos en la experimentación, que resalten las diferencias propias de ellas al reducirse al mínimo la variación intrabloque (Quijada Rosas, 1992).
- **Huevo** Gameto grande sin flagelos que es fertilizado por una célula espermática. Estructura multicelular compleja de la cual se desarrolla un embrión animal (UCMP, 2001).
- **Ictiófago** Miembro de un eslabón de una cadena alimentaria que se alimenta de peces (Mata y Quevedo, 1998).
- **Ictiofauna** Conjunto de la fauna formada por los peces (Luque y Templado, 2004).
- **Ictioplancton** Organismos componentes del plancton constituidos por huevos y larvas de peces.
- **Identificación taxonómica** Determinación de un individuo o espécimen de un organismo y asignación a un rango taxonómico con nombre científico (Kappelle, 2005).
- **Incertidumbre ambiental** Efecto desconocido de las interacciones entre los actores sociales y el medio ambiente. Existen dos grandes fuentes de incertidumbre. Por una parte, las consecuencias para el medio ambiente de las decisiones de los actores sociales y por otra las consecuencias para los actores sociales de las transformaciones ambientales (CTEA, 1998).
- **Individuo** Se refiere a cada ser organizado respecto de la especie a la cual pertenece (Font-Quer, 1993).
- **Infraestructura** Conjunto de objetos no vivos construidos por el hombre y visibles en un mapa (asentamientos, estructuras industriales...) (Kappelle y col., 2003).
- **Interespecífico** Fenómeno o proceso que acontece entre miembros de distintas especies. Opuesto de intraespecífico (Parra, 1984).
- **Intermareal** Franja situada entre los límites de la pleamar y la bajamar, afectada por las mareas y el barrido de las olas; se corresponde con el piso mesolitoral (Luque y Templado, 2004).
- **Intraespecífico** Fenómeno o proceso que acontece entre miembros de la misma especie. Opuesto de interespecífico (Parra, 1984).
- **Isóbata** Curva para la representación cartográfica que une los puntos de igual profundidad en los océanos y mares, así como en los lagos grandes (Luque y Templado, 2004). | Línea dibujada sobre un mapa o cartilla que une los puntos con profundidades de agua iguales (Bates y Jackson, 1984).
- **Isohalina** Línea dibujada sobre un mapa o cartilla de un área del mar que une los puntos de igual salinidad (Mata y Quevedo, 1998).
- **Isopicna** Gradiente marcado de densidad.
- **Isópodo (orden Isopoda)** Orden de los crustáceos principalmente marinos y bentónicos, aunque hay especies planctónicas y parásitas, y de agua dulce y terrestre (cochinitas de humedad), tienen el cuerpo deprimido dorsoventralmente y generalmente ancho, sin caparazón, y generalmente con siete pares de apéndices torácicos locomotores y cinco pares de apéndices abdominales de aspecto foliáceo (Luque y Templado, 2004).
- **Isoterma** Curva para la representación cartográfica que une los puntos de igual temperatura (Luque y Templado, 2004). | Línea dibujada sobre un mapa o cartilla que une los puntos con temperaturas medias iguales (Mata y Quevedo, 1998).
- **Jerarquía** Clasificación en rangos de distinta categoría. En la Biología existen la jerarquía de organización (paisaje, ecosistema, comunidad, población, individuo, órgano, tejido, célula, organela, cromosoma) y la jerarquía taxonómica (reinos, ordenes, familias, géneros, especies...), entre otras (Kappelle, 2005).
- **Juvenil** Se refiere al estado de un organismo que todavía no ha llegado a su estado adulto, es decir, a su estado de capacidad reproductiva (Van Kempen y Van der Steen, 1982).
- **Landsat** Serie de satélites construidos por la NASA dedicados específicamente a la detección de recursos naturales (Chuvienco, 1996).
- **Larva** Estado inicial de desarrollo de un animal, generalmente de vida libre, que sufre una serie de cambios de forma, tamaño y hábitos de vida (metamorfosis) para transformarse en el estado adulto; es especialmente común en los animales acuáticos e insectos (Luque y Templado, 2004).

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Limo** Componente del suelo formado por partículas minerales de 0,002 a 0,05 mm en diámetro. Corresponde a una clase de textura de suelo que contiene por lo menos un 50% de su peso en partículas de arcilla (Osborne, 2000).
- **Madurez** Se refiere a la fase del desarrollo de un organismo en la cual ha alcanzado su capacidad reproductiva (Kappelle, 2005).
- **Malacostraco (clase Malacostraca)** Clase perteneciente al subfilo Crustáceos. Organismos con o sin caparazón, generalmente con 19-20 segmentos totales, 5 en la cabeza, 8 en el tórax y 6 o 7 en el abdomen. Incluye los decápodos, peracáridos, estomatópodos, etc.
- **Manglar** Bosque tropical, anegado por aguas salobres y cerca de la costa, sujeto a la acción periódica de las mareas y dominado por una o más especies arborescentes de mangle (Kappelle, 2005).
- **Mangle** Especie arborescente adaptada a la salinidad, con raíces fúlcneas y que pertenece a unos pocos géneros. Por ejemplo, *Avicennia*, *Conocarpus*, *Laguncularia*, *Pelliciera*, *Rhizophora*. Especie típica del trópico (Kappelle, 2005).
- **Marea** Aumento y caída periódicos y predecibles de los océanos causados por la atracción relativa gravitatoria del Sol, de la Luna y de la Tierra (Osborne, 2000).
- **Materia orgánica** Sustancia constituyente del mundo biológico que genera toda la biosfera. Por ejemplo, lípidos, carbohidratos, proteínas, alcaloides, ácidos nucleicos, pigmentos (Mata y Quevedo, 1998).
- **Mesopelágico** Estrato de la provincia oceánica cuya ubicación está entre los 200 y los 1 000 metros de profundidad (Mata y Quevedo, 1998).
- **Mesoescala** Los fenómenos de mesoescala afectan áreas que van desde unos pocos kilómetros hasta alrededor de 100.
- **Metocean** Adquisición de datos meteorológicos y oceanográficos.
- **Método de Winkler** Método de análisis químico del oxígeno disuelto.
- **Microescala** Los fenómenos de microescala afectan áreas muy pequeñas y son de muy corta duración.
- **Migración** Desplazamiento de un grupo numeroso de organismos de una determinada especie de una zona a otra (Parra, 1984).
- **Migración vertical** Movimiento de algas móviles o flotantes para posicionarse a una profundidad óptima en el agua para maximizar el suministro de luz o de nutrientes (ELS, 2001).
- **Miscidáceo (orden Mysidacea)** Orden de pequeños crustáceos con apariencia de gamba; casi todos marinos y suprabentónicos.
- **Mollusca** Filo que comprenden animales no segmentados suaves, usualmente protegidos por una concha calcárea y que poseen un pie muscular utilizado para la locomoción. Incluye los caracoles, mejillones, pulpos, entre otros.
- **Morfología** Estudio de la forma, estructura y origen de los organismos, relieves geológicos y formas meteorológicas, sin considerar su función (Mata y Quevedo, 1998).
- **Muestreo** Conjunto de operaciones que se efectúan para estudiar la distribución de determinados caracteres o variables en la totalidad de una población o ambiente mediante el estudio de una parte del sistema. Esta fracción recibe el nombre de muestra (Mata y Quevedo, 1998).
- **Nerítico** Que habita en el mar sobre la plataforma continental. Convencionalmente, zona con profundidad menor a 200 m (Parra, 1984).
- **Nivel de organización** Teoría de sistemas. Categorías o compartimentos que posee un ecosistema para su funcionamiento: estacionario, funcional, intermitente, alimentario, reproductor (Sarmiento, 2000).
- **Nivel del mar** Elevación promedio de la superficie del mar durante un periodo de 19 años. Nivel medio del mar (Morris, 1996).
- **Nivel taxonómico** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica. Se reconocen los siguientes niveles para organismos: dominio, reino, filo o división, subfilo o subdivisión, clase, subclase, orden, suborden, superfamilia, familia, subfamilia, tribu, subtribu, género, subgénero, sección, subsección, estirpe, especie, subespecie, variedad y forma (Kappelle, 2005).
- **Nivel trófico** Posición en la cadena alimentaria determinada por el número de pasos de transferencia de energía hacia este nivel (WRI, 1992).
- **Nombre científico** Nombre compuesto de dos palabras utilizado por los científicos para designar el género y la especie de un organismo (Aguilar y Zumbado, 1999).
- **Nombre común** Nombre popular de una especie taxonómica. Nombre no científico que generalmente aplican los pobladores (indígenas, campesinos) de las zonas rurales para identificar especies en el campo (Kappelle y col., 2003).
- **Nomenclatura taxonómica** Sistema de nombramiento y nombres para unidades biológicas como las especies (Peterson, 1997).
- **Nutriente** Cada uno de los compuestos (inorgánicos, orgánicos o iones) necesarios para el crecimiento (principalmente nitratos y fosfatos) (Luque y Templado, 2004).
- **Oceanografía** Ciencia que estudia y describe las partes componentes del océano mundial y su dinámica (Mata y Quevedo, 1998).
- **Oceanografía biológica** Oceanografía. Estudio de la vida animal y vegetal en el océano en relación con el ambiente marino (Morris, 1996).
- **Ofiuro (clase Ophiuroidea)** Clase perteneciente al filo de los Equinodermos, cuyo cuerpo está formado por un disco central del que parte cinco brazos delgados y flexibles, a las que pertenecen las ofiuras (Luque y Templado, 2004).
- **Oligoqueto (clase Oligochatea)** Clase de los anélidos terrestres o acuáticos con pocas sedas quitinosas, que comprende entre otras especies a las lombrices de tierra (Luque y Templado, 2004).
- **Oligotrófico** Cuerpo de agua que contiene disuelta una baja concentración de nutrientes y materia orgánica y que normalmente posee oxígeno disuelto en el fondo (Mata y Quevedo, 1998).
- **Omnívoro** Animal que se alimenta tanto de animales como de vegetales. Actúa simultáneamente como consumidor primario y secundario (Parra, 1984).
- **Orden taxonómico** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subórdenes similares. Se ubica justamente por debajo de la subclase. Por ejemplo, *Cantharellales* (hongos trompeta) e *himenópteros* (avispa, abejas y hormigas) (Aguilar y Zumbado, 1999; Kappelle, 2005).
- **Orgánico** Que se relaciona o se deriva de un organismo vivo, actualmente o en épocas geológicas anteriores (Mata y Quevedo, 1998).
- **Organismo indicador** Organismo que puede suministrar información sobre las condiciones de un ambiente (bioindicador). Un sistema de indicadores configura un marco descriptivo o interpretativo de un fenómeno social o de una situación ambiental a partir de la selección de un determinado número de variables que se consideran pertinentes para abordar el análisis pero que, en último término, reflejan la perspectiva adoptada por el investigador-evaluador (Parra, 1984; CTEA, 1998).
- **Organismos batipelágicos** Conjunto de organismos que vive a más de 600 m.
- **Organismos del holoplancton** Conjunto de organismos que pertenecen al plancton durante toda su vida (plancton permanente).
- **Organismos del macrobentos** Organismos entre 0,5 mm y 2,5 cm.
- **Organismos del megabentos** Conjunto de organismos bentónicos mayores de 2,5 cm.
- **Organismos del meiobentos** Organismos entre 0,065 y 0,5 mm.
- **Organismos del meroplancton** Organismos que pertenecen al plancton de forma temporal, organismos que pasan un tiempo de su vida en el plancton (solamente estadios larvales).
- **Organismos del zooplancton** Parte animal del plancton, de vida pelágica, es decir, que viven suspendidos en la columna de agua.
- **Organismos macrozoplanctónico** Organismos del plancton con tamaños de 2 a 20 cm.
- **Organismos mesopelágicos** Conjunto de organismos que vive entre 100 y 300 m.
- **Ostracódos (subclase Ostracoda)** Subclase de pequeños crustáceos, caracterizados por poseer un exoesqueleto formado por dos valvas que encierran todo el cuerpo (Luque y Templado, 2004).
- **Palangre** Cordel o sedal muy largo y grueso del cual penden otros cordeles más delgados con anzuelos a distancias regulares.
- **Partes por billón (ppb)** Número de partes de un químico encontrado en un billón de partes de una mezcla de un gas, líquido o sólido particular (Usepa, 2001).
- **Partes por millón (ppm)** Número de partes de un producto o sustancia que se encuentra en un millón de partes de un gas, un líquido o un sólido en particular (Miller, 1994).
- **Patrón** Genética. Función que cumple el ADN para la formación del ARNm. Ecología. Tendencia que sigue un carácter en relación con factores del medio que lo afectan (Quijada Rosas, 1992).
- **Pelágico** Organismo que vive en las aguas libres, nadando o suspendido de ellas; suele aplicarse con preferencia a los que viven en aguas abiertas que se sitúan fuera de la plataforma continental (Luque y Templado, 2004).
- **Península** Extensión de tierra rodeada de agua por todas partes excepto por una zona estrecha con la que se une a otro territorio mayor (Maldonado y col., 1997).
- **Pennatulacea** Orden perteneciente al filo Cnidaria, con cuerpo blandos, que presentan un músculo peduncular, el cual sirve de soporte al organismo para mantener una posición vertical enterrado en el sedimento. Incluye los llamados lirios de mar.
- **Peracáridos (superorden Peracarida)** Superorden perteneciente a la subclase Malacostraca del subfilo Crustacea. Las hembras presentan una bolsa incubadora, con desarrollo directo, sin estadios larvales libres.
- **Percepción remota (sensores remotos)** Técnica de utilización de un radar, un satélite, una fotografía u otros sensores que captan información de un área desde el aire o el espacio, es decir, a cierta distancia del área estudiada (Sarmiento, 2000; Kappelle, 2005).
- **Periodicidad** Propiedad que tienen los fenómenos cíclicos mediante la cual los mecanismos y procesos se repiten cada cierta unidad de tiempo (Sarmiento, 2000).
- **Permeabilidad** Facilidad con que el aire, el agua o cualquier otro líquido penetra una sustancia, como una capa de suelo o una membrana celular (Miller, 1994; NTTC, 2001).
- **Perturbación** Evento relativamente discreto en el tiempo que desorganiza la estructura de un ecosistema, comunidad o población y cambia los recursos, la disponibilidad del sustrato o el ambiente físico (Kappelle, 2005).
- **Pesca** Es toda actividad humana realizada en el ambiente acuático y destinada a extraer recursos hidrobiológicos a efectos de su aprovechamiento directo o indirecto, tanto si los resultados son positivos como si la operación no consigue su objetivo (Ley de Pesca y Acuicultura).
- **Pesca artesanal** Es la actividad productiva que realizan los pescadores en forma individual o asociados en cooperativas u otras formas de organización, con preponderancia de su esfuerzo físico, basada en sus experiencias, vivencias, conocimientos de la naturaleza y las destrezas que pasan de generación en generación, con la utilización de artes de pesca tradicionales y/o evolucionados a partir de aquellos. Se subdivide a su vez en múltiples variantes dependiendo del lugar y distancia de la costa en donde se realiza (costera, costa afuera o "campañera"), así como de las artes de pesca empleadas (Ley de Pesca y Acuicultura).
- **Pesca industrial** Actividad productiva que realizan personas naturales o jurídicas con la utilización de artes pesqueras mecanizadas, que requieren el uso intensivo de capital y/o tecnologías. Se subdivide en atunera, industrial de arrastre y palangrera tiburoneera y de otras especies de superficie o de media agua (Ley de Pesca y Acuicultura).
- **Pesca media altura** A pesar de no existir una definición formal en la Ley de Pesca y Acuicultura para el término, se puede considerar como un híbrido entre lo que es la pesca artesanal e industrial; ya que requiere de: un mayor uso de capital que la artesanal pero no tan intensivo como la industrial; un cierto grado de mecanización en las actividades y requieren un mayor grado de conocimientos y destrezas que la artesanal pero no de tanta precisión como la industrial y sus embarcaciones son de mayor complejidad y tamaño que las artesanales; sin embargo depende de experiencias, vivencias y conocimientos de la naturaleza por parte de los pescadores.
- **Pesca responsable** Es la utilización sustentable de los recursos pesqueros en equilibrio con el ambiente, el uso de prácticas de captura y acuicultura que no sean dañinas a los ecosistemas, a los recursos ni a su calidad, así mismo, la incorporación de valor agregado a tales productos mediante procesos de transformación, que satisfagan los estándares sanitarios y el empleo de prácticas de comercialización, que permita fácil acceso a los consumidores de productos de buena calidad (Ley de Pesca y Acuicultura).
- **pH** Medida convencional del grado de acidez o de alcalinidad de un cuerpo líquido (Mata y Quevedo, 1998).
- **Pirámide ecológica** Resultado de la explotación de cada nivel trófico por el siguiente. Los ecosistemas se encuentran en equilibrio ya que ningún nivel elimina a aquel en el cual se basa y sus efectivos permanecen aproximadamente constantes (Parra, 1984).
- **Plancton** Conjunto de organismos que viven suspendidos en la masa de agua de forma pasiva o con escasa autonomía (Luque y Templado, 2004).
- **Plataforma continental** Parte del lecho oceánico que va desde la costa hasta una profundidad de 200 m (660 pies (Chiappone, 2001)).
- **Pleamar** Nivel más alto alcanzado por el mar al culminar el flujo de marea alta (Bravo y Windevoxhel, 1997).
- **Población** Grupo de organismos de la misma especie que viven en un área o región en particular. Más específicamente, el número total de individuos maduros de una especie o subespecie (Miller, 1994; WRI, 1992).

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- ▶ **Pólipo** Animal diminuto, generalmente de hábitat acuático, que tiene tentáculos en forma de tubo y una boca en la parte superior. Es el encargado de construir la parte dura de carbonato de calcio del coral para habitar en él (Aguilar, 2001; Maldonado y col., 1997).
- ▶ **Poliquetos (clase Polychaeta)** Clase de los anélidos con numerosas sedas quitinosas, casi todos son marinos y bentónicos, pero hay algunas especies planctónicas y de agua dulce; pueden ser sésiles (sedentarios) o móviles (errantes) (Luque y Templado, 2004).
- ▶ **Productividad biológica** Tasa de producción de una determinada cantidad de materia orgánica por los organismos; se utiliza frecuentemente como sinónimo de producción, pero también puede utilizarse para expresar la relación entre la producción y la biomasa (Luque y Templado, 2004).
- ▶ **Productividad primaria** Cantidad de materia o biomasa vegetal producida a partir de la fotosíntesis por unidad de superficie (o de volumen) y tiempo; por extensión, también se aplica a la producción paraprimitaria; suele expresarse en gramos de carbono por metro cuadrado y año ($g\ C\ m^{-2}\ año^{-1}$) (Luque y Templado, 2004). | Tasa a la cual la energía se fija en materia orgánica durante la fotosíntesis; generalmente evaluado como bruta (productividad total) y neta (productividad menos respiración) (Chiappone, 2001).
- ▶ **Protistas** Reino de seres vivos que comprende eucariotes (o eucariotas), es decir, aquellos cuyas células tienen el núcleo diferenciado, envuelto por una membrana y con citoplasma organizado, y sus descendientes inmediatos, entre ellos las algas unicelulares y pluricelulares, los hongos acuáticos flagelados y los protozoos.
- ▶ **Pycnogónidos (Pycnogonida)** Artrópodo con forma de araña habitantes de los fondos oceánicos a diversas profundidades. Nombre común: arañas de mar.
- ▶ **Quelonio** Orden de reptiles anápsidos (tortugas) que presentan un tronco ancho y corto protegido por un escudo dorsal (caparazón) y otro ventral (peto), compuesto de placas óseas cubiertas por placas epidérmicas (Meza, 2001).
- ▶ **Rango de tolerancia** Gama de condiciones en las cuales un organismo puede sobrevivir (Sarmiento, 2000).
- ▶ **Rango geográfico** Ámbito de distribución geográfica de una especie (Monge-Nájera y col., 1998).
- ▶ **Reclutamiento** Adición de nuevos individuos a una población (Osborne, 2000).
- ▶ **Recurso** Lo que se obtiene del ambiente vivo y no vivo para satisfacer necesidades y aspiraciones humanas (Miller, 1994).
- ▶ **Recurso biológico** Recurso genético, organismos y sus partes, poblaciones o cualquier otro componente biótico de un ecosistema con valor o uso reales o potenciales para la humanidad (Convención de la Diversidad Biológica, 1992).
- ▶ **Red alimentaria** Red constituida por cadenas tróficas interconectadas o íntimamente relacionadas (Mata y Quevedo, 1998).
- ▶ **Registro nuevo** Presencia o muestra de una especie biológica que ha sido observada por primera vez en una localidad, zona, país o región biogeográfica (Kappelle y col., 2003).
- ▶ **Reloj biológico** Especie de mecanismo natural mediante el cual se programan cambios biológicos, endógenos y de comportamiento en una especie y que dependen del tiempo, de las condiciones del macroclima y de las estaciones (Mata y Quevedo, 1998).
- ▶ **Reptil** Vertebrado cuya temperatura se acomoda a la del ambiente y que posee una cubierta de escamas o de placas en su cuerpo. Se incluyen cocodrilos, serpientes y tortugas (Aguilar, 2001).
- ▶ **Reserva biológica** Área esencialmente inalterada (sin ningún cambio significativo provocado por el ser humano) que contiene ecosistemas, rasgos o especies de flora y fauna extremadamente delicados en los cuales los procesos ecológicos han podido seguir su curso natural (INBio, 2001).
- ▶ **Reserva de la biosfera** Territorio reconocido por la UNESCO especialmente protegido por considerarse de interés ecológico mundial y debido a su considerable extensión (Mata y Quevedo, 1998).
- ▶ **Riqueza biológica** Biodiversidad. Abundancia o diversidad biológica. Total de la variación genética, la cantidad de especies diferentes y el número acumulado de ecosistemas presentes en algún lugar en un momento dado (Kappelle, 2005).
- ▶ **Riqueza de especies** Número de especies dentro de una región. Término generalmente utilizado para medir la diversidad de especies, aunque técnicamente es solo uno de los aspectos de la biodiversidad (WRI, 1992).
- ▶ **Riqueza específica** Número de especies de una muestra, zona o biotopo. También se define como el número de especies de una comunidad, pero a veces es difícil saber si todas las especies de una muestra pertenecen a una misma comunidad. Es el valor resultante de aplicar un índice ecológico de riqueza específica (Luque y Templado, 2004).
- ▶ **Ruta de migración** Ruta, por lo general fija, a lo largo de la cual migran aves acuáticas de una región a otra en ciertas épocas del año (Miller, 1994).
- ▶ **Salinidad** Cantidad (ppm) de diversas sales disueltas en un volumen dado de agua (Miller, 1994). | Concentración de sales disueltas en el agua de mar.
- ▶ **Salobre** Agua con salinidad intermedia entre la promedio del agua dulce ($< 0,5\ ppm$) y el agua oceánica (35 ppm) (Bravo y Windevoxhel, 1997).
- ▶ **Sedimentación** Deposición de partículas acarreadas por el agua como resultado de la disminución de la capacidad de transporte (Chiappone, 2001).
- ▶ **Sedimento** Capas de material finamente dividida que cubren los fondos de los ríos, lagos, bahías, estuarios y océanos. El término se usa generalmente para denotar las partículas más grandes movidas por el agua que sedimentan cuando el agua pierde su velocidad y energía cinética. El sedimento consiste generalmente en una mezcla de material granulado fino, mediano o grueso, incluyendo la arcilla, el lodo y la arena, mezclados con materia orgánica (Chiappone, 2001).
- ▶ **Sigma-t (σ_t)** Medida de densidad.
- ▶ **Sipuncúlido (Phylum Sipunculida)** Filo de gusanos invertebrados marinos bentónicos sin segmentación y con cuerpo tubular y prosbocida evaginable.
- ▶ **Sirenios** Grupo de mamíferos que incluye a los manatíes o vacas de río (Valerio, 1998).
- ▶ **Sistema de información Geográfica (SIG)** Sistema computacional orientado a capturar, almacenar, administrar, integrar, manipular, analizar y presentar datos relacionados con la posición de los elementos dispuestos sobre la superficie de la Tierra. Típicamente, se utiliza para el manejo de mapas representados dentro del sistema como una o más capas diferentes, cada una de las cuales contiene información geográfica (posición de cada elemento en la Tierra), topológica (relaciones existentes entre los elementos de la capa) y temática (tema que busca representar, contenido) sobre algún aspecto particular (Kappelle y col., 2003).
- ▶ **Sistema de posicionamiento global (SPG)** Sistema que facilita la localización precisa de puntos sobre la corteza terrestre gracias a la recepción de señales provenientes de una red de satélites del gobierno de los Estados Unidos y a un algoritmo de triangulación que calcula la posición del receptor en tierra (Kappelle y col., 2003).
- ▶ **Sistemática** Estudio de las relaciones evolutivas históricas y genéticas que existen entre organismos y el estudio de las similitudes y diferencias fenotípicas. Generalmente dividida en la filogenética y la taxonomía (WRI, 1992). | Ciencia de la clasificación de los seres vivos y la reconstrucción de la filogenia.
- ▶ **Subclase** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye órdenes similares. Se ubica justamente por debajo de la clase (Kappelle, 2005).
- ▶ **Subespecie** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye variedades similares. Se ubica justamente por debajo de la especie. Generalmente se refiere a una población o serie de poblaciones que ocupan un rango discreto y que difieren genéticamente de otras subespecies de la misma especie (WRI, 1992; Kappelle, 2005).
- ▶ **Subfamilia** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye tribus similares. Se ubica justamente por debajo de la familia (Kappelle, 2005).
- ▶ **Subfilo (SubPhylum)** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye clases similares. Se ubica justamente por debajo del filo o la división. Equivalente a subdivisión (Kappelle, 2005).
- ▶ **Subgénero** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye secciones similares. Se ubica justamente por debajo del género (Kappelle, 2005).
- ▶ **Suborden** Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye superfamilias similares. Se ubica justamente por debajo del orden (Kappelle, 2005).
- ▶ **Substrato** Suelo u otro objeto consolidado, como una rama o una roca, sobre el que andan los animales o al cual están adheridos los sésiles (Parra, 1984).
- ▶ **Surgencia** Afloramiento de aguas superficiales, generalmente inducida por el viento.
- ▶ **Suspensívoro** Animal que se alimenta de la materia orgánica suspendida en la masa de agua o de los pequeños organismos del plancton (Luque y Templado, 2004).
- ▶ **Tanaidaceo (orden Tanaidacea)** Orden perteneciente al superorden Peracarida del subfilo Crustacea. Organismos de tamaño pequeño, marinos, bentónicos, con cuerpo cilíndrico, algo deprimido, con caparazón pequeño y pequeñas patas locomotoras en forma de pinza verdadera.
- ▶ **Taxón** Cada una de las subdivisiones de la clasificación biológica, desde la especie, que se toma como unidad, hasta el filo o tipo de organización.
- ▶ **Taxonomía** Estudio de la clasificación de los seres vivos conforme a sus semejanzas y diferencias, nombrándolos y asignándolos a ciertos taxones (Parra, 1984; WRI, 1992). | Ciencia de la clasificación de los seres vivos que tiene por objeto el establecimiento de grupos (taxones) con diferentes categorías, en las que se reúnen organismos según criterios de afinidad y semejanza. Los grupos taxonómicos fundamentales o básicos, en orden jerárquico creciente, son los siguientes: especie, género, familia, orden, clase, filum y reino.
- ▶ **Temperatura** Medida de la velocidad media del movimiento de átomos, iones o moléculas en una sustancia o combinación de sustancias en un momento determinado (Miller, 1994). | Nivel de energía cinética interna de un sistema de partículas o un cuerpo; la temperatura en grados Celsius es la diferencia entre la temperatura termodinámica (expresada en grados Kelvin “°K”) y 273,15 unidades (Chiappone, 2001).
- ▶ **Termoclina** Zona de disminución gradual en la temperatura entre el agua superficial más caliente y el agua profunda más fría en un lago, rebalse, mar u océano (Miller, 1994).
- ▶ **Terrígeno** Dicho de un material: Derivado por erosión de un área situada fuera de la cuenca de sedimentación, a la que llega en estado sólido mediante transporte (RAE, 2005).
- ▶ **Trama alimentaria / Trama alimenticia** Red compleja de flujos de energía que no son procesos lineales simples. Por ejemplo, la red hierba-vaca-ser humano. Ver red trófica (Odum y Sarmiento, 1998).
- ▶ **Traza** Cualquier elemento químico que un organismo necesita en muy pequeñas cantidades para sobrevivir (BioTech, 2005).
- ▶ **Trófico** Relacionado con la forma en que los organismos obtienen su alimento; en nivel básico es el de los autótrofos, el segundo el de los herbívoros, y los niveles sucesivos son omnívoros y carnívoros (Chiappone, 2001).
- ▶ **Volumen** método volumétrico, volumen desplazado, en mililitros.
- ▶ **Zona** Determinada división del espacio. Por ejemplo, a escala planetaria o regional, terrestre o marina. Área con una función específica (Parra, 1984).
- ▶ **Zona afótica** Partes más profundas de los mares y lagos donde la intensidad de luz es insuficiente para la fotosíntesis (Archibold, 1995).
- ▶ **Zona costera** Parte somera de un mar u océano, relativamente cálida y rica en nutrimentos, que se extiende desde la marca de pleamar (o marea alta) en tierra hasta el borde de una masa de tierra continental sumergida en aguas costeras y que se conoce como repisa continental (Miller, 1994).
- ▶ **Zona estuarina** Región cercana a una línea litoral que consta de estuarios y pantanos costeros de agua salobre que llegan hasta el borde de la plataforma continental (Miller, 1994).
- ▶ **Zona eufótica** Zona en ecosistemas acuáticos que recibe suficiente luz para la fotosíntesis (Archibold, 1995).
- ▶ **Zona fótica** Zona iluminada en ambientes acuáticos donde la fotosíntesis neta es posible (Osborne, 2000).
- ▶ **Zona intermareal** Extensión de un litoral delimitado por el nivel de la pleamar y el nivel de la bajamar (Bravo y Windevoxhel, 1997).
- ▶ **Zona litoral** En lagunas, zona de agua superficial ocupada por plantas con raíces. En los mares, zona intermareal (Archibold, 1995).
- ▶ **Zona marina** Parte profunda de un mar u océano, relativamente fría y pobre en nutrimentos. Se ubica mar adentro y es limitrofe con la zona costera que separa la zona marina del continente (Kappelle, 2005).
- ▶ **Zona nerítica** Zona ubicada en la plataforma continental, hasta los 200 m de profundidad.
- ▶ **Zona sublitoral** En lagunas, zona de agua que es demasiado profunda como para que crezcan plantas con raíces. En los mares, zona que se encuentra por debajo de la zona intermareal y que se extiende hasta el borde de la plataforma continental (Archibold, 1995). ■

ÍNDICE

PREFACIO	6
PRÓLOGO	8
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	14
METODOLOGÍA	16
ÁREA DE ESTUDIO	17
CAMPAÑAS DE MUESTREO	17
CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE (LBAPD _{AIRE})	19
CAMPAÑAS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, DE LOS SEDIMENTOS Y DEL ENTORNO BIOLÓGICO (LBAPD)	21
Plataforma de muestreo	22
Muestreos en agua	23
a) Aspectos hidrográficos	23
b) Aspectos físico-químicos	23
c) Aspectos biológicos (comunidades planctónicas)	25
d) Sensores remotos	27
Muestreos en sedimentos	27
a) Aspectos físico-químicos	28
b) Aspectos biológicos (comunidades bentónicas)	29
EVALUACIÓN DE LA FAUNA RELEVANTE	30
1 ANÁLISIS INTEGRADO	32
CALIDAD DE AIRE	33
Datos meteorológicos	33
Simulaciones para la determinación de posibles áreas de afectación e influencia	35
CALIDAD DE AGUA	36
Influencia del río Orinoco	38
Influencia de la corriente de Guayana	40
Influencia de las mareas	40
GOLFO DE PARIA	40
Hidrografía	40
Parámetros oceanográficos	41
Patrones y tendencias	47
BOCA DE SERPIENTE	48
Hidrografía	48
Parámetros oceanográficos	49
Nutrientes	49
Patrones y tendencias	55
PLATAFORMA DELTANA	56
Hidrografía	56
PLATAFORMA DELTANA SOMERA	56
Parámetros oceanográficos	56
Nutrientes	58
Metales	58
PLATAFORMA DELTANA PROFUNDA	60
Parámetros oceanográficos	60
Nutrientes	61
Metales	62
Patrones y tendencias	63 ▶

ÍNDICE

2 VISIÓN GENERAL SOBRE LA COLUMNA DE AGUA	64
ZONA DE INFLUENCIA FLUVIAL	65
ZONA DE INFLUENCIA MARINA	66
3 COMPONENTE FITOPLANCTÓNICO	68
ESTRUCTURA GENERAL DE LA COMUNIDAD	70
VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES A NIVEL DE LA COMUNIDAD	71
VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS GRUPOS TAXONÓMICOS	72
VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS GRUPOS DOMINANTES	73
Diatomeas	73
Dinoflagelados	73
EVALUACIÓN DE PIGMENTOS DEL FITOPLANCTON	77
LÍNEA BASE PARA EL COMPONENTE FITOPLANCTÓNICO	78
ASOCIACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES	80
4 COMPONENTE ZOOPLANTÓNICO	82
ESTRUCTURA GENERAL DE LA COMUNIDAD	84
VARIACIONES ESPACIALES A NIVEL DE LA COMUNIDAD	85
VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES A NIVEL DE GRUPOS ZOOPLANTÓNICOS DE MAYOR RELEVANCIA	88
Holoplancton	88
Meroplancton	89
Ictioplancton	91
ASOCIACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES	93
5 CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS MARINOS	96
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SEDIMENTOS	98
Características granulométricas	98
Características fisicoquímicas	98
Metales	99
Compuestos de hidrocarburos	99
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS VARIABLES SEDIMENTOLÓGICAS	100
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS PARA LAS DOS ZONAS	101
Metales	105
Compuestos de hidrocarburos	106
ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES DEL SEDIMENTO	108
6 COMPONENTE BENTÓNICO	110
VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA FAUNA BENTÓNICA	114
GOLFO DE PARIA	114
Meiofauna	114
Macrofauna	114
Megafauna	114
BOCA DE SERPIENTE	115
Meiofauna	115
Macrofauna	115
Megafauna	115
PLATAFORMA DELTANA	116
Meiofauna	116
Macrofauna	117
ASOCIACIÓN DE VARIABLES	117

7 COMPONENTE FAUNA RELEVANTE	120
TORTUGAS MARINAS	121
Inventario de especies	122
Campañas oceanográficas y litorales	126
AVES COSTERAS Y MARINAS	126
Inventario de especies	127
Endemismos	127
Especies migratorias	127
Rutas migratorias	128
Campañas oceanográficas y litorales	128
MAMÍFEROS ACUÁTICOS	129
Inventario de especies	130
Campañas oceanográficas	130
Campañas litorales	131
Datos adicionales	131
LEGISLACIÓN CORRESPONDIENTE A LA FAUNA RELEVANTE	133
8 CONSIDERACIONES GENERALES DE POSIBLES IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS	134
LODOS DE PERFORACIÓN Y RIPIOS	136
DERRAMES DE CRUDO	137
DERRAMES DE COMBUSTIBLE	137
DESCARGA DE AGUA DE PRODUCCIÓN	138
CONSIDERACIONES PARTICULARES PARA LAS ZONAS DE ESTUDIO	139
Plataforma Deltana	139
Boca de Serpiente	139
Golfo de Paria	140

9 VARIABLES POTENCIALES PARA UN PLAN DE SEGUIMIENTO	142
--	-----

BIBLIOGRAFÍA	144
---------------------	-----

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS	149
----------------------------------	-----

Definición de convenciones y tratados	149
Listado de abreviaciones	150
Significado de acrónimos	152

GLOSARIO DE TÉRMINOS	154
-----------------------------	-----

ÍNDICE	165
---------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS	169
--------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS	175
-------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Área de estudio a los efectos de la Línea Base Ambiental Plataforma Deltana (LBAPD) y ubicación de los bloques a desarrollar	18
FIGURA 2	Plan de estaciones acordadas indicando además los polígonos de los bloques de exploración	18
FIGURA 3	Zonificación del área de estudio a los efectos del estudio de Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	19
FIGURA 4	Ubicación de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio	20
FIGURA 5	Estación de muestreo para evaluación del aire	21
FIGURA 6	Buque Oceanográfico Hermano Ginés	22
FIGURA 7	Embarcaciones de apoyo local	22
FIGURA 8	Transecciones sugeridas para el análisis del área de estudio	23
FIGURA 9	Detalle de la roseta de botellas Niskin con sensores	24
FIGURA 10	Equipos de muestreo para las comunidades planctónicas: a) botella de Van Dorn, b) malla para fitoplancton y c) malla de zooplancton.	25
FIGURA 11	Equipos de muestreo para las comunidades bentónicas: a) draga Van Veen y b) nucleador	27
FIGURA 12	Equipo de muestreo para las comunidades bentónicas costeras: draga manual	27
FIGURA 13	Equipo de muestreo para las comunidades megabentónicas: rastra Beam Trawl	30
FIGURA 14	Delfines cerca del buque	31
FIGURA 15	Datos de temperatura por mes, para el período 1961-1990, obtenidos a partir de los registros de la estación meteorológica de Güiría	34
FIGURA 16	Datos de precipitación por mes, para el período 1961-1990, obtenidos a partir de los registros de la estación meteorológica de Güiría	34
FIGURA 17	Resultados de las mediciones de vientos durante las campañas de calidad del aire	35
FIGURA 18	Rosa de los vientos para la estación Piarco, en Trinidad, determinada a partir de los datos registrados del 1° de enero al 31 de diciembre de 1999	36
FIGURA 19	Isolíneas de concentración de NO _x para el caso de altura de chimenea de 120 m	37
FIGURA 20	Isolíneas de concentración de NO _x para el caso de altura de chimenea de 35 m	37
FIGURA 21	Mapa de concentración promedio de clorofila _a estimada mediante el satélite Modis (jul-sep 2004)	39
FIGURA 22	Mapa de concentración promedio de clorofila _a estimada mediante el satélite Modis (jul-sep 2005)	39
FIGURA 23	Distribución espacial del oxígeno disuelto en superficie (ml/L), durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	43 ▶

ÍNDICE DE FIGURAS

► FIGURA 24	Distribución espacial del oxígeno disuelto en fondo (ml/L), durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	44
FIGURA 25	Distribución espacial del pH en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	45
FIGURA 26	Distribución espacial del pH en fondo, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	46
FIGURA 27	Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas tomadas en siete estaciones dentro del Golfo de Paría (estaciones 1 a la 7) durante dos períodos del año	47
FIGURA 28	Patrón general de corrientes en la región de estudio, donde se señalan los parámetros de mayor relevancia para el Golfo de Paría	47
FIGURA 29	Distribución espacial del material en suspensión (MES) en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	50
FIGURA 30	Distribución espacial del material en suspensión (MES) en fondo, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	51
FIGURA 31	Distribución espacial del nitrógeno total (μM) en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	52
FIGURA 32	Distribución espacial de los silicatos (μM) en superficie, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	53
FIGURA 33	Distribución espacial de las concentraciones de Cu en el MES de las aguas superficiales de la región estudiada en el proyecto LBAPD	54
FIGURA 34	Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas tomadas en seis estaciones en la región de Boca de Serpientes (estaciones 8 a la 13) durante dos períodos del año	55
FIGURA 35	Patrón general de corrientes en la región de estudio, donde se señalan los parámetros de mayor relevancia para Boca de Serpiente	55
FIGURA 36	Imagen Modis (06/03/07) (RGB-321) mostrando en tonos pardos la pluma de sedimentos proveniente del río Orinoco [Fuente: Laboratorio de Procesamiento de Imágenes de Satélite. Intecmar, USB]	56
FIGURA 37	Distribución espacial de la estratificación (anomalía energía potencial) [J/m^3], durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	57
FIGURA 38	Distribución espacial de la salinidad (psu) en aguas superficiales durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	59
FIGURA 39	Distribución espacial de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en aguas superficiales durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	60
FIGURA 40	Distribución espacial de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en aguas de fondo durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	61
FIGURA 41	Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas tomadas en 44 estaciones en la región de Plataforma Deltana (estaciones 14 a la 57) durante dos períodos del año	62
FIGURA 42	Patrón general de corrientes en la región de estudio, donde se señalan los parámetros de mayor relevancia para Plataforma Deltana	62
FIGURA 43	Importancia relativa de la riqueza de especies por grupos taxonómicos	70
FIGURA 44	Importancia relativa de la abundancia de los grupos taxonómicos que conforman la comunidad fitoplanctónica	70
FIGURA 45	Riqueza total de especies en cada uno de los sectores	71
FIGURA 46	Variación espacial de la abundancia total del fitoplancton en cada uno de los sectores	71

FIGURA 47	Variación espacial de la importancia relativa de la riqueza de especies por grupos taxonómicos entre cada sector	72
FIGURA 48	Variación temporal en la riqueza de especies por grupos taxonómicos	72
FIGURA 49	Variación espacial de la importancia relativa en la abundancia numérica de grupos taxonómicos entre cada sector	73
FIGURA 50	Variación temporal en la abundancia numérica de grupos taxonómicos	73
FIGURA 51	Variación espacial y temporal en la riqueza de especies	74
FIGURA 52	Variación espacial y temporal en la abundancia total del fitoplancton	74
FIGURA 53	Mapa de distribución espacial de la abundancia de diatomeas para la primera campaña	75
FIGURA 54	Mapa de distribución espacial de la abundancia de diatomeas para la segunda campaña	75
FIGURA 55	Mapa de distribución espacial de la abundancia de dinoflagelados para la primera campaña	76
FIGURA 56	Mapa de distribución espacial de la abundancia de dinoflagelados para la segunda campaña	76
FIGURA 57	Variación espacial de la concentración de clorofila_a y feopigmentos para la campaña LBAPD-01	77
FIGURA 58	Variación espacial de la concentración de clorofila_a y feopigmentos para la campaña LBAPD-02	77
FIGURA 59	Distribución espacial del índice de fluorescencia, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	79
FIGURA 60	Análisis de correspondencia para la concentración de clorofila_a y sus posibles variables de influencia durante la campaña LBAPD-01	81
FIGURA 61	Análisis de correspondencia para la concentración de clorofila_a y sus posibles variables de influencia durante la campaña LBAPD-02	81
FIGURA 62	Composición porcentual general de los taxones zooplanctónicos en el área de estudio	84
FIGURA 63	Variación espacial de la riqueza total de taxa en cada uno de los sectores y zonas de estudio	85
FIGURA 64	Composición porcentual total de los taxa zooplanctónicos en el área de estudio	85
FIGURA 65	Comparación de los taxa zooplanctónicos en Golfo de Paría, de acuerdo a la estacionalidad	86
FIGURA 66	Comparación de los taxa zooplanctónicos en Boca de Serpiente, de acuerdo a la estacionalidad	86
FIGURA 67	Comparación de los taxa zooplanctónicos en Plataforma Deltana, de acuerdo a la estacionalidad	87
FIGURA 68	Disposición espacial de la densidad zooplanctónica (ind/m^3) en sequía	88
FIGURA 69	Disposición espacial de la biomasa zooplanctónica (g/m^3) en sequía	88
FIGURA 70	Disposición espacial de la densidad del holoplancton (ind/m^3) en lluvia	89
FIGURA 71	Disposición espacial de la densidad del holoplancton (ind/m^3) en sequía	89
FIGURA 72	Disposición espacial de la densidad de larvas de decápodos (ind/m^3) en lluvia	90
FIGURA 73	Disposición espacial de la densidad de larvas de decápodos (ind/m^3) en sequía	90
FIGURA 74	Densidad de huevos de peces (huevos/m^3) para las estaciones muestreadas en la época de lluvia	91
FIGURA 75	Densidad de larvas de peces (larvas/m^3) para las estaciones muestreadas en la época de lluvia	92
FIGURA 76	Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Engraulidae (ind/m^3) en época de sequía (LBAPD-01)	93
FIGURA 77	Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Engraulidae (ind/m^3) en época de sequía (LBAPD-02)	93

ÍNDICE DE FIGURAS

► FIGURA 78 Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Scianidae (ind/m ³) en época de lluvia (LBAPD-01)	94	FIGURA 98 Resultados del análisis de correspondencia (CA) con las principales especies identificadas en las muestras del macrobentos, en la zona de Golfo de Paría, provenientes de ambas campañas, eliminando las especies con abundancias relativas menores al 1%	114
FIGURA 79 Disposición espacial de la densidad de larvas de la familia Scianidae (ind/m ³) en época de sequía (LBAPD-02)	94	FIGURA 99 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del meiobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-01	115
FIGURA 80 Ordenación de las estaciones de muestreo en la época de sequía, para el zooplancton, con respecto a los taxa	95	FIGURA 100 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del meiobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-02	115
FIGURA 81 Ordenación de las estaciones de muestreo en la época de sequía, para el zooplancton, con respecto a las especies	95	FIGURA 101 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-01	116
FIGURA 82 Dendograma que muestra las asociaciones entre las estaciones donde fueron captadas las muestras de sedimentos en los distintos sectores de toda la región de la Plataforma Deltana en función de las proporciones de arena, limo y arcillas	101	FIGURA 102 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificado en las muestras del macrobentos, en la zona de Boca de Serpiente, provenientes de la LBAPD-02	116
FIGURA 83 Distribución espacial de las arenas, limos y arcillas en las estaciones muestreadas del Golfo de Paría, Boca de Serpiente y plataforma continental (litoral y oceánica)	102	FIGURA 103 Densidad promedio de los diferentes grupos taxonómicos del meiobentos cuantificado en las muestras, provenientes de laprimera campaña	117
FIGURA 84 Valores de conductividad medidos, en ambas campañas de muestreo, en los extractos de agua asociado con los sedimentos captados en el Golfo de Paría, Boca de Serpiente y plataforma continental (litoral y oceánica)	104	FIGURA 104 Representación espacial de la riqueza de morfotipos del Meiobentos a lo largo de la Plataforma Deltana durante las dos campañas de muestreo	118
FIGURA 85 Distribución espacial de las concentraciones de carbono orgánico en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	104	FIGURA 105 Representación espacial de la riqueza de especies del Macrobentos a lo largo de la Plataforma Deltana durante las dos campañas de muestreo	118
FIGURA 86 Distribución espacial de las concentraciones de TPH en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	107	FIGURA 106 Ilustraciones de las tortugas marinas presentes en el área del Proyecto LBAPD	122
FIGURA 87 Distribución espacial de las concentraciones de PAH's en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	107	FIGURA 107 Distribución de los registros de la tortuga guaraguá o maní, <i>Lepidochelys olivacea</i> , en el país (tomado de Pritchard y Trebbau, 1984)	123
FIGURA 88 Distribución espacial de las concentraciones de decalina en los sedimentos de fondo marino, durante las dos campañas del estudio Línea Base Ambiental Plataforma Deltana	108	FIGURA 108 Distribución de la tortuga cardón, <i>Dermodochelys coriacea</i> , en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)	123
FIGURA 89 Análisis de factores para los componentes texturales y químicos de los sedimentos captados en la segunda campaña en toda la región de la Plataforma Deltana	109	FIGURA 109 Distribución de la tortuga carey o parape, <i>Eretmodochelys imbricata</i> , en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)	124
FIGURA 90 Proporción de especies (%) identificadas en cada subgrupo muestreado en la Plataforma Deltana durante ambas campañas	112	FIGURA 110 Distribución de la tortuga cabezona, <i>Caretta caretta</i> , en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)	124
FIGURA 91 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos del meiobentos, identificados en las muestras de bentos provenientes de ambas campañas del proyecto LBAPD	112	FIGURA 111 Distribución de la tortuga blanca o verde, <i>Chelonia mydas</i> , en el oriente del país (basado en Alió y col., com. pers.)	125
FIGURA 92 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos del macrobentos, identificados en las muestras de bentos provenientes de ambas campañas del proyecto LBAPD	112	FIGURA 112 Áreas de anidación de tortugas marinas en la península de Paría	125
FIGURA 93 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos del megabentos, identificados en las muestras de bentos provenientes de ambas campañas del proyecto LBAPD	112	FIGURA 113 Avistamiento de una tortuga marina en la campaña LBAPD-01	126
FIGURA 94 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del meiobentos, en la zona del Golfo de Paría, provenientes de la LBAPD-01	113	FIGURA 114 Número de especies de aves acuáticas migratorias en el delta del Orinoco	128
FIGURA 95 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras de meiobentos, en la zona del Golfo de Paría, provenientes de la LBAPD-02	113	FIGURA 115 Rutas probables de las aves marinas. Las estrellas indican los lugares en donde se han señalado distintas especies de aves oceánicas	129
FIGURA 96 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona del Golfo de Paría, provenientes de la LBAPD-01	113	FIGURA 116 Avistamientos de mamíferos acuáticos en la Plataforma Deltana, delta del Orinoco y costa norte de las penínsulas de Araya y Paría, en los cruceros oceánicos y litorales de las campañas LBAPD y en las campañas de calidad del aire	131
FIGURA 97 Abundancia relativa (%) de los diferentes grupos taxonómicos identificados en las muestras del macrobentos, en la zona del Golfo de Paría, provenientes de la LBAPD-02	113	FIGURA 117 Áreas naturales protegidas en el área de influencia de la LBAPD	133

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Contaminantes gaseosos evaluados	22
TABLA 2	Análisis realizados en las muestras de aguas captadas	24
TABLA 3	Análisis y metodologías empleados para los diversos componentes de las comunidades planctónicas estudiadas	26
TABLA 4	Análisis realizados a las muestras de sedimentos captadas	29
TABLA 5	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en el Golfo de Paria, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo	42
TABLA 6	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en Boca de Serpiente, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo	48
TABLA 7	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en Plataforma Deltana somera, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo	58
TABLA 8	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos en Plataforma Deltana profunda, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo, en ambas campañas de muestreo	63
TABLA 9	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos para ambas campañas en la Zona de Influencia Fluvial, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo	65
TABLA 10	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de los parámetros oceanográficos para ambas campañas en la Zona de Influencia Marina, tanto a nivel de superficie como a nivel del fondo	66
TABLA 11	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables fitoplanctónicas más relevantes para el área de estudio, para cada zona de influencia y campaña de muestreo	78
TABLA 12	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables granulométricas y fisicoquímicas para toda el área de estudio, y las dos campañas de campo	99
TABLA 13	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables químicas para toda el área de estudio, y las dos campañas de campo	100
TABLA 14	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables granulométricas y fisicoquímicas para el área con influencia fluvial y marina, y las dos campañas de campo	103
TABLA 15	Valores promedio, desviación estándar, máximos y mínimos de las variables químicas para el área con influencia fluvial y marina, y las dos campañas de campo	106
TABLA 16	Valores promedio, máximos y mínimos de los principales grupos de la comunidad bentónica de la región de Plataforma Deltana, divididos según las zonas de influencia y las campañas de muestreo	119
TABLA 17	Avistamientos de aves marinas en los cruceros oceánicos de las campañas del proyecto LBAPD	128
TABLA 18	Inventario de las especies de mamíferos reportadas para el área del proyecto LBAPD, en los distintos sectores del proyecto	130
TABLA 19	Las tortugas marinas, las aves y los mamíferos acuáticos del proyecto LBAPD y sus categorías de inclusión en la legislación venezolana y en la lista roja nacional	132

