Estudio de las características Físico-Químicas de la Bahía de
Mochima, edo. Sucre, Venezuela.

Por: William Senior

Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV)

Departamento de Oceanografía

Universidad de Oriente (UDO)

2009

I.- INTRODUCCION

Según Salazar y col.(1986), las alteraciones de los procesos biogénéticos, bioquímicos y geoquímicos del medio acuático y fondos oceánicos traen como consecuencia las investigaciones del origen, distribución, concentración y deposición de determinadas sustancias de naturaleza orgánica e inorgánica.

La materia orgánica está constituida por una mezcla de productos animales y vegetales en distintas etapas de descomposición, compuestos sintetizados biológica y químicamente a partir de los productos de degradación y los microorganismos (Wetzel, 1981).

Según Garmendia, 1992, la materia orgánica disuelta en el mar esta presente prioritariamente bajo la forma de compuestos húmicos, resistentes al ataque bacteriano. En menor proporción, pero con mayor importancia, están los compuestos lábiles, entre ellos monosacáridos, aminoácidos, lípidos, proteínas de bajo peso molecular y pigmentos. Esta reacción puede ser utilizada por los organismos superiores a través de la cadena alimenticia iniciada por la producción heterotrófica de las bacterias (Iabichella, 1993).

Las variaciones de los compuestos orgánicos están relacionadas con los cambios de especies fitoplanctónicas y sus variaciones fisiológicas (Senior,1986).

La materia orgánica suspensión está constituida por un 25 % de fracción viviente y el resto por detrítica, está formada por los compuestos de carbono, nitrógeno, fósforo y pigmentos, siendo los primeros grupos más difíciles de degradar que los últimos (Fabiano et al., 1984). Esta fracción suspendida puede servir como fuente de alimento para muchos integrantes de las cadenas tróficas del mar (Iabichella, op. cit.).

El ciclo de la materia orgánica en sistemas acuáticos es uno de los procesos más importantes para la determinación de propiedades químicas y biológicas en un cuerpo de agua dado. La variación y extensión de este ciclo son factores dominantes que determinan la concentración de oxígeno, dióxido de carbono, niveles de potencial redox, tanto en sedimento como en la columna de agua (Avnimelech y col., 1984). Por otro lado, la descomposición de la materia orgánica es la principal ruta de regeneración de los elementos nutritivos. En ella los compuestos fosforados

son directamente mineralizados en iones fosfato, los nitrogenados son transformados inicialmente en iones amonio, los cuales posteriormente son oxidados en iones nitritos y finalmente en nitratos. Después de la descomposición de la materia orgánica se sucede la etapa de la nitrificación y puede considerarse como el último estado de autodepuración del medio (De Pinto y col., 1987).

Los principales procesos en el ciclo biogeoquímico de las especies químicas en el sistema oceánico son la producción orgánica y la oxidación bioquímica de la materia orgánica. Para estimar la potencialidad de la producción orgánica se han realizado innumerable trabajos sobre la producción primaria y su relación con la variación y circulación de micronutrientes (Kato, 1961; Okuda, 1975; Reyes, 1982; Méndez y col., 1988).

Las concentraciones de micronutrientes, los cuales son sustancias fundamentales para el desarrollo de los procesos biológicos en el mar, están reguladas por procesos fisicoquímicos y biológicos. Sin embargo, esas concentraciones pueden aumentar significativamente ante aportes antropogénicos. Como ejemplos se pueden citar: el aumento de nutrientes nitrogenados ligado a descargas cloacales costeras (Baalsrud, 1967), o el de fosfatos relacionados con presencia de detergentes (Capuzzo, 1981).

Un aumento en la disponibilidad de nutrientes genera un desmedido crecimiento biológico (crecimiento de biomasa fitoplanctónica), los que finalmente puede producir un colapso del sistema costero a través del proceso de eutrofización (aprovechamiento excesivo y acelerado de nutrientes, fundamentalmente fósforo y nitrógeno; Horsman, 1990). Luego de ser alcanzado este nivel, por el crecimiento excesivo de vegetales acuáticos, se incrementa la producción de materia orgánica, biodeposición de la misma en los fondos, conllevando a reducciones de la concentración de oxígeno disuelto presente en el medio, debido a la necesidad de ser utilizado éste en los procesos de descomposición de la materia orgánica (Clément, 1993).

Los organismos fitoplanctónicos constituyen los productores primarios de la vida marina, con la ayuda de la energía solar, ya que por medio de la fotosíntesis convierten los compuestos inorgánicos en materiales orgánicos básicos disponibles al resto de la comunidad biológica liberando oxígeno. Además, los organismos

fitoplanctónicos reciclan en gran medida el oxígeno del aire y se cree que es el grupo vegetal más importante en cuanto a fijación de dióxido de carbono (Romankevich, 1984).

Las bacterias heterotrófas, tienen un rol muy importante que cumplir durante la descomposición de la materia orgánica (Flores, 1977; Senior, 1991), y su capacidad de desarrollo y reproducción es función de las características bioquímicas de su metabolismo, y siempre, durante los procesos de descomposición que tienen lugar en las aguas naturales existe una fluctuación de las comunidades bacterianas implicadas en la degradación de la materia orgánica disuelta y suspendida (Senior, op. cit.).

Los factores climáticos (precipitación, vientos, radiación solar) también juegan un papel importante, debido a que controlan a su vez la transparencia, temperaturas, sales nutritivas, corrientes marinas de las aguas que, individualmente, o combinadas con los factores antes mencionados ejercen una influencia sobre los organismos (Griffiths 1972); Okuda, 1975).

La fertilidad de las aguas del sector nororiental de Venezuela, está dada por los fenómenos de surgencia que hacen que las aguas más profundas, ricas en elementos nutritivos, afloren a la superficie; originando una productividad del fitoplancton y dando inicio a la cadena alimenticia que condiciona la abundancia de la pesca pelágica (Griffiths op. cit.; Okuda, op. cit.).

La bahía de Mochima (fig. 1), la cual forma parte del Parque Nacional Mochima, es uno de los reservorios naturales más importantes con que cuenta el país. Es una ensenada pequeña y estrecha, localizada a aproximadamente 30 km al oeste de la ciudad de Cumaná entre los 10°20'N y 64°22'W. Debido a la posición geográfica de la bahía y a que está circundada por materiales que forman una barrera contra los vientos del noreste y el este predominante, durante casi todo el año en la región se forman brisas suaves dentro de la bahía que casi no influyen sobre la circulación de las masas de agua (Caraballo, 1968). La zona más externa de la Bahía es la más expuesta a la acción de las olas y a las corrientes oceánicas, mientras que la parte más interna es una zona de aguas tranquilas, completamente protegida del oleaje externo.

Por otro lado, las condiciones fisicoquímicas de las aguas de la bahía de Mochima presentan cierta estacionalidad de los diferentes parámetros en relación con los períodos de sequía y lluvia (Kato, 1961; Okuda y col., 1968; García, 1978); también muy directamente influenciado con las épocas de surgencia en dicha bahía. Cuando los vientos alisios empiezan a soplar del este (enero a abril) desplazan las masas de agua de las capas más superficiales, lo que provoca un ascenso en las aguas subsuperficiales de la fosa de Cariaco. Cuando los vientos cesan (mayo a diciembre) las masas de agua se estabilizan ocurriendo la estratificación.

Las investigaciones sobre materia orgánica en aguas son escasas en el país, debido a esto, la investigación que se realiza permitirá establecer un comportamiento de la fracción disuelta y suspendida de la materia orgánica.

Este trabajo se realizó con la finalidad de conocer la evolución en el tiempo de la materia orgánica en la columna de agua y su relación con los elementos nutritivos en la zona externa de la bahía de Mochima, específicamente el sitio denominado la boca, durante el período comprendido entre los meses julio y noviembre de 1997, siendo estos los primeros resultados sobre la materia orgánica en este importante ecosistema. Los resultados que se derivan de esta investigación servirán como un aporte más al conocimiento desde el punto de vista ecológico y ambiental de este importante y valioso ecosistema con que cuenta el país.

Se han publicado diversos trabajos sobre la región de la bahía de Mochima. Kato (op. cit.) estudió la correlación existente entre la sedimentación orgánica y el ambiente bioquímico e hidrográfico de la Bahía, concluyendo que las variaciones regionales en la sedimentación orgánica encontradas en la bahía pueden atribuirse al movimiento de las masas de agua, así como también a la actividad biológica que allí ocurre. Caraballo (1968) estudio los sedimentos en la zona, determinando que estos sedimentos tienen características variables dependiendo la zona en la cual se encuentren. Okuda y col. (1968) realizó estudios sobre las condiciones hidrográficas y químicas, en ellos demostró que la variación estacional del nitrógeno no depende solamente de la circulación metabólica, sino también del intercambio del agua entre el exterior y el interior y también que la fluctuación de los elementos nutritivos está relacionada con la variación de las condiciones hidrográficas. En 1988, Méndez y col. realizaron estudios sobre la ictiofauna, reportando que se capturaron 194

especies agrupadas en 58 familias; 17 de las cuales presentaron los mayores valores de constancia a través de los 2 años de estudio. La diversidad total del sistema, calculada con la totalidad de las especies capturadas en la bahía es muy alta, esto revela una buena distribución. Amaro (1999) realiza un estudio taxonómico de esponjas, encontrando 4 nuevos registros para Venezuela, también encontró que el número de especies fue mayor en los fondos con sustratos heterogéneos, sin embargo, no presentaron mayor cobertura. En el 2000, Duran hizo un estudio bacteriológico en algunas zonas de la bahía, determinando que la bahía era apta para su uso como zona recreacional, ya que el número más probable de coliformes totales y fecales estuvo, en forma general, por debajo de los límites establecidos por M.A.R.N.

Este sitio fue escogido para la presente investigación motivado a que no se tiene conocimiento de estudios sobre la materia orgánica en aguas de esta zona. Aquí se evaluó la materia orgánica disuelta y en suspensión en la columna de agua del sector norte de la bahía de Mochima, en el sitio denominado la boca, y servirá de base a estudios futuros que se realicen en esta zona.

II.- METODOLOGÍA

II.1.- AREA DE ESTUDIO

El sitio escogido para la realización del presente trabajo de investigación es la bahía de Mochima (fig. 1), la cual forma parte del Parque Nacional Mochima.

Esta bahía está situada en la región nororiental en la costa de Venezuela, a unos 30 km de la ciudad de Cumaná, entre las coordenadas 10° 20' y 10° 24' de latitud norte y 64° 13' y 64° 22' 30'' de longitud oeste. Su eje mayor está orientado en dirección NE-SW y su longitud es aproximadamente 7,6 km. En cuanto a su ancho, varia desde 0,3 km. hasta 3,5 km. Se abre al noreste (en la boca) a 1,7 km. de ancho y una profundidad de 60 m que desciende en pendiente muy acusada, a corta distancia de las mayores profundidades de la Fosa de Cariaco. La parte norte de la bahía esta más expuesta a la acción de las olas y corrientes oceánicas, mientras que la parte sur esta completamente protegida.

La bahía se encuentra dividida por tres zonas geomorfológicas relativamente bien diferenciadas:

- La parte interna, denominada el saco, caracterizada por tener una topografía suave y regular, su profundidad máxima es de unos 20 metros, disminuyendo gradualmente hacia las orillas.
- La parte central, limitado por laderas de pendientes pronunciadas, entre las cuales se encuentra el canal central, su profundidad máxima es de 27 metros.
- La zona externa, hasta la boca, en la cual predominan laderas de pendientes suaves, con pocos accidentes. En la misma boca las laderas forman acantilados en barranca que caen abruptamente hasta los 60 metros de profundidad (Caraballo, 1968).

Figura 1. Mapa de la Bahía de Mochima.

II.2.- DISEÑO DEL MUESTREO

A manera de cumplir con los objetivos trazados y para el buen desarrollo de la presente investigación, se estableció una estación fija en la Bahía de Mochima (fig. 1), durante la estación lluviosa de 1997, donde se tomaron muestras de agua semanalmente durante 5 meses desde la superficie hasta 30 metros de profundidad a intervalos de cada 5 metros hasta los 20 metros y de allí se tomó una a los 30 metros, en la columna de agua del sector norte de dicha bahía.

Las muestras fueron tomadas con una botella tipo Niskin de 5 litros de capacidad, luego pasadas a botellas plásticas de 4 litros de capacidad para ser llevadas al laboratorio, donde se sometieron a los análisis respectivos.

En el laboratorio, las muestras destinadas al análisis del material suspendido y disuelto se trataron siguiendo una metodología previamente establecida (Senior, 1985; Koroleff, 1976; Valderrama, 1981; Parsons y col., 1984).

II.3.- ANALISIS DE LAS MUESTRAS

II.3.1.-TEMPERATURA

La temperatura se determinó *in situ* utilizando un termómetro de mercurio con una precisión de $\pm 0,1$ ° C.

II.3.2.- SALINIDAD

La salinidad se calculó mediante conductividad eléctrica, empleando un salinómetro de inducción Kahlsico, modelo 188 WC 200, con una precisión de $\pm 0,001$ PSU.

II.3.3.-pH

El pH se determinó *in situ* empleando un pH-metro Bantex LCG-5, con una precisión de $\pm 0,01$ unidad.

II.3.4.-OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto se analizó según el método de Winkler, el cuál ha sido optimizado por Carpenter (1965) y Carrit & Carpenter (1966), y consiste en adicionar a la muestra una solución de sulfato de manganeso (II), (MnSO_4), seguida de una solución de KI (alcalina).

Por reacción en un medio heterogéneo, el oxígeno es fijado por el precipitado haciendo pasar el manganeso a un estado de oxidación más alto.

y

Ya fijado totalmente el oxígeno, el medio es acidificado con ácido sulfúrico; el precipitado se disuelve y el manganeso vuelve a su estado de oxidación (II), oxidando al estado cero (0) los iones yoduros.

y

En presencia de un exceso de ioduro se establece el equilibrio:

El iodo liberado es titulado con una solución valorada de tiosulfato de sodio usando como indicador almidón soluble.

El método permite alcanzar una precisión de $\pm 0,1\%$.

II.3.5.- SILICATOS

Los silicatos se determinaron por el método de Mullin & Riley (1975), adoptado por Strickland & Parson (1972). El cual se basa en la formación de un complejo silicomolibdico, después de ser reducido con una solución de metolsulfito, ácido oxálico y ácido sulfúrico, da una coloración azul intensa. Esta intensidad de color es proporcional al contenido de silicato presente. El método presenta una precisión de $\pm 0,1 \mu\text{mol/l}$.

II.3.6.- NITRITO

Se procedió según el método descrito por Bendschneider & Robinson (1952). Los iones nitritos presentes en las muestras de agua forman un diazoico con la sulfanilamida en medio ácido ($\text{pH} < 2$) según la reacción:

Luego el compuesto diazónico reacciona con N-naftil-etilendiamina para formar un colorante rosado, el cual tiene un máximo de absorción a 543 nm, a continuación la reacción:

El método presenta una precisión de $\pm 0,1 \mu\text{mol/l}$.

II.3.7.- NITRATO

El nitrato se determinó según el método descrito por Wood y col. (1967), modificado por Grasshoff (1964), y optimizado por Strickland & Parson (1972). El cual consiste en reducir todos los iones nitrato a nitrito, haciéndolo pasar a través de

una columna de cadmio metálico, previamente tratado con sulfato de cobre; para luego ser analizado por el método antes descrito; el cuál tiene una precisión de $\pm 0,1 \mu\text{mol/l}$.

II.3.8.- FOSFATO

Para los análisis de fosfato se utilizó el método de Murphy & Riley (1962). Los iones fosfato reaccionan con el molibdato de amonio, en presencia de antimonio (III), para formar un complejo que es reducido posteriormente por el ácido ascórbico. Esta forma reducida de fósforo presenta una coloración azul, tiene un máximo de absorción a 885 nm. Los polifosfatos y el fósforo orgánico no son detectados por este método. La gama de concentraciones medidas según Koroleff (1976) es muy extendida y comprende de 0,02 a 28 $\mu\text{mol/l}$.

II.3.9 – AMONIO

Se determinó por el método de Koroleff (1969). Este método describe la totalidad del nitrógeno amoniacal ($\text{N-NH}_3 + \text{N-NH}_4$). El amoníaco forma un monocloroamina con el hipoclorito en medio ligeramente básico, éste reacciona con el fenol en presencia de un exceso de hipoclorito para formar el azul de indofenol que absorbe a 640 nm.

II.3.10.- NITRÓGENO TOTAL Y FÓSFORO TOTAL

Para los análisis de nitrógeno total y fósforo total se utilizó el método descrito por Valderrama (1981). Se basa en la oxidación simultánea de los compuestos de nitrógeno y fósforo en el agua, además ofrece la ventaja del análisis simultáneo del nitrógeno total y del fósforo total en la misma muestra. Para la oxidación de los compuestos nitrogenados es necesario utilizar un medio alcalino, la oxidación de los compuestos de fósforo debe realizarse en el medio ácido; ellos se oxidan hasta la

forma nitrato y ortofosfato respectivamente, para ser analizados según los métodos descritos anteriormente para cada compuesto. En la oxidación simultánea la reacción comienza a pH 9,7 y termina a pH 5-6. Estas condiciones son obtenidas utilizando el sistema ácido bórico-hidróxido de sodio. El método ofrece una gran precisión, presentando un rendimiento superior al 2%.

II.3.11.- CLOROFILA a Y FEOPIGMENTOS

Las muestras para pigmentos se filtraron al llegar al laboratorio, utilizando un equipo Millipore y filtros de fibra de vidrio, tipo GF/C de 47 mm. Los pigmentos fueron extraídos con acetona al 90%, durante 8 horas en la oscuridad y bajo refrigeración antes de efectuar las lecturas por fluorescencia. Los feopigmentos se midieron luego de la acidificación del extracto, con HCl 2N, por fluorometría. Los resultados se muestran en mg/m^3 (Parsons & Lalli, 1984).

II.3.12.- MATERIA EN SUSPENSIÓN

El método consistió en filtrar el agua de mar sobre filtros de fibra de vidrio, a fin de retener todas las partículas de talla superior a $0,5 - 1 \mu\text{m}$. Se lavaron los filtros con agua destilada para eliminar la sal presente, se colocaron en la estufa a 60°C ; fueron pesados antes y después de la filtración. La diferencia de peso permite conocer la masa seca total de la materia en suspensión en el volumen correspondiente.

La precisión del método es limitada por la sensibilidad de la balanza, y es de $\pm 0,15 \text{ mg/l}$ y proporciona un límite de detección de $0,3 \text{ mg}$ depositados en el filtro (Senior, 1985).

II.3.13.- MATERIA ORGÁNICA SUSPENDIDA TOTAL

La materia orgánica se retuvo sobre filtros Whatman GF/C, por filtración de 700 ml de muestra. Los filtros secados a 60°C fueron pesados. Luego el filtro se calcinó a 500°C en una mufla por 4 horas, la diferencia de masa entre el filtro seco y el calcinado permite conocer la cantidad de materia orgánica total en el volumen

correspondiente. La precisión del método es limitada por la sensibilidad de la balanza, y es de $\pm 0,15$ mg/l.

Proporciona un límite de detección de 0,3 mg depositados en el filtro.

II.3.14.- CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos se analizaron por el método descrito por Johnson & Sieburth (1977), reduciendo el azúcar a su alcohol correspondiente con ácido peryódico, luego de desarrollar el color se midió la absorbancia a 635 nm.

II.3.15.- PROTEINAS

Las proteínas se determinaron siguiendo el método de Lowry (1951) utilizando una mezcla de carbonato de sodio al 2% en hidróxido de sodio, sulfato de cobre y tartrato de sodio y potasio al 15%; luego se le adicionó el reactivo de fenol seg. Folin - Ciocalteu para desarrollar el color y luego se midió la absorbancia a 700 nm.

III.- RESULTADO Y DISCUSIÓN

III.1.- HIDROGRAFÍA.

III.1.1.- Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes del ambiente marino, sobre todo en lo referente a los ciclos biológicos que tienen efecto sobre la pesca, reproducción, etc. La mayor o menor intensidad de las reacciones químicas o procesos biológicos dependen de la temperatura del ambiente donde se manifiestan (Alcalá, 1999).

A través de la temperatura se puede valorar el campo de densidad, y con esto, las corrientes y los procesos de mezcla de las masas de agua.

En la zona de la boca, la temperatura del agua es más fría en comparación con otras zonas de la bahía por estar más expuesta a los vientos y a las corrientes (Durán, 2000).

La distribución vertical en la estación examinada se aprecia en la figura 2. Durante las primeras cinco semanas de muestreo se registró la presencia de una masa de agua con temperaturas inferiores a 24 °C. Esta masa de agua se extendía desde los 8 m de profundidad hasta el fondo.

Durante ese mismo lapso de tiempo los primeros cinco metros de profundidad presentaron valores cercanos a 26 °C, lo que indicó la existencia de una termoclina en la columna de agua. La presencia de aguas con temperaturas por debajo de 24 °C fue debida a la existencia de un afloramiento de las aguas subsuperficiales durante esta época del año. Durante la segunda y tercera semana se llega a detectar aguas con temperaturas inferiores a los 22 °C, por debajo de los 20 m de profundidad. Diversos autores (Ljoen y Herrera, 1965; Okuda, 1975) han reportado que la surgencia costera en la región nor-oriental del país se extiende hasta principios del mes de agosto, y se caracteriza, en la segunda parte del año por presentar eventos de surgencia ocasionales.

A partir de la quinta semana las aguas comienzan a calentarse para alcanzar valores máximos de 29 °C, a nivel superficial, durante las semanas 11 y 12, correspondientes al mes de octubre. Este calentamiento alcanza toda la columna de agua, detectándose en el fondo temperaturas ligeramente inferiores a 26 °C, y es debido a la incidencia de la radiación solar, aunado a la disminución de la velocidad de los vientos alisios, tal como lo sugiere Febres-Ortega y Herrera (1975). Estos mismos autores reportan temperaturas superficiales de 29,16 °C en la Fosa de Cariaco, durante observaciones realizadas en octubre de 1974.

Figura 2.- Variación vertical de la temperatura (°C) en el sector norte de la Bahía de Mochima.

A partir de la semana 17 las aguas de la entrada de la bahía de Mochima comienzan nuevamente a disminuir, alcanzándose temperaturas inferiores a 24 °C durante la semana 18, por debajo de los 20 m de profundidad.

Pauls en 1982 reportó que en los meses de septiembre a noviembre se observaron las mayores temperaturas con valores mayores a 24 °C, lo cual coincide con lo reportado en este estudio.

En el mismo tiempo de estudio Durán (2000) encontró similitud en el comportamiento de la temperatura superficial.

Por otro lado, Okuda y Benítez (1975) reportan que durante el mes de septiembre de los años 1965 y 1972 observaron masas de agua con temperaturas altas, estas aguas alcanzan la parte sur de la Fosa y poseen una temperatura de 23,5-24 °C, atribuyéndole ese fenómeno a la surgencia local que ocurre en la zona.

La figura 3 muestra la distribución vertical de la temperatura durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre de 1997. Allí se pueden apreciar las grandes variaciones de este parámetro en corto tiempo. En agosto las aguas superficiales presentaron temperaturas de 26 °C, las cuales disminuyeron rápidamente con la profundidad hasta alcanzar valores cercanos a 22 °C, dando lugar a la presencia de una termoclína bien marcada ($\Delta T \approx 4$ °C). Las temperaturas superficiales se incrementaron en las semanas sucesivas, para alcanzar su valor máximo superficial en octubre, cuando se registraron 30°C. Los valores disminuyeron con la profundidad hasta alcanzar temperaturas cercanas a 25,5 °C, con un ΔT cercano a los 4,5 °C. Para el mes de noviembre las temperaturas del agua comienzan nuevamente a disminuir, como consecuencia del incremento de la velocidad de los vientos. Para este período la variación entre las temperaturas superficiales y las de fondo es poco marcada, presentándose una homogenización de la columna de agua ($\Delta T \approx 1$ °C). Las observaciones semanales realizadas entre el 4 de agosto y el 25 de noviembre de 1997 ponen en evidencia las variaciones a corta escala de la temperatura de las aguas de la bahía de Mochima.

Figura 3. Distribución vertical de la temperatura (°C) entre los meses agosto-noviembre 1997

En la figura 4 se aprecian esas variaciones a diferentes profundidades, durante un periodo de 18 semanas consecutivas de muestreo en la estación fija.

Durante las primeras seis semanas de observaciones se registró la presencia de una marcada termoclína en la columna de agua, con diferencias de temperatura cercanas a 5 °C, entre 0 y 30 m de profundidad. La columna de agua tiende a homogeneizarse entre las semanas 7 y 8; como consecuencia del calentamiento de toda la columna de agua.

Figura 4. Variación temporal de la temperatura (°C) a diferentes profundidades .

Durante las semanas 9, 10, 11, 12 y 13 se establece una nueva termoclína, como consecuencia de la penetración en la bahía de aguas frías provenientes de la Fosa de Cariaco. Durante estas semanas, particularmente en la número 10, las aguas intermedias de la estación presentaron temperaturas inferiores a la de las aguas profundas, sugiriendo que las aguas que penetraron lo hicieron entre los 15 y 25 m de profundidad. A partir de la décima semana, las aguas de 15 y 30 m de profundidad comenzaron a calentarse, para alcanzar los valores máximos en la semana 13, cuando las aguas superficiales y de 15 m presentan temperaturas similares. Posteriormente se aprecia el enfriamiento progresivo de la columna de agua, como consecuencia de los pulsos de surgencia que comienzan a manifestarse en el mes de noviembre.

De estas observaciones podemos concluir que los afloramientos observados durante el período de estudio presentaron orígenes diferentes.

III.1.2.- SALINIDAD

La salinidad tiene su influencia sobre la densidad del agua, su determinación permite conocer la circulación oceánica, identificar las masas de agua de orígenes diferentes y de seguir sus mezclas a lo largo de las costas o de los sistemas estuarinos (Senior, 1993).

La distribución y evolución vertical de la salinidad es mostrada en la figura 5. Durante las primeras cinco semanas de observaciones se pudo apreciar la presencia de masas de agua con salinidades superiores a 36,8 en toda la columna de agua, alcanzando valores máximos de 37,0 a los 15 y 25 m de profundidad, en el muestreo realizado durante la primera semana. Estos valores de salinidad observados durante las primeras cuatro semanas están asociados al afloramiento de aguas subsuperficiales, tal como lo muestra la presencia de aguas de baja temperatura en la región (fig. 2). Durante la sexta semana se puede apreciar una homogeneización de toda la columna de agua, tal como lo señala la isohalina de 36,8 unidades de salinidad, la cual está íntimamente relacionada con la isoterma de los 25 °C (fig. 2).

Figura 5 Variación vertical de la salinidad en el sector norte de la Bahía de Mochima

Entre la sexta y décima semana de observaciones, la salinidad de las aguas disminuye ligeramente, registrándose valores de salinidad con concentraciones de

36,6 unidades. Para este período la distribución vertical es bastante homogénea. Entre las semanas décima y décima segunda se observa una isohalina de 36,8 unidades desde la superficie hasta los 20 m, a excepción de la décima semana a los 15 m que se observa una concentración de 37,0 unidades de salinidad. Entre la decimatercera y décima cuarta semana a partir de los 5 metros y el resto de la columna de agua se visualizan 2 isohalinas muy claras de 36,6 unidades. Los valores de salinidad se incrementan posteriormente a partir de la decimacuarta hasta la decimoctava semana, registrándose valores comprendidos entre 36,8 y 37,4 unidades de salinidad.

Kato (1961), en observaciones realizadas el 28 de noviembre de 1960 señala la existencia de salinidades superficiales comprendidas entre 36,11 y 36,60 unidades, con una casi homogeneidad de la columna de agua, la cual presentaba valores comprendidos entre 36,60 y 36,90; y sugiere que las aguas provenientes del Caribe penetran a la bahía con profundidad, caracterizándose con valores de salinidad de 36,71. Por su parte, Okuda (1975) en sus observaciones realizadas entre 1972 y 1975 en el Golfo de Santa Fe, señala que la presencia de aguas con salinidades superiores a 36,80 corresponde a la penetración en la región de agua subtropical, y son registradas durante los períodos de surgencia moderada.

De manera general, las aguas con bajas salinidades se caracterizan por presentar los mayores valores de temperatura. Observaciones similares fueron reportadas por Okuda y Benítez (1974) para la Fosa de Cariaco, durante observaciones realizadas en la época lluviosa de los años comprendidos entre 1965 y 1972 y Okuda (1975) en observaciones realizadas en el Golfo de Santa Fe. Sin embargo, Febres y Ortega (1974) en sus observaciones sobre la circulación superficial en la Fosa de Cariaco, reportan que las aguas de baja temperatura presentaban igualmente bajas salinidades, y lo atribuye, entre otros, a la posible advección de las aguas afloradas en el norte de la Península de Araya. Comparando los valores obtenidos con los reportados por Méndez (1988) y Pauls (1982) cercanos a la zona de la boca de la bahía antes mencionada, estos se corresponden ya que fluctúan entre 36,2 y 37,0 unidades de salinidad. Los estudios realizados por Kato (1961) sobre las características del agua en la bahía de Mochima señalan un comportamiento isohalino, algo similar se encontró en esta investigación.

Los más bajos valores 36,7 unidades se observan entre septiembre e inicios de noviembre, mientras que entre julio-septiembre y noviembre se observan valores mayores de 36,7 unidades de salinidad. La baja salinidad es causada principalmente, por las fuertes lluvias de la época.

El factor principal determinante en la distribución de la salinidad en la boca parece ser el intercambio de agua entre la bahía y el Mar Caribe. Diversos investigadores coinciden en señalar que la salinidad en la Bahía de Mochima no muestra variaciones bruscas, debido a la falta de desembocaduras de ríos (Okuda y col., 1968; Gamboa, 1974; Fernández, 1995; Rodríguez, 1995; Durán, 2000); sin embargo, en el saco es donde se producen oscilaciones más fuertes, debido probablemente a la escorrentía de las aguas de lluvia (Méndez y col., 1988). Cabe señalar que Pauls (1982) consiguió una muy pequeña variación debido a que no hay aportes de agua dulce permanentes en la zona.

Las observaciones hidrográficas realizadas por Okuda y col. (op.cit.) entre los años 1964 y 1966 señalan que la salinidad varía muy poco estacionalmente, en la bahía de Mochima. Las bajas salinidades en la superficie se deben a las lluvias, mientras que en las capas más profundas no se nota tanta variación. En los meses en los cuales la temperatura es baja se observa una salinidad menor de 36,6; el mismo fenómeno sucede en la época de temperaturas altas. La causa de ambos fenómenos son diferentes; en el primer caso, penetración de aguas profundas desde afuera; en el segundo precipitaciones.

La figura 6 muestra la variación de la salinidad a 0, 15 y 30 m de profundidad, durante las dieciocho semanas estudiadas, las variaciones de salinidad fueron muy poco marcadas durante los primeros muestreos. Es necesario resaltar el incremento de la salinidad apreciado durante la décima semana, en los 15 m de profundidad, cuando se alcanzaron valores de 37,2 unidades de salinidad; este incremento de la salinidad está asociado con la disminución de la temperatura, anteriormente señalada, y es indicativo de que las aguas que penetraron a la bahía durante ese período se caracterizaron por presentar bajas temperaturas y elevadas salinidades. Las variaciones observadas durante las últimas cuatro semanas de muestreo no son normales para la región y podrían estar asociadas a una contaminación de las muestras, por lo que no serán consideradas en la discusión.

Figura 6. Variación temporal de la salinidad a diferentes profundidades

La distribución vertical de la salinidad, durante los meses de agosto a noviembre se muestra en la figura 7, en la superficie oscilaron los valores aproximados entre 36,78 para agosto y 38,85 para octubre. El valor más alto de salinidad en el fondo se observa para el mes de agosto (37,05) y el valor mínimo para septiembre (36,6).

Figura 7. Distribución vertical de la salinidad durante los meses agosto-noviembre 1997

III.1.3.- pH

El pH del agua de mar, cercano a 8,2 principalmente fijado por la presencia de iones carbonatos, CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{2-} . La modificación de las concentraciones en CO_2 (respiración, fotosíntesis, intercambio aire-océano o en CO_3^{2-} (precipitación) provocará pues una modificación del pH. (Senior, 1993).

El pH juega un papel fundamental en la determinación de las condiciones ambientales y en la geoquímica de los estuarios y océanos (Wong, 1979).

En aguas naturales la acidez proviene principalmente del CO_2 , el cual penetra a ella por disolución del anhídrido carbónico atmosférico. En los medios costeros y estuarinos, ciertos vertidos industriales o de los aportes de aguas continentales son la causa de las variaciones del pH que se presenta en este caso como índice de contaminación.

El pH del agua se debe a la presencia en ella de iones H^+ , sustancias capaces de liberar protones directamente a partir de sus moléculas, como los ácidos orgánicos (tánico) e inorgánicos (carbónico) o indirectamente como consecuencia de sus reacciones con el agua; CO_2 y sales hidrolizables: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ y $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ (Alcalá, 1999; Alvarado, 2000).

Según Margaleff (1974), los valores de pH en el mar oscilan entre 8 y 8,3 unidades, el mismo autor dice que: el agua de mar esta fuertemente tamponada, de aquí que su pH varíe poco, las fluctuaciones de éste, medidas con suficiente precisión, son excelentes indicadores de los cambios de CO_2 en agua, relacionados con la fotosíntesis de las algas y con la respiración.

La distribución y evolución del pH es mostrada en la figura 8. De manera general, la distribución de este parámetro fue bastante homogénea y presentó muy poca variación, a lo largo del período de estudio. Los valores oscilaron entre 8,30 y 8,50 unidades; valores de pH de 8,3 unidades se observan durante todo el muestreo desde la superficie, con isolíneas muy definidas. Se puede observar en la semana 2 en la superficie y hasta los 5 metros un valor de 8,5; lo mismo, en la misma semana desde los 10 hasta los 30 m de profundidad. Es claro que los mayores valores de pH estuvieran asociados a la época de mayor intensidad de la surgencia. Los bajos valores de pH se deben probablemente a la utilización del oxígeno por efecto de la

oxidación de la materia orgánica, esta poca variación del pH se debe a que el agua marina esta fuertemente tamponada.

Figura 8 Variación vertical del pH en el sector norte de la Bahía de Mochima

La figura 9 muestra la variación semanal del pH a distintas profundidades, el valor más alto (8,85) se pudo observar para la semana 2 en la superficie, para luego descender en la semana 3 a 8,05; de allí en adelante los valores de pH a esa misma profundidad, oscilaron entre 8 y 8,3. Los valores de pH a los 30 metros fueron los más elevados en forma general, a excepción de la segunda semana; mientras que los valores a los 15 metros fueron intermedios entre los 0 y 30 metros de profundidad.

Figura 9. Variación temporal del pH a diferentes profundidades

La figura 10 muestra la distribución mensual del pH, comprendidas entre los meses de agosto y noviembre, de allí se puede observar el comportamiento de este parámetro, para el mes de agosto se encontraron los valores más elevados oscilando entre 8,5 y 8,8 unidades. Para los meses restantes, no se observó mucha fluctuación ya que sus valores estuvieron comprendidos entre 8,05 y 8,3 unidades. El comportamiento para el mes de noviembre fue muy homogéneo en toda la columna de agua.

Figura 10. Distribución vertical del pH durante los meses agosto-noviembre 1997

III.1.3.- Oxígeno disuelto.

Uno de los gases más comunes disueltos en el agua de mar es el oxígeno y es de gran interés su estudio, debido a la presencia de este en los procesos biológicos, como fotosíntesis y respiración.

Este parámetro es determinante primario de la calidad ambiental del agua de mar y proviene de la disolución del aire generalmente; también de la actividad fotosintética de los organismos vegetales en los cuerpos de agua, variando su concentración según la naturaleza del agua; las no contaminadas y con un gran movimiento, generalmente están saturadas con el gas, dependiendo de la velocidad de aireación, temperatura, hora y calidad de los organismos que realizan la función clorofileana, dando lugar a la liberación de oxígeno. La distribución vertical de oxígeno es presentada en la figura 11, durante las primeras cinco semanas de muestreo, por debajo de los 10 m, se pudo detectar la presencia de una masa de agua con concentraciones de oxígeno disuelto inferiores a 4,5 ml/l, alcanzando valores mínimos de 3 ml/l. Esta agua de baja concentración de oxígeno disuelto presentó, igualmente bajas temperaturas y elevadas salinidades. La disminución de la concentración es debido a la utilización del oxígeno en la degradación de la materia orgánica. Durante todo el estudio, la concentración en oxígeno disuelto de las aguas de la superficie se mantuvo por encima de los 4,5 ml/l, con valores máximos de 5,00 ml/l, apreciados en los primeros 5 m de profundidad entre las semanas 1, 4 y 9. Estas elevadas concentraciones de oxígeno disuelto sugieren la existencia de una intensa actividad biológica en el medio.

Figura 11 Distribución vertical del oxígeno disuelto en el sector norte de la Bahía de Mochima

Entre la sexta y decimocuarta semana de muestreo, el oxígeno se mantuvo homogéneo en toda la columna de agua, con concentraciones siempre superiores a 4 ml/l. Las concentraciones comenzaron nuevamente a disminuir durante las dos últimas semanas, como consecuencia del incremento de los vientos alisios, quienes favorecen el afloramiento de aguas subsuperficiales.

Los máximos valores de oxígeno entre 4,0 y 5,0 ml/l; indican alta fertilidad donde la oxiclina que se presenta muy notable es la 4,5 ml/l, en todo el muestreo a partir de los 10 metros en las primeras semanas, hasta aproximadamente 25 m entre las semanas 8 a las 10, donde asciende a los 5 m en las últimas semanas de muestreo. Los mínimos valores de oxígeno oscilan entre 3,0 y 3,5 ml/l, notándose a partir de los 15 m entre las primeras seis semanas y las dos últimas semanas. Los valores más altos se encontraron durante las primeras 5 semanas del muestreo, coincidiendo con los valores de Durán (2000), los cuales corresponden con aguas muy productivas según Morales (1995) y Alcalá (1999), y son indicativos de que el CO_2 producido por la oxidación de la materia orgánica y por los procesos de respiración, es utilizado por el fitoplancton para la síntesis de la materia orgánica a través del proceso de fotosíntesis, es decir que la fijación del CO_2 por efecto de la fotosíntesis disminuye el efecto tampón o buffer del sistema y este se hace más alcalino.

Kato (1961) reportó sobresaturación de oxígeno en aguas superficiales en la boca de la bahía. En este sentido Pauls en 1982 y Jiménez en 1984, explican que esta zona está más expuesta a la acción de los vientos y de las corrientes oceánicas.

En 1993, Senior menciona que dentro de los factores que determinan la concentración de oxígeno en el agua se encuentran el intercambio de la interfase aire océano, la difusión y mezcla en el seno de las masas de agua y la utilización por los organismos acuáticos para la respiración (que incluye la degradación bacteriana de la materia orgánica).

La figura 12, muestra la distribución vertical del oxígeno durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 97. En agosto se registran las más elevadas concentraciones, a nivel superficial, con valores ligeramente superiores a 5 ml/l. Las concentraciones disminuyeron rápidamente con la profundidad, hasta alcanzar valores cercanos a 3,2 ml/l a los 30 m. La gráfica muestra claramente la presencia de una oxíclina bien marcada durante este período, la cuál está íntimamente relacionada con la termoclina descrita anteriormente. Las concentraciones superficiales disminuyeron durante los otros meses muestreados, manteniéndose, sin embargo, superiores a 4 ml/l. Durante estos meses la distribución vertical de oxígeno fue prácticamente homogénea en toda la columna de agua.

Figura 12. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l) entre los meses agosto-noviembre 1997

Las observaciones semanales, mostradas en la figura 13, realizadas entre el 4 de agosto y el 28 de noviembre de 1997 ponen en evidencia las variaciones a corta escala del oxígeno disuelto en la columna de agua, en la estación 1, ubicada a la entrada de la bahía (fig. 1). Los máximos valores se registraron en la superficie, con valores cercanos a 5,5 ml/l, en la cuarta semana de muestreo. Los más bajos valores se registraron a 30 m de profundidad, con valores mínimos cercanos a 2,8 ml/l, durante las primeras cinco semanas, a excepción de la cuarta semana, que alcanzo valores cercanos a 3,7 ml/l. Durante la octava, novena, decimosegunda y decimotercera semana, se aprecia un incremento bastante marcado de las concentraciones en las aguas del fondo, alcanzando valores muy similares a los observados en las aguas superficiales, como consecuencia de la homogeneización de la columna de agua, y la actividad biológica. A partir de la décima cuarta semana, las aguas subsuperficiales comienzan a mostrar una disminución de la concentración en oxígeno disuelto, lo cual es debido a las pulsaciones de la surgencia costera que comienza a sentirse durante estas últimas semanas.

Figura 13. Variación temporal del oxígeno disuelto (ml/l) a diferentes profundidades

III.2.- HIDROQUÍMICA

III.2.1.- Amonio

El amonio es un nutriente interesante por que a veces actúa como elemento nutritivo y en ocasiones como tóxico a los organismos, especialmente para los peces. Este parámetro proviene principalmente de la primera etapa de la remineralización del nitrógeno orgánico y como producto de la excreción del zooplankton, (Godoy, 1991; Alvarado, 2000). En las aguas costeras no contaminadas los valores son generalmente inferiores a $1 \mu\text{M}$. Este parámetro es utilizado por el fitoplancton como fuente de nitrógeno y oxidado por las bacterias nitrificantes.

La figura 14 muestra la distribución vertical de las concentraciones de amonio durante el periodo de estudio. Las concentraciones estuvieron comprendidas entre $0,5$ y $2,0 \mu\text{M}$, con un valor promedio de $0,7 \mu\text{M}$. Los valores mínimos $0,5 \mu\text{M}$ se detectaron entre las primeras 10 semanas, a profundidades desde 0 hasta 15 metros aproximadamente y entre las semanas décima séptima y decimioctava en toda la columna de agua; mientras que las concentraciones máximas se detectaron a 25 m de profundidad, durante las semanas sexta y novena.

Figura 14 Distribución vertical del amonio en el sector norte de la Bahía de Mochima

Durante las primeras siete semanas de muestreo se pudo apreciar que las concentraciones de amonio, en los primeros 20 m de profundidad, se ubicaron por debajo de los $0,5 \mu\text{M}$; como consecuencia de la asimilación de este elemento

nutritivo por los organismos del fitoplancton. Por debajo de los 20 m de profundidad se detectaron concentraciones superiores a 1 μM , alcanzando valores ligeramente superiores a 2 μM , entre la séptima y octava semana. Estas concentraciones fueron consecuencia de la penetración de aguas ricas en nutrientes. El resto de los muestreos efectuados reportaron concentraciones comprendidas entre 0,5 y 1,0 μM , en prácticamente toda la columna de agua, con valores superiores a 1,0 μM en las aguas superficiales durante las semanas 11 y 14.

Las concentraciones de amonio relacionadas con los bajos valores de pH y oxígeno, indican que la materia orgánica ha sido degradada, consumiendo el oxígeno y aportando iones amonio al medio como primer producto en este proceso, con la consecuente disminución del pH. Caso contrario a lo ocurrido en este estudio.

La figura 15 muestra la distribución vertical del amonio. Resalta las bajas concentraciones superficiales detectadas en agosto, originadas por el consumo de los organismos del fitoplancton. Las concentraciones superficiales se incrementan en los meses subsiguientes, sugiriendo la disminución de la actividad fotosintética en las aguas de la bahía de Mochima durante ese período.

Figura 15. Distribución vertical de amonio ($\mu\text{mol/l}$) durante los meses agosto-noviembre 1997

Por debajo de los 15 m de profundidad las concentraciones de amonio aumentan durante todos los meses examinados. Los más elevados valores se apreciaron en septiembre, cuando se detectaron concentraciones cercanas a 2.5 μM .

Las variaciones semanales de amonio a 0, 15 y 30 m de profundidad, figura 16, muestran un comportamiento bastante irregular de las concentraciones. Durante las primeras tres semanas las concentraciones fueron superiores a los 30 m de profundidad, alcanzando valores máximos cercanos a 1,5 μM . Estas concentraciones son ocasionadas por la presencia de masas de agua que afloran en la región. Los máximos valores a esa profundidad se detectaron durante las semanas 7 y 8, cuando se registraron concentraciones por encima de los 2 μM . Durante esas semanas se apreció un aporte importante de amonio a las aguas superficiales, registrándose concentraciones por encima de 1 μM . La disminución de las concentraciones apreciadas durante la novena, décima y décima primera semana no parece estar relacionada por la absorción de este elemento por los organismos del fitoplancton; lo mismo sucede entre las semanas 13, 14 y 15. Durante ese mismo período apareció una disminución de la temperatura, de la concentración de oxígeno disuelto y un incremento de la salinidad, particularmente a los 15 m de profundidad, donde las concentraciones de amonio no fueron detectadas, lo cual sugiere que se trata de la presencia de una masa de agua, donde el amonio ha sido oxidado a compuestos más estables.

Figura 16. Variación temporal del amonio (μM) a diferentes profundidades

III.2.2.- Nitrito.

Este parámetro junto con el nitrato están presentes en el ciclo del nitrógeno como soporte principal para el crecimiento del fitoplancton. En condiciones de poca luz, el fitoplancton esta en capacidad de excretar nitrito y nitrato, también durante períodos de gran consumo de nutrientes.

El nitrito es la forma más inestable de nitrógeno inorgánico y de bajas concentraciones en el agua de mar, probablemente se deba a un proceso de descomposición de la materia orgánica en los sedimentos (Casto, 1995). Se encuentra en el agua de mar como un producto intermedio en los procesos de oxidación del nitrógeno entre el amonio y el nitrato. Según Godoy (1991) y Senior (1991), las concentraciones en aguas dulces y marinas oscilan entre 0,0 y 1,0 $\mu\text{mol/l}$, mientras que en aguas oceánicas son extremadamente bajas ($< 0,1 \mu\text{mol/l}$) y en aguas costeras pueden alcanzar 1,0 $\mu\text{mol/l}$ (Godoy, op.cit).

La figura 17 muestra el comportamiento de nitrito. Las aguas superficiales estuvieron prácticamente desprovistas de este elemento muy por debajo de los 0,5 μM . Concentraciones superiores a 0,5 μM se apreciaron en profundidad, encontrándose casi siempre por debajo de los 15 m, con la excepción de las tres últimas semanas de muestreo, cuando estos valores se detectaron hasta los 5 m de

profundidad. Las mayores concentraciones se registraron a nivel de fondo, particularmente durante las siete primeras semanas del estudio, alcanzándose valores de hasta $2,8 \mu\text{M}$, los que estuvieron asociados a la presencia de masas de agua de baja temperatura, elevado contenido de nutrientes y bajo contenido de oxígeno, sugiriendo que este nitrito provenía de la oxidación del amonio presente en las aguas.

Figura 17 Variación vertical de nitrito en el sector norte de la Bahía de Mochima

Los valores mayores a $0,5 \mu\text{mol/l}$, se visualizan a partir de la primera semana de agosto hasta principios de septiembre a aproximadamente los 25 m de profundidad. A mediados de septiembre y principios de octubre a partir de los 17 m de profundidad y las dos últimas semanas de noviembre entre los 15 y los 25 m de profundidad.

En la figura 18 se aprecia la variación vertical del nitrito durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre de 1997. Las aguas superficiales mostraron concentraciones inferiores a $0,1 \mu\text{M}$; a excepción del mes de septiembre que mostró una pequeña diferencia. Las concentraciones se mantuvieron bajas en los primeros 15 m de profundidad, a partir de la cual se apreció un incremento de los valores, particularmente durante las observaciones de agosto y noviembre.

Figura 18. Distribución vertical del nitrato (μM) durante los meses agosto-noviembre 1997

Las observaciones de nitrato a 0, 15 y 30 m de profundidad, durante las dieciocho semanas examinadas se presentan en la figura 19. Se aprecia como efectivamente las concentraciones de nitrato son bajas en superficie. Las concentraciones variaron entre no detectadas y $0,32 \mu\text{M}$, con un valor promedio de $0,08 \mu\text{M}$ y una desviación estándar de $0,08 \mu\text{M}$, registrándose los valores máximos durante la semana número 12. A los 15 m de profundidad las concentraciones oscilaron entre no detectadas y un valor máximo de $1,11 \mu\text{M}$, para un promedio de $0,30 \mu\text{M}$ y una desviación estándar $0,38 \mu\text{M}$. El valor máximo se registró durante la última semana muestreada, registrándose valores cercanos a $1 \mu\text{M}$ durante la quinta y décimo séptima semana. Las aguas de fondo, como se señaló anteriormente, fueron las que presentaron las más elevadas concentraciones de nitrato. En efecto los valores estuvieron comprendidos entre $0,01$ y $4,74 \mu\text{M}$, con un valor promedio de $1,44 \mu\text{M}$ y una desviación estándar de $1,49 \mu\text{M}$. Los valores más elevados se detectaron durante la cuarta, quinta y décima semana, y estuvieron asociados a disminuciones marcadas de la concentración de oxígeno disuelto, lo cual sugiere que el origen de estas concentraciones está asociado a la oxidación del amonio por la actividad bacteriana.

Figura 19. Variación temporal del nitrito (μM) a diferentes profundidades

Okuda et al. (1974), reportan concentraciones de nitrito superiores a $1,5 \mu\text{M}$ en la depresión oriental de la Fosa de Cariaco, valores muy superiores a los registrados en la depresión occidental, atribuyéndolo a los procesos de desnitrificación que allí se producen. Estas aguas cargadas en nitrito podrían estar aflorando en la región aquí estudiada. Okuda (1975) reporta la presencia de concentraciones de nitrito superiores a $2 \mu\text{M}$ a 30 m de profundidad en el Golfo de Santa Fe, sin emitir opiniones sobre el posible origen de esos valores.

III.2.3.- Nitrato

El nitrato es el producto final de la oxidación de los compuestos de nitrógeno en el mar y se le considera que es el único nivel termodinámicamente estable del nitrógeno, en presencia del oxígeno.

En las áreas de surgencia el suministro es a menudo considerablemente más alto que la tasa de consumo, por esta razón las medidas de concentración de nitratos puede ser indicador de surgencia. Las concentraciones inferiores de nitrato se deben a una mayor asimilación fitoplanctónica.

Figura 20 Variación vertical del nitrato en el sector norte de la Bahía de Mochima

La figura 20 muestra las variaciones del nitrato en la Bahía de Mochima durante el presente estudio. Los primeros 5 m de profundidad mostraron concentraciones inferiores a $1,5 \mu\text{M}$, con la excepción de las observaciones realizadas durante las semanas 2, 3, 4 y 16, cuando se pudieron apreciar valores ligeramente superiores a $2 \mu\text{M}$. Las concentraciones se incrementaron con la profundidad para alcanzar valores superiores a $9 \mu\text{M}$, en el fondo. Las elevadas concentraciones apreciadas por debajo de los 20 m son el producto de la penetración de masas de agua ricas en este elemento y que han sufrido una fuerte degradación de la materia orgánica que contenían. Es importante observar el comportamiento de la

isolínea de los $1,0 \mu\text{M}$, la cual presenta un comportamiento similar a la de $4,50 \text{ mg/l}$ de oxígeno disuelto (fig.11). Esta isolínea indica claramente los aportes de nutrientes hacia las aguas superficiales, como consecuencia de las pulsaciones de la surgencia costera que tiene lugar en la región.

Figura 21. Distribución vertical de nitrato (μM) durante los meses agosto-noviembre 1997

La distribución vertical (fig. 21) muestra algunas interesantes características. En primer lugar, la homogeneización de las concentraciones en la columna de agua durante los meses de agosto y octubre, a pesar de existir una estratificación térmica durante ambos meses (fig. 3). Esto estaría indicando que a nivel superficial estaría actuando otro proceso fertilizante en la región. Existen posibilidades que las lluvias de la temporada estén jugando un papel fundamental en el aporte de estos elementos a las aguas superficiales, así como el aporte por el río Manzanares, ubicado a una veintena de kilómetros de la estación estudiada. En el mes de septiembre, las concentraciones disminuyen ligeramente en los primeros 5 m de profundidad para luego mantenerse casi constantes con la profundidad. Durante el mes de noviembre, cuando las concentraciones superficiales fueron máximas, se apreció una disminución de las concentraciones durante los primeros 15 m de profundidad, para luego incrementarse y alcanzar valores cercanos a $7 \mu\text{M}$ en el fondo.

En la figura 22 se muestran las variaciones semanales de nitrato durante las 18 semanas examinadas a 0, 15 y 30 m de profundidad. A nivel superficial las concentraciones estuvieron comprendidas entre 0,5 y 3,84 μM , con un valor promedio de 1,46 μM y una desviación estándar de 0,91 μM . Apareciéndose los valores mayores, como anteriormente se ha indicado, en las semanas 3 y 16, caracterizadas por la presencia de pulsaciones de la surgencia costera.

A los 15 m de profundidad las concentraciones estuvieron comprendidas entre 0,63 y 4,34 μM , con un valor promedio de 1,60 μM y una desviación estándar de 1,08 μM . Las concentraciones máximas se detectaron durante la novena semana, manteniendo una evolución bastante uniforme el resto del tiempo. Las mayores variaciones se observaron a los 30 m de profundidad. Las concentraciones estuvieron comprendidas entre el amplio rango de 0,63 a 15,50 μM , con un promedio de 5,01 μM y una desviación estándar de 4,56 μM . Los valores máximos se detectaron durante las semanas 4 y 5 de muestreo. Esas elevadas concentraciones están asociadas a valores mínimos de oxígeno disuelto (fig. 13), amonio (fig. 16) y valores máximos de nitrito (fig. 19), lo cual está sugiriendo que existían procesos de nitrificación intensos para ese momento.

Figura 22. Variación temporal de nitrato (μM) a diferentes profundidades

En la bahía de Mochima, García (1978) observó una reducción de las concentraciones de nitratos (nitrógeno inorgánico) probablemente debido a procesos de asimilación de este nutriente por el fitoplancton. Similarmente, en el Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes, Okuda (1975) encontró que las concentraciones de nitrato en la superficie eran inferiores a 2 μM debido al consumo de este nutriente a través de las actividades fotosintéticas.

Okuda et al (1974) señalan que la capa máxima de nitrato se encuentra ubicada entre los 70 y 200 m de profundidad en la depresión oriental de la Fosa de Cariaco, donde se registraron concentraciones superiores a los 10 μM . El afloramiento de esta agua podría estar asociado al origen de las aguas profundas que penetran en la bahía de Mochima.

III.2.4.- Silicato

El silicio es un elemento nutritivo que entra en la composición de los esqueletos de algunas especies fitoplanctónicas, para las cuales es indispensable (Senior, 1985). La sílice, lo mismo que el calcio, se haya sometido íntimamente a ciertos ciclos biológicos, sobre todo a los de las diatomeas. La disponibilidad de este elemento afecta la productividad de diatomeas y abundancia en la totalidad de fitoplancton.

El silicio se encuentra bajo dos formas principales:

- a. Disuelto, como ácido ortosilícico que forma soluciones estables de H_2SiO_4 y le da cierto carácter amortiguador, aunque menos que el sistema carbónico-carbónico.
- b. En suspensión que a su vez se encuentra en la materia viva, formando parte del caparazón de las diatomeas y absorbida a partículas inorgánicas o formando complejos orgánicos (Ocando, 1992).

En la figura 23, se muestra la distribución de las concentraciones de silicatos en la columna de agua durante las 18 semanas de observaciones.

Los más bajos valores de silicato se observan en las semanas 1 y 2 hasta los 15 m de profundidad, entre las semanas 6 y 7 hasta los 20 m y en la superficie en las

semanas 8 y 9. Concentraciones superiores a los 4 μM se aprecian en las primeras seis semanas desde los 20 m hasta el fondo entre las semanas 13 y 14 entre los 15 y 20 m. y entre las semanas 15, 16, 17 y 18 entre los 5 y 10 m y entre los 25 y 30 m en las semanas 16, 17 y 18.

Figura 23 Variación vertical del silicato en el sector norte de la Bahía de Mochima

Los valores de silicato oscilan entre 2,00 y 6,00 μM . Durante las primeras cuatro semanas se pudo apreciar la presencia de aguas con concentraciones superiores a 5 μM , por debajo de los 25 m de profundidad. Para ese mismo período, las concentraciones en la columna de agua estuvieron cercanas a los 3,5 μM .

Se encontró un valor mínimo de 3,0 μM , el cual es prácticamente homogéneo en el resto de muestreo tal como lo muestra la figura antes mencionada.

La figura 24 muestra la distribución vertical de silicato durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. En la superficie los valores estuvieron comprendidos entre 2 y 3 μM . Este gráfico muestra la homogeneización de las concentraciones en la columna de agua durante los meses de agosto, septiembre y octubre hasta los 10 m. El comportamiento de silicato en el mes de noviembre es muy diferente hasta los 15 m ya que alcanza valores cercanos a 9 μM ; a partir de los 15 m sigue un comportamiento de acuerdo a los otros meses.

Figura 24. Distribución vertical de silicato (μM) durante los meses agosto-noviembre 1997

La figura 25 muestra la variación semanal de silicato a los 0, 15 y 30 m, las más altas concentraciones se registraron a los 30 m a excepción de la decimatercera semana en la cual su valor fue más alto a los 15 metros.

Figura 25. Variación temporal de silicato (μM) a diferentes profundidades

Otra profundidad que se mostró con valores altos seguida a la de 30 m fue la profundidad de 15 m, cuyas concentraciones oscilaron entre aproximadamente 1 y 5,25 $\mu\text{mol/l}$; las semanas con los más altos valores de silicato fueron la cuarta y la décima tercera y la de menor valor fue la sexta. En la superficie se muestran los valores entre 1,25 como mínimo y un valor cercano a 4 $\mu\text{mol/l}$ como máximo.

Los valores a 0 metros oscilaron entre 1,34 $\mu\text{mol/l}$ y 4,01 $\mu\text{mol/l}$; mientras que a los 15 m estuvieron entre 1,34 y 5,34 $\mu\text{mol/l}$ y para los 30 m variaron entre 2,51 y 6,68 $\mu\text{mol/l}$

III.2.5.- Fوسفato

El fósforo, presente como diversas formas de fوسفato, es de gran importancia en una amplia variedad de procesos biológicos y químicos en las aguas naturales, los desechos y el tratamiento de aguas. El fوسفato es un nutriente que se requiere para el crecimiento del protoplasma viviente que contiene aproximadamente el 2 % de fósforo en peso, base seca. El fósforo puede ser limitante del crecimiento de las plantas acuáticas fotosintéticas dada la escasa concentración.

El fósforo bajo ciertas condiciones puede ser liberado de los sedimentos a la columna de agua y este es aprovechado potencialmente, como un nutriente para el crecimiento del fitoplancton (Bonilla y col., 1979).

La especie principal de fósforo disuelto en aguas naturales es el anión fوسفato (PO_4^{-3}), aunque pueden estar presentes polímeros y formas orgánicas.

En la figura 26 se muestra la variación de fوسفato. De manera general, no se observan mucha fluctuación; en la superficie y hasta los 5 metros de profundidad es donde se evidencian valores de fوسفato, cuyos valores oscilaron desde 0,25 hasta 3,00 μM . La concentración más alta 3 μM se observa a los 10 metros en la primera semana. Concentraciones entre 1,5 y 3 μM se visualizan en la semana 1 entre los 5 y 10 metros y en las semanas 10 y 11 en la superficie. Valores mayores a 0,5 μM en la superficie y hasta aproximadamente los 5 metros desde la semana 2 hasta la 13. En la primera semana entre los 5 y 15 m y entre los 20 y 30 m de profundidad.

Entre las semanas 1 y 2 se puede apreciar que entre los 5 y 15 metros los valores oscilaron desde 0,5 a 3,5 μM para luego entre los 20 y 30 metros tomara valores de 0,5 μM ; en la semana 11 se observa un núcleo de 0,5 μM .

La distribución de fosfato se observa más que todo a nivel de superficie; a partir de la semana 2 hasta la 13, notándose las mayores concentraciones entre las semanas 10 y 12. Las concentraciones mínimas estuvieron entre valores no detectados y 0,5 μM

Figura 26 Variación vertical de fosfato en el sector norte de la Bahía de Mochima

La figura 27 muestra la distribución vertical de fosfato, los valores de fosfato en la superficie alcanzaron valores cercanos a 3 μM en el mes de octubre; en septiembre se muestra un comportamiento similar.

Los meses de agosto y noviembre presentaron un comportamiento similar, en agosto los valores oscilaron desde 0 en la superficie hasta 0,5 μM a los 30 metros, mostrando un aumento progresivo. En noviembre los valores oscilan desde 0,1 hasta 0,5 μM aproximadamente. Para el mes de septiembre en la superficie los valores van desde 1,5 μM para luego descender progresivamente con la profundidad hasta 0,2 μM .

Figura 27. Distribución vertical del fosfato(μM) durante los meses agosto-noviembre 1997

La figura 28 muestra la variación semanal de fosfato a 0, 15 y 30 metros, observándose que las mayores concentraciones se aprecian en la superficie alcanzando valores cercanos a $3,2 \mu\text{M}$ en las semanas 10 y 11, también entre las semanas 15 y 18 las concentraciones estuvieron entre valores no detectados hasta $0,5 \mu\text{M}$.

Figura 28. Variación temporal del fosfato (μM) a diferentes profundidades

A los 15 m los valores fluctuaron desde no detectados a 1,3 $\mu\text{mol/l}$ aproximadamente en la semana 11, muy particularmente se aprecia que los valores son muy parecidos entre las semanas 1 y 18. A los 30 en la semana 1 el valor reflejado es aproximado a 0,6 $\mu\text{mol/l}$, ya para las semanas 4 y 5 asciende un poco el valor y luego disminuye hasta llegar muy cerca de 0 $\mu\text{mol/l}$ para luego ascender en la semana 16 a 0,7 $\mu\text{mol/l}$ y mantenerse estable entre las semanas 17 y 18.

Es importante observar que las concentraciones son bastantes bajas igualmente en surgencia lo que estaría indicando una limitación del crecimiento por este elemento.

III.2.6.- Nitrógeno total

El nitrógeno total viene a ser igual a la suma de todos los elementos nitrogenados inorgánicos más la forma nitrogenada orgánica total (Garmendia, 1992; Alcalá, 1999).

En la figura 29 se muestra la variación de nitrógeno total, las concentraciones oscilaron entre 15 y 60 $\mu\text{mol/l}$. Valores comprendidos entre 15 y 30 $\mu\text{mol/l}$ se observan en la primera semana en toda la columna de agua hasta los 25 metros, donde toma valores mayores a 30 $\mu\text{mol/l}$; en las semanas 2 y 3 se observan en toda la columna de agua. En la superficie, entre las semanas 12 y 14, se detectaron concentraciones de 45 a 50 $\mu\text{mol/l}$, a los 5 metros alcanzó a 40 $\mu\text{mol/l}$. Lo mismo en la superficie, entre las semanas 16 y 17, se notaron valores de nitrógeno total de 40 $\mu\text{mol/l}$; también en esas mismas semanas a partir de los 20 m hasta el fondo y en la semana 13 entre los 15 y 20 m. Los máximos valores se encontraron sobre todo a nivel superficial desde la segunda semana de agosto. Los más altos valores se observaron a finales de septiembre y meses subsiguientes con un valor de 50 $\mu\text{mol/l}$ y a nivel superficial durante octubre se mostró un valor de 40 y 50 $\mu\text{mol/l}$. En la semana 18 desde la superficie hasta los 5 metros, los valores de nitrógeno total oscilaron desde 30 a 40 $\mu\text{mol/l}$ a partir de los 5 metros y hasta el fondo los valores fueron menores de 30 $\mu\text{mol/l}$.

Figura 29 Variación vertical del nitrógeno total en el sector norte de la Bahía de Mochima

En 1968, Okuda y col. señalaron que la variación mensual de nitrógeno (orgánico e inorgánico) en la bahía de Mochima y en la ensenada Grande del Obispo, se debe no solamente a la producción local sino también a la influencia de factores hidrográficos, tal como el intercambio del agua entre el interior y el exterior de la misma.

Los máximos valores de nitrógeno total detectados a mediados de octubre y noviembre coinciden con lo encontrado por Durán (2000) y se deben quizás a los aportes del Río Manzanares durante la época de lluvia. En este sentido, Mora y col., (1967), encontraron gran difusión de agua originaria de ese mismo río, el cual llega en algunas oportunidades hasta la boca de la bahía de Mochima (dirección este-oeste) influenciado por la dirección de los vientos y las mareas.

La distribución vertical, figura 30, muestra el comportamiento del nitrógeno total, los valores superficiales oscilaron desde 20 a 43 $\mu\text{mol/l}$, se aprecia que el menor valor superficial le corresponde al mes de agosto, el mayor a septiembre para luego bajar a un valor cercano a 37 $\mu\text{mol/l}$ en octubre y ya para noviembre toman valores de 39 $\mu\text{mol/l}$.

Para el mes de agosto en la superficie se aprecia un valor de 20 $\mu\text{mol/l}$ aumentando un poco a los 15 metros y tomar un valor cercano a 32 $\mu\text{mol/l}$

descendiendo bruscamente a los 30 m para alcanzar los 22 $\mu\text{mol/l}$ aproximadamente. El mes de octubre presentó un comportamiento muy irregular, con muchas fluctuaciones. Los meses de septiembre y noviembre tienen un comportamiento más uniforme.

Figura 30 Distribución vertical de nitrógeno total (μM) durante los meses agosto-noviembre 1997

La variación del nitrógeno total a 0, 15 y 30 metros (fig. 31) muestra el comportamiento para ese parámetro; los mayores valores son observados en la superficie a excepción de las semanas 1 y 2 con valores de 5,15 y 19,89 μM respectivamente y en la semana 17, que mostró un pequeño incremento con respecto al fondo, alcanzando un valor de 47,88 μM ; igualmente en la semana 10 hubo un descenso.

Figura 31. Variación temporal de nitrógeno total (μM) a diferentes profundidades

III.2.7.-Fósforo total

El fósforo total es la suma de los iones fosfato más fósforo proveniente de la oxidación de la materia orgánica fosforada.

El fósforo es uno de los micronutrientes importantes en el medio marino, debido a que la distribución y variación de las diferentes formas que este elemento presenta en el mar son consecuencia directa de su ciclo biogeoquímico. Según Reyes (1982), el estudio de este nutriente es de mucho interés porque puede ser utilizado como índice de la producción y descomposición orgánica, además como indicador de los movimientos de las masas de aguas.

En la figura 32 se muestra la variación de fósforo total, las concentraciones para este parámetro variaron desde valores de 0,1 hasta un máximo de 3,0 $\mu\text{mol/l}$.

Figura 32 Variación vertical del fósforo total en el sector norte de la Bahía de Mochima

Los máximos valores se encontraron sobre todo en la superficie, entre 1 y 1,5 $\mu\text{mol/l}$, sin embargo en las semanas 10, 11, 12 esos valores se incrementaron y llegaron a alcanzar los 3,0 $\mu\text{mol/l}$ en la semana 11. También se aprecia el mismo comportamiento en la semana 9 entre los 17 y 20 m. En el resto de la figura predominan valores inferiores a 1 $\mu\text{mol/l}$. Coincidiendo con Duran, (2000) en la Bahía de Mochima; las mayores concentraciones se observaron durante la última semana de septiembre, la cual alcanza un valor de 2 $\mu\text{mol/l}$. Las bajas concentraciones de fósforo se deben a la incorporación de este elemento por el fitoplancton mediante el proceso fotosintético, tal como lo encontrado por Moigis y col. (1988) en el Golfo de Paria.

El fósforo total en forma de iones fosfato es liberado de la materia orgánica y del fósforo metálico. Por otra parte, la considerable liberación del fósforo ocurre poco tiempo después de la deposición en forma de fosfato, ortofosfato y polifosfato (Alvarado, 2000).

La distribución vertical del fósforo total se muestra en la figura 33 donde en la superficie los valores van desde 0,5 a 4,15 $\mu\text{mol/l}$.

Figura 33. Distribución vertical del fósforo total (μM) durante los meses agosto-noviembre 1997

Se puede observar que para el mes de agosto no hubo mucha fluctuación, los valores oscilaron desde 0,5 μM en la superficie, a los 15 m alcanzo un valor aproximado de 1,1 μM para luego en el fondo tener un valor de 0,7 μM . En octubre el valores superficial es de 1,6 μM ; luego a los 5 m baja a 0,5 μM ; a los 20 m llega a 0,8 μM y en el fondo 0,6 μM . Los valores de octubre fueron los más elevados en comparación con los otros meses; en la superficie su valor fue de 4,1 μM ; a los 5 m bajo a 0,4 μM ; a los 10 m se elevo a 1,9 μM ; a los 20 m llego a 0,5 μM y en el fondo tomo un valor de 1,3 μM . En noviembre variaron desde 0,7 μM en la superficie; 0,3 a los 5 m; 0,9 μM a los 20 m y 0,7 μM en el fondo.

En la variación semanal del fósforo total, figura 34, los valores superficiales fueron más elevados y los más bajos fueron los de fondo.

Los valores más altos en la superficie se aprecian en la semana 3 con un valor muy cercano a 2,5 μM ; la semana 8 desciende a 1,8 μM para luego tomar un máximo valor en la semana 11 de 4,1 μM ; en la semana 13 desciende muy cerca 2,5 μM para bajar bruscamente en la semana 14 a 0,6 μM ; en la semana 15 su valor es de 0,8 μM y en las semanas restantes se mantiene en 0,5 μM .

A los 15 metros de profundidad se pueden notar los valores más altos en las semanas 2 (1,1 μM); en la 11 (1,7 μM) y 0,8 μM en la semana 16. A los 30 metros las fluctuaciones no fueron tan bruscas, los valores estuvieron comprendidos entre 0,5 y 1 μM ; en la semana 1 su valor fue de 0,7 μM ; en las semanas 3 y 5 alcanzo un valor

de 0,9 μM para luego aumentar en la semana 11 a 1,2 μM descendiendo a 0,5 μM en la semana 15 y en la 18 alcanzó un valor de 1,1 μM .

Figura 34 Variación temporal del fosforo total (μM) a diferentes profundidades

III.3.- HIDROBIOLOGÍA

III.3.1.- Clorofila a

Los índices pigmentarios han sido utilizados para determinar la distribución y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas; así como también para relacionar sus variaciones temporales y espaciales con los parámetros fisicoquímicos (Fermín, 1996). También sirve para evaluar la capacidad de producción del medio ambiente de los diversos ecosistemas marinos.

La cantidad y distribución de clorofila esta condicionada por diversos factores externos como: temperatura, luz, presencia de oxígeno y elementos nutritivos; e internos como la presencia en las células de carbohidratos solubles, cuya energía se requiere para la síntesis de productos orgánicos indispensables (Méndez, y col, 1988; Garmendia, 1992; Ocando, 1992; Alcalá, 1999).

Los valores de clorofila a se visualizan en la figura 35 encontrándose en la columna de agua de la boca en la Bahía de Mochima valores que oscilan entre 0,5 y 8 mg/m^3 . Estas concentraciones son relativamente semejantes si las comparamos con los valores de clorofila a obtenidos las Bahías de Pozuelo y Bergantín (Gómez y col., 1984). Los máximos entre 4 y 6 mg/m^3 se observan en las semanas 1 y 2 entre los 10 y 20 m de profundidad y también en las semanas 4, 5 y 6 a partir de los 10 m y hasta cercano a los 25 m. Estas fluctuaciones de los máximos de clorofila pueden estar condicionadas a la intensidad de los procesos bióticos.

Por otro lado, a partir de la tercera semana los valores están por debajo de los 0,5 mg/m^3 . Durante todo el muestreo los valores superficiales fueron inferiores a 0,5 mg/m^3 , esa baja concentración de clorofila a partir de septiembre que se observa en la figura 35 es similar a lo encontrado en la parte norte del Golfo de Cariaco; en el periodo comprendido entre septiembre y diciembre por Alcalá en 1999. Ferraz de Reyes reporta unas bajas concentraciones de 0,65 $\mu\text{g}/\text{l}$ en septiembre de 1974 y 0,19 $\mu\text{g}/\text{l}$ en noviembre de 1975.

Figura 35 Variación vertical de la clorofila en el sector norte de la Bahía de Mochima

Es importante señalar que en el periodo comprendido de septiembre a noviembre en toda la columna de agua no se detectó ningún contenido de clorofila (fig. 35). Esto quizás se puede aducir a la poca sensibilidad del método utilizado que

puede estar enmascarando las muy bajas concentraciones de este parámetro; o también puede ser efecto de una mayor actividad abiótica.

La figura 36 muestra la distribución vertical de la clorofila *a* entre los meses agosto y noviembre. En la superficie los valores son inferiores a $0,25 \text{ mg/m}^3$; durante el mes de agosto se puede observar que fue el mes con las más altas concentraciones alcanzando valores cercanos a 5 mg/m^3 entre los 15 y 20 m; para luego disminuir rápidamente y tener valores inferiores a $0,25 \text{ mg/m}^3$ a los 30 m. Los meses de septiembre, octubre y noviembre tiene un comportamiento similar solo que en septiembre hasta los 10 m tiene los mayores valores, en noviembre se detectaron los más bajos valores muy cercanos a 0 mg/m^3 .

Figura 36. Distribución vertical de la clorofila *a* (mg/m^3) durante los meses agosto-noviembre 1997

La figura 37 muestra la variación de la clorofila *a* a 0, 15 y 30 metros de profundidad. Los más altos valores de concentración se visualizan a los 15 metros alcanzando valores de 9 mg/m^3 en la primera semana para luego descender a la semana cuatro con un valor de 2 mg/m^3 ; donde sube hasta alcanzar los 8 mg/m^3 en la semana 5, hasta descender a un valor de $0,5 \text{ mg/m}^3$ en la semana 6, en las semanas restantes los valores estuvieron muy cercanos a 0 mg/m^3 . A los 30 metros se observan dos pequeños máximos de 1 mg/m^3 aproximadamente en las semanas 3 y 6. Los más bajos valores se visualizan para la superficie, con unas pequeñas alturas,

presentes en las semanas 5, 6, 15 y 17. Gómez y col. (1984), compararon los valores obtenidos por ellos con otras áreas cercanas, como el Golfo de Santa Fe, y no observaron grandes diferencias en las concentraciones; aducen que los máximos y mínimos de concentraciones de clorofila a, van a depender no solo de la cantidad del fitoplancton presente, sino también de otros factores tales como la radiación solar, propiedades químicas y físicas del agua, el carácter taxonómico, el tamaño de las células, su edad y las condiciones fisiológicas que presenta el agua.

Figura 37. Variación temporal de clorofila (mg/m^3) a diferentes profundidades

III.3.2.-Feofitina

Los feopigmentos son sustancias presentes en todas la células fotosintéticas, estando su color enmascarado por la clorofila, cuya función es proteger a las moléculas de ésta cuando sé esta en presencia de mucha luz, la cual impide una excesiva foto-oxidación por parte de la clorofila a.

La destrucción de la clorofila conduce a la formación de la feofitina y feoforbidos. La clorofila a, por ejemplo se degrada a feofitina a con la pérdida del magnesio y después a feofórbido a con la pérdida del grupo fitilo (Ocando, 1992).

Figura .38 Variación vertical de feofitina en el sector norte de la Bahía de Mochima

Los valores de feofitina se visualizan en la figura 38; encontrándose hasta la semana 3 valores mayores a $0,5 \text{ mg/m}^3$. A partir de esa semana en adelante los valores estuvieron comprendidos entre 0 y $0,5 \text{ mg/m}^3$. En las semanas 1 y 2 y entre los 10 y hasta casi los 20 metros se encuentran concentraciones entre 1 y $1,5 \text{ mg/m}^3$. Valores comprendidos entre $0,5$ y 1 mg/m^3 se aprecian en las semanas 1, 2 y 3 en la primera semana entre los 5 y 10 m y entre los 20 y 25 m; en la semana 2 entre los 5 y 20 m y en la semana 3 entre los 15 y 20 metros.

Figura 39. Distribución vertical de feopigmentos (mg/m^3) durante los meses agosto-noviembre 1997

La figura 39 muestra la variación vertical de feopigmentos, algo muy similar en su comportamiento al de clorofila *a*; pero con valores muy inferiores. Para agosto mostró las más altas concentraciones cercanas a 1,3 entre los 15 y 20 m para luego descender a $0,15 \text{ mg/m}^3$ aproximadamente a los 30 metros.

Los meses de septiembre, octubre y noviembre tienen un comportamiento similar, algo parecido a lo encontrado en la clorofila *a*.

La variación semanal a los 0, 15 y 30 metros de feofitina se observan en la figura 40, encontrándose los más altos valores a los 15 metros para las semanas 1 y 2 con valores mayor a 1,3 y en la semana 5 con valores cercanos a $0,6 \text{ mg/m}^3$; descendiendo progresivamente hasta alcanzar un valor muy por debajo de $0,1 \text{ mg/m}^3$ en la semana 7. A los 30 metros se observan valores cercanos a $0,2 \text{ mg/m}^3$ en las semanas 3 y 6. En la superficie los valores estuvieron por debajo de $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Figura 40. Variación vertical de la feofitina (mg/m^3) a diferentes profundidades

III.3.3.- Materia en suspensión

El estudio de la materia en suspensión (MES) resulta de gran importancia en los medios acuáticos. Esta constituida por la materia orgánica en suspensión y la materia inorgánica en suspensión (Garmendia, 1992).

La materia en suspensión constituye una medida de la turbidez, la cual es limitante en la producción primaria, aun cuando los nutrientes sean abundantes, ya que influyen en el grado de penetración de la energía luminosa, la cual es indispensable para los mecanismos biológico (Alvarado, 2000).

Las partículas representan una superficie de contacto importante para los intercambios fisicoquímicos o biológicos que ocurren en un cuerpo de agua, según su naturaleza, la MES puede constituir una fuente nutritiva para la fauna acuática (Garmendia, 1992). La figura 41 muestra la variación de materia en suspensión, los cuales oscilan desde 2,00 mg/l como valor mínimo hasta 9,00 mg/l como valor máximo. Entre las semanas 9 y 11 se observa el mínimo valor, 2 mg/l desde la superficie hasta aproximadamente los 12 m de profundidad, también entre los 15 y 20 metros en la semana 10. Llama la atención una isolínea de 4 mg/l que aparece desde septiembre hasta noviembre en casi toda la columna de agua. Valores de 5 y 6

mg/l se aprecian en la semana 2 en toda la columna de agua, entre las semanas 4 y 7 a partir de los 10 hasta los 20 m; entre los 20 y 25 m en las semanas 14 a la 16.

Los valores mayores de 6 entre las semanas 1 y 2 en toda la columna de agua y los más altos valores entre 8 y 9 mg/l en esas mismas semanas entre los 10 y 15 metros.

Figura 41 Variación vertical de la materia en suspensión en el sector norte de la Bahía de Mochima

Según Wetzel (1981) y Garmendia (op. cit.), las concentraciones de materia en suspensión en los medios oceánicos profundos son muy pequeñas, en la superficie estas concentraciones son muy elevadas: 0,5 a 1 mg/l; en medios costeros y estuarinos se observan los mayores valores de materia en suspensión debido a las variaciones estacionales del plancton y los aportes terrestres.

La figura 42 muestra la distribución vertical de la materia en suspensión entre los meses de agosto a noviembre. El mes de agosto fue el que mostró las más altas concentraciones entre los 20 y 25 metros que varió un poco; en la superficie tiene valores cercanos a 6 mg/l; ya que para los 5 metros alcanzó los 8 mg/l, a los 10 y entre los 20 y 25 m descendió a 7 mg/l; a los 15 m alcanzó los 10 mg/l, a los 30 tomó un valor de 8 mg/l.

En septiembre tiene un comportamiento más uniforme, en la superficie con un valor hasta los 15 metros homogéneo de aproximadamente 5 mg/l; a los 10 m un

valor cercano a 4,5 mg/l; entre los 15 y 20 m un valor menor a 4,5 mg/l y a los 30 metros alcanzó un valor cercano a 3 mg/l. En octubre vario muy bruscamente, en la superficie se inicio con un valor de 3,5 mg/l a los 5 metros tomó un valor muy cercano a 4 mg/l a los 10 m disminuye que toma un valor muy cercano a 2 para luego elevar esa concentración hasta alcanzar los 6,5 mg/l entre los 15 y 20 metros.

Figura 42. Distribución vertical de la materia en suspensión (mg/l) durante los meses agosto-noviembre 1997

La variación de la materia en suspensión a 0, 15 y 30 metros; se observa en la figura 43; una tendencia relativamente uniforme con menor intensidad en la capa superficial. En la semana 1 lo mismo que en la 18 el valor más alto se presentó en la superficie; en la semana 2 el valor más alto fue a los 15 metros (10 mg/l), a los 30 m (8 mg/l) y bajo en la superficie, (6 mg/l); fenómeno contrario se presenta en la semana 12, con alto valor a los 30 m.(7,86) y a los 15 m (6,14). Otra característica de fluctuaciones de valores relativamente altos se observan en las semanas 2, 5, 9 y 16; a los 0 m en las semanas 8, 13 y 18 y a los 30 metros en las semanas 2, 5, 12 y 14.

Figura 43. Variación de la materia en suspensión (mg/l) a diferentes profundidades

III.3.4.- Materia orgánica suspendida total

El sistema complejo formado por la materia orgánica desde un punto de vista general, se puede visualizar con una mezcla de productos animales y vegetales, que se encuentran en distintas etapas de descomposición, compuestos sintetizados biológicamente y químicamente a partir de los productos de descomposición de los microorganismos como descomponedores.

Las fuentes autóctonas de la materia orgánica en el agua tienen orígenes planctónicas, bacterianas más el aporte proveniente de los sedimentos al ser removidos por bioturbación o por el viento. De la materia orgánica proveniente del fitoplancton, los carbohidratos y las proteínas juegan un papel fundamental en el metabolismo planctónico. La figura 44 muestra la variación de la materia orgánica total, cuyos valores oscilan entre 2 y 6 mg/l.

Figura 44 Variación vertical de la materia orgánica total en el sector norte de la Bahía de Mochima

Los valores mínimos de materia orgánica suspendida total se observan en la superficie entre las semanas 3, 4, 7, 14, 15, 17 y 18. En las semanas 3 y 4 entre los 25 y 30 metros. Entre las semanas 10, 11 y 12 desde los 5 a 20 metros y entre las semanas 14 y 15 desde los 15 a los 30 metros. Entre las semanas 16 y 17 entre los 20 y 25 metros y entre las semanas 17 y 18 entre los 10 y 20 metros.

Las más altas concentraciones con valores entre 5 y 6 mg/l se encuentran entre los 10 y 15 m entre las semanas 1 y 2. Valores entre 3,5 y 4,5 se observan en la semana 1 en toda la columna de agua en la semana 2 hasta los 10 m y de los 15 a los 20 m entre la semana 8 y 9 desde la superficie a los 10 metros; al igual que en la semana 13 a los 5 metros y en la 16 entre los 10 y 15 metros.

La distribución vertical de la materia orgánica total entre los meses agosto a noviembre se aprecia en la figura 45. En agosto los valores oscilaron entre 2,1 mg/l en la superficie y 5,2 mg/l en el fondo. A los 5 metros alcanza un valor de 4,4 mg/l y a los 10 m disminuye a 2,2 mg/l a los 15 m 3,8 mg/l.

El comportamiento del mes de septiembre es para la superficie de 1,7 mg/l; a los 5 m toma un valor de 1,1 mg/l para luego a los 15 m ascender a 1,4 mg/l.

En el mes de octubre toma valores desde no detectados en la superficie hasta 6,71 mg/l en el fondo. Hasta los 10 m el comportamiento es muy similar con el mes

de agosto aunque con valores más bajos; a los 15 m aumenta su concentración a 4,71 mg/l para luego incrementarse hasta el fondo con el valor antes mencionado. El comportamiento para el mes de noviembre en la superficie fue de 1,71 mg/l para luego descender a los 10 m a 0,57 mg/l; a los 15 m alcanzo un valor de 2,29 mg/l y a los 30 m toma un valor de 1,00 mg/l.

Figura 45. Distribución vertical de la materia orgánica total durante los meses agosto-noviembre 1997

La figura 46 muestra la variación semanal de la materia orgánica total a los 0, 15 y 30 metros de profundidad. En la superficie toma valores desde 0,57 hasta valores cercanos a 4,14 mg/l. En la semana 1 a esa misma profundidad tomo un valor de 3,3 mg/l; teniendo sus máximos en las semanas 6 con un valor de 2,3 mg/l; en la semana 8 el valor fue de 3,6 mg/l ; en la 12 el valor es 4,4 mg/l y en la 16, 3 mg/l.

Los valores más elevados se observaron a los 15 m en las semanas 2 (7,5 mg/l), 4 (3,8 mg/l), 8 (3,4 mg/l), 13 (3,5 mg/l) y 16 (3,7 mg/l).

Los valores de fondo fueron intermedios entre la superficie y los 15 metros; oscilaron entre 1,0 como valor mínimo y 4,4 como máximo.

La materia orgánica con respecto a la materia en suspensión en la superficie representa un 66,82 % como máximo; 40 % como mínimo y un promedio de 53,41 %. A los 15 metros de profundidad un 62,75 %; 0 % y un promedio de 31,37 %;

para los 30 metros como máximo de 52,38 %; un 36,84 % como mínimo y un promedio de 44,61 %.

Figura 46. Variación temporal de la materia orgánica suspendida total (mg/l) a diferentes profundidades

III.3.5.-Proteínas

III.3.5.1.- Fracción disuelta

La fracción disuelta de proteínas se muestra en la figura 47, con una distribución espacial de cierta tendencia regular caracterizándose por presentar altas concentraciones de proteínas en dos bloques comprendidos entre las semanas 1 a 4 y 13 a 18 y los bajos valores en las semanas 5 a la 12; donde los valores oscilaron entre 1 y 9 $\mu\text{g/l}$.

Figura 47 Variación vertical de las proteínas, fracción disuelta, en el sector norte de la Bahía de Mochima

Las menores concentraciones con valores comprendidos entre 0 y 2 $\mu\text{g/l}$ se encuentran en las semanas 4 a la 12 en toda la columna de agua; igualmente en la semana 2 en la superficie y el fondo. Concentraciones entre 2 y 4 $\mu\text{g/l}$ se visualizan en la semana 1 hasta los 10 m aproximadamente y en el fondo; entre las semanas 2 y 4 en toda la columna de agua a menos entre los 10 y 15 metros entre las semanas 3 y 4, y entre las semanas 13 a la 18 desde la superficie en toda la columna de agua a excepción de las semanas 14 y 15 entre los 20 y 25 metros y entre las 17 y 18 a los 5 metros.

Valores entre 4 y 6 $\mu\text{g/l}$ se pueden observar entre los 10 y 25 m aproximadamente en las semanas 1 y 2; también valores cercanos a 6 y 8 $\mu\text{g/l}$ entre esas mismas semanas de los 15 a los 25 metros de profundidad; y en la semana 1 a los 20 m valores comprendidos entre 8 y 9 $\mu\text{g/l}$.

La figura 48 muestra la variación mensual de la fracción disuelta. Los valores más altos para la superficie se observan en el mes de octubre alcanzando un máximo de 121,12 $\mu\text{g/l}$, descendiendo bruscamente a 10 m con un valor cercano a 33,99 $\mu\text{g/l}$ y luego incrementarse en el fondo con un valor de aproximado a 71,99 $\mu\text{g/l}$. Para el mes de agosto el valor superficial fue de 80,34 $\mu\text{g/l}$, descendió a los 10 metros con un valor muy cercano a 38,93 $\mu\text{g/l}$; a los 15 se incrementó hasta 76,01

$\mu\text{g/l}$ y en el fondo llego a alcanzar un valor de $45,73 \mu\text{g/l}$ aproximadamente. Septiembre mostró un comportamiento más regular; ya que no fluctuó mucho sus valores oscilaron entre $41,10$ y $54,38 \mu\text{g/l}$. En noviembre en la superficie el valor fue muy cercano a $76,63 \mu\text{g/l}$, disminuyendo a los 5 m a los $46,35 \mu\text{g/l}$, a los 15 m su valor fue de $51,60 \mu\text{g/l}$ y en el fondo $62,72 \mu\text{g/l}$.

Figura 48. Distribución vertical de las proteínas ($\mu\text{g/l}$), fracción disuelta, durante los meses agosto-noviembre 1997

La variación semanal de la fracción disuelta a 0 , 15 y 30 metros se observa en la figura 49; los valores más elevados se apreciaron para la superficie indicando máximos en la semana 2 de $80 \mu\text{g/l}$, en la 11 muy cercano a $12 \mu\text{g/l}$ y en la semana 16 de aproximadamente $79 \mu\text{g/l}$; sus valores más bajos fueron entre 38 y $40 \mu\text{g/l}$ en las semanas 17 y 3 respectivamente. Los 15 metros fue intermedio entre la superficie y fondo, los valores oscilaron entre 30 y $78 \mu\text{g/l}$.

A los 30 metros se puede apreciar un mínimo cercano a $34,11 \mu\text{g/l}$; en la semana 17 un máximo de $62,72 \mu\text{g/l}$ en las semanas 6 y 16.

Figura 49. Variación temporal de la fracción disuelta ($\mu\text{g/l}$) de proteínas

III.3.5.2.- Fracción en suspensión

La figura 50 muestra la variación de la fracción en suspensión, donde los valores son más elevados que en la fracción disuelta, tomando valores que oscilan desde 20 hasta 110 $\mu\text{g/l}$. Se nota en la primera semana a partir de los 5 hasta los 25 m, valores mínimos entre 20 y 30 $\mu\text{g/l}$; también entre las semanas 3 y 4 a partir de los 20 m a los 25 m, en la semana 3 a 10 m, en la semana 7 en el fondo, en la 9 en la superficie, entre la 11 y la 12 desde los 10 a los 20 m y en las semanas 17 y 18 en casi toda la columna de agua menos entre los 15 m. La concentración de proteínas en suspensión más predominante en casi todo el muestreo según se nota en el gráfico es entre 40 y 50 $\mu\text{g/l}$.

En las semanas 1, 2, 10, 12 y 16 en la superficie se puede apreciar valores entre 60 y 70 $\mu\text{g/l}$; también a los 10 m en las semanas 9, 13 y 14; a los 15 m en la semana 2 y a los 20 m en la 9. Los más altos valores comprendidos entre 80 y 100 $\mu\text{g/l}$ se notan entre las semanas 11 y 12 en la superficie.

Figura 50 Variación vertical de las proteínas, fracción en suspensión en el sector norte de la Bahía de Mochima

No se conocen reportes del contenido de proteínas de las aguas de la región nor-oriental de Venezuela, con la excepción de los reportados por Godoy (1990) en las aguas del río Manzanares, donde se reportaron concentraciones que estuvieron comprendidas entre 1 y 25 $\mu\text{g/l}$, y por Senior (1994) en el sistema lagunar Unare-Píritu. Este autor reporta concentraciones de proteínas en suspensión comprendidas entre 1,8 y 12,1 mg/l para la Laguna de Unare y entre 0,8 y 15 $\mu\text{g/l}$ para la Laguna de Píritu. Fabiano et al. (1992) reportan, para las aguas superficiales del Mar de Liguria, Italia, un mar oligotrófico, concentraciones de proteínas comprendidas entre 0,03 y 0,15 $\mu\text{g/l}$. Estos valores están muy por debajo de los registrados en la bahía de Mochima.

La figura 51 muestra la distribución mensual de las proteínas, fracción en suspensión durante los meses agosto a noviembre. Los meses de octubre y septiembre a partir de los 15 metros guardan mucha relación. En octubre en la superficie tiene un valor de 0,69 $\mu\text{g/l}$, para los 5 m alcanza los 0,43 $\mu\text{g/l}$ y a los 15 m un máximo de 0,93 $\mu\text{g/l}$ y en el fondo 0,73 $\mu\text{g/l}$. En el mes de agosto se observó un valor de 1,59 mg/l en la superficie, a los 15 metros de profundidad toma un valor muy cercano a 2,72 $\mu\text{g/l}$; para luego disminuir a los 30 m a un valor muy cercano a 1,03 $\mu\text{g/l}$. Para noviembre en la superficie el valor es un poco más elevado 1,69 $\mu\text{g/l}$

aproximadamente; cercano a los 5 m. el valor es 3,05 mg/l luego desciende a los 15 m a 1,95 mg/l para que a los 30 m se incremente a 3,29 mg/l.

Figura 51. Variación vertical de las proteínas en suspensión ($\mu\text{g/l}$), durante los meses agosto-noviembre 1997

La variación de las proteínas a distintas profundidades en su fracción en suspensión se muestra en la figura 52; los más altos valores se aprecian para los 15 metros de profundidad; a excepción de las semanas 7, 10 y 15 cuyos valores aproximados fueron: 1,17; 0,47 y 2,38 $\mu\text{g/l}$ respectivamente. Los máximos valores registrados a esta profundidad fueron 5,42 $\mu\text{g/l}$ en las semanas 1 y 5,37 en la 4; 0,47 $\mu\text{g/l}$ en la semana 10; 4,63 $\mu\text{g/l}$ en la semana 12; 2,45 $\mu\text{g/l}$ en la 14 y 1,95 $\mu\text{g/l}$ en la 16. Las concentraciones superficiales fueron intermedias entre los 15 y los 30 metros de profundidad, observándose variantes en las semanas: 7, 9, 12, 14, 16, 17 y 18 siendo las concentraciones 0,27; 1,27; 0,53; 3,95; 1,69; 2,58 y 3,30 $\mu\text{g/l}$ respectivamente. Las concentraciones más bajas se observan a los 30 metros de profundidad a excepción de las semanas: 9, 12, 15 y 18; cuyos valores fueron 0,66; 4,16; 2,95 y 2,59 $\mu\text{g/l}$ respectivamente.

Se encontró un valor máximo en la superficie de 0,99 % de proteínas en suspensión con respecto a la materia orgánica; así como un mínimo de 0,47 % con un promedio de 0,73 %. A los 15 metros de profundidad como máximo un 0,08 %;

0 % como mínimo y un promedio de 0,04 %. Para los 30 metros 0,09% como máximo; un 0,06 % como mínimo y un promedio de 0,08 %.

Figura 52 Variación temporal de la proteína en suspensión ($\mu\text{g/l}$) a diferentes profundidades

III.3.6.- Carbohidratos

La fotosíntesis representa la principal fuente de carbohidratos en el medio acuático. Ellos constituyen la fracción no húmica más abundante soluble presente en el agua de fácil y rápida utilización por los organismos, siendo los más lábiles los mono- y oligosacáridos. Los carbohidratos llegan a representar el 15 y 90 % del carbono asimilado y son liberados principalmente por el fitoplancton y por los organismos heterótrofos (Garmendia, 1992).

Elevadas concentraciones de este parámetro en las aguas superficiales, indican su elaboración por los mismos organismos, y a su vez evidencian la gran productividad primaria en la zona de estudio.

En la figura 53 se muestra la variación de la fracción disuelta donde los valores oscilan entre un máximo de 1,30 a 1,50 mg/l y un mínimo de 0,70 mg/l . Los valores de 1,50 mg/l se observan hacia mediados de septiembre a nivel superficial y hasta los 5 m aproximadamente entre los 15 y 30 metros.

Fig. 53 Variación vertical de los carbohidratos, fracción disuelta, en el sector norte de la Bahía de Mochima

Los mínimos valores se aprecian desde julio hasta principios de septiembre desde la superficie hasta aproximadamente los 15 m de profundidad. También a finales de octubre y todo noviembre con una isolínea muy marcada desde la superficie hasta aproximadamente los 25 m de profundidad.

La figura 54 muestra la distribución vertical de los carbohidratos entre los meses agosto y noviembre, para la fracción disuelta; para agosto los valores desde la superficie hasta los 15 m. oscilaron entre 0,5 y 0,6 mg/l; para aumentar a los 20 metros a 2,7 mg/l y luego en el fondo disminuir bruscamente a 0,5 mg/l. En la superficie para septiembre se muestra el mayor valor, correspondiente a 1,4 mg/l; a los 5 m. se observa un aumento alcanzando los 1,7 mg/l; desciende a 1 mg/l a los 20 m y en el fondo alcanza nuevamente el valor de 1,7 mg/l. Octubre muestra un comportamiento más uniforme, en la superficie tiene un valor de 1,2 mg/l manteniéndose hasta los 10 metros donde disminuye a 0,8 mg/l hasta los 25 m y a los 30 m el valor es cercano a 1,1 mg/l. El mes de noviembre, 0,7 mg/l en la superficie; a los 5 m 0,75; desciende a 0,5 en los 10 metros de profundidad asciende muy cercano a los 1,1 mg/l a los 20 m de profundidad y a los 30 m. su valor llega a ser de 0,3 mg/l.

Figura 54. Variación vertical de la fracción disuelta de carbohidratos (mg/l), durante los meses agosto-noviembre 1997

La variación semanal de los carbohidratos en su fracción disuelta a distintas profundidades se muestra en la figura 55; donde se puede observar el valor más alto, 2,5 mg/l, en la semana 10 a los 15 m de profundidad, el mínimo valor para esa profundidad fue cercana a 0,1 mg/l; hubo mucha fluctuación durante las semanas de muestreo. En la superficie los valores más bajos se registraron hasta la semana 6 y oscilaron entre 0,3 y 0,5 mg/l. A partir de la semana 6 hubo un aumento que logro alcanzar en la semana 10 un valor de 1,5 mg/l; aumenta en la disminuyendo en la 11 a 1 mg/l; aumenta en la 12 nuevamente a 1,5 en la 13 su valor es de 0,9 mg/l desciende en la 15 a 0,5 mg/l para luego llegar a 0,8 mg/l en la semana 18. La variación a los 30 metros de profundidad toma valores desde no detectables, semana 16, a 1,8 mg/l, semana 12.

Figura 55. Variación temporal de carbohidratos disueltos (mg/l) a diferentes profundidades

La figura 56 muestra la variación de la fracción suspendida donde los valores son más altos en comparación con la fracción disuelta. Alcanzando un máximo de 2,40 mg/l desde julio hasta mediados de agosto desde la superficie hasta los 15 m de profundidad aproximadamente.

Figura 56 Variación vertical de los carbohidratos, fracción en suspensión, en el sector norte de la Bahía de Mochima

Un valor mínimo en una isolínea muy marcada a finales de agosto de 0,40 mg/l desde la superficie hasta el fondo y desde octubre hasta mediados de noviembre desde la superficie hasta aproximadamente los 25 m.

En la Bahía de Chesapeake, Biggs and Wetzel (1968) observaron altas concentraciones de carbohidratos en suspensión, de 300 a 900 $\mu\text{g/l}$, en aguas someras. Handa y Yanagi (1969) reportaron concentraciones comprendidas entre 10 y 26 $\mu\text{g/l}$ en las aguas superficiales de la corriente de Kuro-Shio y Hobson (1967) reportó valores comprendidos entre 15 y 30 $\mu\text{g/l}$ en las aguas del Pacífico Noreste. De Armas (1981) en su estudio sobre la composición de la materia orgánica en suspensión en aguas de las islas Canarias, reportó concentraciones de carbohidratos en suspensión comprendidos entre 29 y 129 $\mu\text{g/l}$.

Pustel'nikov and Urbanovich (1965) estudiaron la distribución de la materia orgánica en suspensión en el Atlántico Norte, reportando concentraciones de carbohidratos en suspensión oscilando entre 1,7 y 120 $\mu\text{g/l}$. Las más elevadas concentraciones fueron detectadas en las áreas altamente productivas, concluyendo que la distribución de estos compuestos depende de la abundancia de los organismos fitoplanctónicos. Por otra parte, estos autores señalan la disminución de las concentraciones con la profundidad, como consecuencia de la actividad bacteriana.

Fabiano et al. (1992) reportan concentraciones de carbohidratos en suspensión comprendidas entre 45 y 350 $\mu\text{g/l}$. Los máximos valores de carbohidratos estuvieron asociados al máximo de zooplancton. Senior (1994) reporta concentraciones de carbohidratos totales comprendidas entre 3 y 57 mg/l para la Laguna de Unare. Este mismo autor señala concentraciones comprendidas entre 3,8 y 30 mg/l para la Laguna de Píritu. Godoy (1990) reportó para el río Manzanares concentraciones de carbohidratos en suspensión comprendidas entre 0,8 y 1,6 mg/l. Burney et al. (1982) reportaron concentraciones de carbohidratos totales comprendidas entre 250 y 300 $\mu\text{g/l}$, en aguas del Mar Caribe.

Figura 57. Distribución vertical de la fracción particulada de carbohidratos (mg/l), entre los meses agosto- noviembre 1997

La figura 57 muestra la distribución vertical de los carbohidratos fracción suspendida durante los meses de agosto a noviembre.

Las mayores concentraciones se muestran para agosto desde la superficie, 1,90 mg/l, hasta los 20 m con un valor de 0,44 mg/l; a los 5 m alcanzó el máximo valor registrado para este parámetro en la figura el cual es de 2,76 mg/l; a los 15 m descende la concentración hasta 1,54 mg/l en el fondo. Los más bajos valores se muestran en septiembre donde se nota una disminución de concentración desde 0,18 mg/l en la superficie a 0,04 mg/l en el fondo. Para el mes de octubre arrojo valores intermedios hasta los 15 metros entre agosto y noviembre en la superficie un valor de 0,16 mg/l; a los 5 m 1,35 mg/l ; a los 10 m el valor fue de 1,28 mg/l; a los 15 m se observa un valor de 0,48 mg/l; 0,28 mg/l a los 20 m y 1,33 mg/l a los 30 m de profundidad.

En noviembre el comportamiento desde la superficie hasta los 10 m es muy similar al de septiembre, de allí en adelante varía alcanzando un máximo a los 15 m de 0,75 mg/l para luego descender a 0,26 en el fondo.

La variación mensual de los carbohidratos, fracción suspendida a los 0, 15 y 30 metros durante el muestreo realizado se puede observar en la figura 58. En la superficie se puede observar que los valores variaron desde 0 mg/l a 0,97 mg/l; el mínimo valor se encontró en la semana 10 y el máximo en la 2. Para los 15 metros el

mínimo valor fue de 0 mg/l en la semana 8 y 0,78mg/l en la semana 2. Mientras que para los 30 el valor mínimo (0 mg/l) se registró en la semana 10 y el máximo (0,85 mg/l) en la semana 1.

Figura 58. Variación temporal de carbohidratos en suspensión (mg/l) a diferentes profundidades

Se encontró un valor máximo en la superficie de 23,42 % de carbohidratos en suspensión con respecto a la materia orgánica; así como un mínimo de 0 % con un promedio de 11,71 %. A los 15 metros de profundidad como máximo un 12,18 %; 0 % como mínimo y un promedio de 6,00 %. Para los 30 metros 19,31 % como máximo; un 0 % como mínimo y un promedio de 9,65 %.

IV.- CONCLUSIONES

La temperatura del agua en la zona de la boca es más fría, durante julio - agosto (las cinco primeras semanas de muestreo) donde se registró un débil afloramiento. La presencia de una masa de agua fría subtropical con temperaturas inferiores a 24 °C, desde los 8 m aproximadamente hasta los 30 m.

En agosto, las aguas superficiales cálidas presentaron temperaturas de 26 °C; en octubre se elevaron a 30°C. Para el mes de noviembre las temperaturas del agua comienzan nuevamente a disminuir, como consecuencia del incremento de la velocidad de los vientos.

En general, la salinidad no tuvo mucha variabilidad, fue muy homogénea su distribución.

De manera general, la distribución y evolución del pH, fue bastante homogénea y presentó muy poca variación, a lo largo del período de estudio.

Los bajos valores de pH se deben a los procesos abióticos probablemente a la utilización del oxígeno por efecto de la oxidación de la materia orgánica

El oxígeno disuelto es elevado con valores entre 4,0 y 5,0 ml/l; indican alta fertilidad biológica

El amonio durante las primeras siete semanas de muestreo es bajo, se pudo apreciar que las concentraciones en los primeros 20 m de profundidad, se ubicaron por debajo de los 0,5 μM ; como consecuencia de la asimilación de este elemento nutritivo por organismos del fitoplancton.

Las aguas superficiales estuvieron prácticamente desprovistas de nitrito, en la profundidad fue donde se encontraron concentraciones superiores a 0,5 μM .

Los altos valores de nitrito están asociados a la presencia de masas de agua de baja temperatura, elevado contenido de nutrientes y bajo contenido de oxígeno.

Las concentraciones de nitrato se incrementaron con la profundidad para alcanzar valores superiores a 9 μM , en el fondo; algo similar a lo encontrado para el nitrito.

Las elevadas concentraciones de nitrato están asociadas a valores mínimos de oxígeno disuelto, amonio y máximos de nitrito; implicando la existencia de procesos de nitrificación intensos para ese momento.

Los valores de silicato oscilan entre 2,00 y 6,00 μM . Durante las primeras cuatro semanas se pudo apreciar la presencia de aguas con concentraciones superiores a 5 μM , por debajo de los 25 m de profundidad. Generalmente las mayores concentraciones se encontraron a los 30 metros de profundidad.

El fosfato osciló entre 0,25 y 3,00 μM ; los valores de fosfato se presentaron durante la primera semana a partir de los 5 m.. Desde la superficie y hasta los 5 metros entre las semanas 2 y 13; también se observa un núcleo concéntrico de 0,5 μM a los 15 m en la semana 11. El fósforo total estuvo las concentraciones en ese rango de valores; pero se observó más.

A mediados de octubre y noviembre se elevaron las concentraciones de nitrógeno total y debido quizás a los aportes del Río Manzanares durante la época de lluvia.

Los máximos valores de fósforo total se encontraron sobre todo en la superficie, entre 1 y 1,5 $\mu\text{mol/l}$.

Los valores de clorofila a y feofitina se obtuvieron entre la última semana de julio y mediados de septiembre en la columna de agua. Las fluctuaciones de los máximos de la clorofila a y feofitina pueden estar condicionados a la intensidad de los procesos bióticos.

La materia en suspensión osciló desde 2 hasta 9 mg/l; En las 3 capas (0, 15 y 30 m) presentan una tendencia relativamente uniforme con menor intensidad en la capa superior; igualmente la materia orgánica total, los más altos valores se presentan a los 15 m.

Las proteínas presentan una distribución con tendencia regular, las fluctuaciones en los valores son debido a procesos bióticos o abióticos.

V.- BIBLIOGRAFÍA

Alcalá, L. 1999. Estudio hidroquímico del sector oriental del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela durante el período comprendido entre septiembre de 1995 y mayo de 1996. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Alvarado, C. 1982. Determinación de factores de clorofila a y nitrógeno orgánico particulado a biomasa planctónica. Trabajo de Postgrado para optar al título de Magister Scientiarum en Ciencias Marinas, mención Oceanografía Química. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela.

Alvarado, J. 2000. Distribución y comportamiento de los hidrocarburos alifáticos en aguas superficiales de la cuenca baja del río Manzanares. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Amaro, M. 1999. Taxonomía y aspectos de las esponjas de fondos marinos de Isla Larga, Bahía de Mochima, Estado Sucre Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Avnimelech, Y.; McHenry, J. & Ross, J. 1984. Decomposition of organic matter in lake sediments. Environ. Sci. Technol., 18 (1): 5-11.

Baalsrud, K. 1967. Influence of nutrient concentrations on primary production. *Pollution and Marine Ecology*. Interscience Publ., New York: 159-169 pp.

Bendschneider, K. & Robinson, R. 1952. A New Spectrophotometric Method for Determination of Nitrite in Sea Water. Mar. Res., 11: 87-96.

Capuzzo, M. 1981. Prediction Pollution Effects in the Marine Environment *Oceanus*, 24 (1): 25-33

Caraballo, L. 1968. Sedimentos recientes de la Bahía de Mochima. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 7 (2):45-64

Carpenter, J. 1965. The accuracy of the Winkler method for dissolved oxygen analysis. Limnol. Oceanogr., 10: 135-140.

Carritt, D. & Carpenter, J. 1966. Comparisons and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea-water. ANASCO Report. J.Mar. Res., 24: 286-318.

Clément, A. 1993. Componentes disueltos por la acuicultura marina en Chile. Relación con el fitoplancton. Seminario Internacional Acuicultura y medio Ambiente. Santiago, 2 y 3 de Septiembre. Fundación Chile. 183 pp.

De Armas, J. 1981. Distribución y composición de la materia orgánica en suspensión en aguas de las Islas Canarias. Bol. Inst. Español de Oceanografía. Tomo VI (4) Fascículo 329. 210-220 pp.

De Pinto, J. & Verhoff, F. 1987. Nutrient regeneration from aerobic decomposition of green algae. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 12 (1&2):125-132.

Durán, C. 2000. Evaluación colorimétrica de la bahía de Mochima durante Agosto-Diciembre, 1997. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 75 pp.

Fabiano, M.; Zavatarelli, M and Palmero, S. 1984. Observation sur la matière organique particulaire (Protéines, Glucides, Lipides, Clorophylle) en Mer Ligure. Téthys, 11 (2), 133-140

Fabiano, M.; Povero, P. and Medica, D. 1992. Carbohydrates, Proteins and Chlorophylls in the Particulate Organic Matter of Surface Coastal Waters of Ligurian Sea. *Bolletino Di Oceanologia Teorica ed Applicata*. Vol X. N° 1. 41-51.

Febres, G. Y Herrera, L. 1975. Interpretación Dinámica de Algunas de las Características Oceanográficas de la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 14 (1):3-29.

Fermín, I. 1997. Variación semanal de las concentraciones de los pigmentos clorofílicos y en aguas adyacentes a la Isla Cubagua. Trabajo de Pregrado, para optar al título de Lic. En Biología Marina. U.D.O. Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar.

Fernández, E. 1973. Algunas observaciones sobre la contaminación de las aguas costeras de la ciudad de Cumaná. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 12 (1): 23-32.

Fernández, E. 1982. Contaminación del Río Manzanares, Edo. Sucre, Venezuela (1971-1980). Trabajo de Ascenso. Instituto Oceanográfico de Venezuela. U.D.O. Sucre. Cumaná.

Fernández, E. 1995. La contaminación bacteriana y su evolución histórica en las costas del estado Sucre - Venezuela. Trabajo de Ascenso. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente. 206 pp.

Flores C. 1977. Recursos Acuáticos. Dirección de Publicaciones. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. Cumaná, Venezuela. 417 pp.

Gamboa, B. 1974. Ensenadas y lagunas costeras. En: Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe Sur oriental, especialmente en el margen continental de Venezuela. Cuad. Azul., 15: 141-161.

García, A. 1978. Observaciones de algunos parámetros de ambientales de la Bahía de Mochima durante el período enero-junio de 1977. Trabajo de Postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente.

Garmendia, M. 1992. Distribución y evolución espacio-temporal de elementos nutritivos y materia orgánica presente en aguas de la Laguna de Píritu. Trabajo de Grado MSCM. Mención Oceanografía Química. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 153 pp.

Godoy, G. 191. Estudio espacio-temporal de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la zona estuarina del río Manzanares. (Cumaná. Venezuela). Tesis M. Sci. Ciencias Marinas. Inst. Oceanogr. Venezuela. U.D.O. 185 pp.

Gómez, L ; Cedeño, G. & Nusetti O. 1984. Hidrocarburos en relación a clorofila y proteínas del fitoplancton de la Bahía de Pozuelos y Bergantín (Estado Anzoátegui, Venezuela). Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 23 (1&2):129-138

Griffiths, G. & Simpson, J. 1972. Afloramiento y otras características oceanográficas de las aguas costeras del norte-este de Venezuela. Series Recursos y Explotación Pesqueras. 2 (4). M.A.C. 72 pp.

Horman, P. 1990. The amount of garbage pollution from merchants ships. Marine Pollution. Bull. 13 (5): 167-169.

Iabichella, M. 1993. Evaluación bacteriológica del sector marino costero San Luís – Guapo, Cumaná, Venezuela según los criterios para aguas de contacto humano total y parcial. Trabajo de Postgrado. Departamento de Oceanografía. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. 300 pp.

Instituto Oceanográfico de Venezuela. 1991. Análisis de factibilidad de extracción de agua de mar. Informe parcial n° 2. Cumaná.

Jhonson, K. & Sieburth, J. 1997. Dissolved carbohydrates in sea water. I., A precise spectrophotometric analysis for monosaccharide. Mar. Chem. 5, 1-13.

Jimenez, M. 1984. Algunos aspectos ecológicos de la macrofauna bentónica de la Bahía de Mochima. Edo. Sucre. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, 90 pp.

Kato, K. 1961. Some aspect on biochemical characteristics of sea water and sediments in Mochima Bay, Venezuela. . Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 1 (2): 343-360.

Kinne, O. Editor. 1972. Marine Ecology: a Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters. Vol. 1, parte 3. Londres, Gran Bretaña

Koroleff, F. 1969. Direct Determination of Amonia in Natural Waters as Indophenol Blue. ICES, C.M 1969/c: Hydr. Cumm. 3: 10-230 pp

Koroleff, F. 1976. Determination of Phosphorus. In Methods of Sea Waters Analysis, K Grasshoff (ed.). Verlag Chemie, Weinheim, RFA. 117-126 pp.

Lowry, O. , Rosebrough, N.; Lewis-Farr, A. & Randall, R. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193: 265-275.

Margalef, R. 1974. Ecología. 1^{era} Edición. Omega. Barcelona, 915 pp

Méndez, E.; Cervigón, F. Y Manrique, R. 1988. Ictiofauna de la Bahía de Mochima, Estación de investigaciones marinas, Fundaciencia, Caracas, 11 pp.

Moigis, A. & Bonilla, R. 1988. La productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paria, Venezuela, durante la estación de sequía. . Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 27 (1-2): 105-115.

Mora, C.; López, M. & Okuda, T. 1967. Algunas observaciones hidrobiológicas en la costa de Cumaná. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 6 (2): 303-327.

Morales, F. 1995. Efecto de algunos parámetros ambientales sobre las especies halofíticas de las microalgas del género *Dunaliella* (Dunal) Teodoresco, 1905 (*Chlorophyta Volvocales*) presentes en la salina de Araya, Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Sucre. 70 pp.

Mullin, J. & Riley, J. 1975. The spectrophotometric method for the determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. Chim. Acta, 12: 162-170.

Murphy, J. & Riley, J. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27: 31-36.

Ocando, L. 1992. Distribución espacial y temporal de parámetros fisicoquímicos y materia orgánica en la Laguna de Unare periodo noviembre 1988 – julio 1989. Trabajo de Grado, Magíster Scienciarum en Ciencias Marinas. Mención Oceanografía Química. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. Cumaná, Venezuela.

Okuda, T. 1975. Características hidroquímicas del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. . Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 14 (2): 251-268.

Okuda, T. y Benitez, J. 1974. Condiciones Hidrográficas de las Capas Superiores en la Fosa de Cariaco y Areas Adyacentes Durante la Epoca Lluviosa. . Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 13 (1-2): 147-162.

Okuda, T.; Benítez, J.; García, A. y Fernández, E. 1968. Condiciones Hidrográficas y Químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo desde 1964 a 1966. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 7 (2): 7-37.

Olivier, S. 1964. Elementos de ecología. El ambiente marino. Viedma- Argentina. 173 p

Parsons, T.; Maita, Y. & Lalli, C. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. 173 pp.

Pauls, S. 1982. Estructura de la Comunidades Coralinas de la Bahía de Mochima. Trabajo de Postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. 124 pp.

Reyes, A. 1982. Estudio comparativo de algunos métodos usados para la determinación de fósforo orgánico en agua de mar. Trabajo de grado para Maestría en Ciencias Marinas. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. Cumaná, Venezuela. 53 pp.

Rodríguez, A. 1995. Fitoplancton en la Bahía de Mochima. Estado Sucre. Abundancia y Biomasa en el canal central. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología. Universidad de Oriente, Cumaná, Sucre. 95 pp.

Romankevich, E. 1984. Geochemistry of Organic Matter in the Ocean. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. New York. Tokyo.

Salazar, J.; Bonilla, J. y Gamboa, B. 1986. Metales pesados y materia orgánica en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 25 (1-2): 137-154.

Senior, W. 1985. Guía Práctica de Análisis Químico de Agua de Mar. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, 119 pp.

Senior, W. 1991. Estudio de la degradación de la materia orgánica en el agua de mar. Efectos del aumento de la concentración en materia orgánica sobre la eficacia de procesos de descomposición. Biología Marina Acta Cient. Venez., 42: 33-38.

Senior, W. and Chevolot, L. 1991. Studies of dissolved carbohydrates (or carbohydrates – like substances) in estuarine environment. Marine Chemistry, 32: 19-35.

Senior, W. 1993. Estudio de la calidad de las aguas de la Bahía de Barcelona, Estado Anzoátegui, Venezuela, durante el mes de septiembre de 1993. Trabajo de Ascenso Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 124 pp.

Strickland, J. & Parson, T. 1972. A Practical Handbook of sea Water Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canad. 167, 311 pp.

Treguer, P. & Le Corre, P. 1975. Manuel D'Analyse des Sels Nutritif dans L'eau de mer. Université de Bretagne Occidentale. France. 110pp.

Valderrama, H. 1981. The Simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural water. Mar Chem., 10: 109-122 pp.

Wetzel, R. 1981. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Casanova, 220 Barcelona 36. España., 379 pp.

I.- INTRODUCCION	1
II.- METODOLOGÍA	7
II.1.- AREA DE ESTUDIO	7
II.2.- DISEÑO DEL MUESTREO	9
II.3.- ANALISIS DE LAS MUESTRAS	9
II.3.1.-TEMPERATURA	9
II.3.2.- SALINIDAD	9
II.3.3.-pH	9
II.3.4.-OXÍGENO DISUELTO	10
II.3.5.- SILICATOS	11
II.3.6.- NITRITO	11
II.3.7.- NITRATO	11
II.3.8.- FOSFATO	12
II.3.9 – AMONIO	12
II.3.10.- NITRÓGENO TOTAL Y FÓSFORO TOTAL	12
II.3.11.- CLOROFILA a Y FEOPIGMENTOS	13
II.3.12.- MATERIA EN SUSPENSIÓN	13
II.3.13.- MATERIA ORGÁNICA SUSPENDIDA TOTAL	13
II.3.14.- CARBOHIDRATOS	14
II.3.15.- PROTEINAS	14
III.- RESULTADO Y DISCUSIÓN	15
III.1.- HIDROGRAFÍA.	15
III.1.1.- Temperatura.....	15
III.1.2.- SALINIDAD	19
III.1.3.- pH	23
III.1.3.- Oxígeno disuelto.	26
III.2.- HIDROQUÍMICA.....	29
III.2.1.- Amonio	30
III.2.2.- Nitrito.	33
III.2.3.- Nitrato.....	37
III.2.4.- Silicato	40
III.2.5.- Fosfato	43
III.2.6.- Nitrógeno total	46
III.2.7.-Fósforo total.....	49
III.3.- HIDROBIOLOGÍA	52
III.3.1.- Clorofila a	52
III.3.2.-Feofitina.....	55
III.3.3.- Materia en suspensión	58
III.3.4.- Materia orgánica total	61
III.3.5.-Proteínas	64
III.3.6.- Carbohidratos	70
IV.- CONCLUSIONES	77
V.- BIBLIOGRAFÍA	79