

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS SUMERGIDOS, ELEMENTO CLAVE DENTRO DE UN PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL INTEGRAL EN LAS PLAYAS DE LA BAHÍA DE MATANZAS

M. Sc. Mariela Almeida Rodríguez, M. Sc. Yohandra de Armas Vargas
y Téc. Lilian Rojas López.

Institución principal: Oficina de Manejo Costero - Playa de Varadero.

Calle 52 y Ave. Playa, Varadero, Teléf.: 61-4712,

E-mail: mariela.almeida@umcc.cu; ofiplaya@enet.cu

RESUMEN

La bahía de Matanzas es un ecosistema complejo que posee como uno de sus principales problemas el vertido de residuales líquidos de origen industrial y urbano. La deposición de vertidos puede producir una contaminación permanente de los fondos de la bahía que inducen alteraciones en las cadenas tróficas afectando a plantas y animales. Las playas ubicadas dentro de la bahía se encuentran influenciadas por el aporte directo y continuo de contaminantes de origen orgánico e inorgánico los cuales afectan la calidad de sus sedimentos. El objetivo de este trabajo es analizar la composición química de los sedimentos superficiales sumergidos de las principales playas más visitadas por la población a través de la evaluación de indicadores que tienen un mayor peso en los ciclos biogeoquímicos (carbón, fósforo, materia orgánica y consumo de agente oxidante químico). Los sedimentos más enriquecidos pertenecen a las playas Judío, Tenis y Allende ubicadas en el interior de la bahía, las cuales reciben mayores contenidos de materia orgánica y contaminantes provenientes de los ríos y residuales urbanos.

INTRODUCCIÓN

El aumento poblacional y de la actividad económica, experimentada en los últimos años en torno a las zonas costeras, ha conllevado al desarrollo de múltiples procesos y tecnologías, que tienen su soporte en el uso directo del borde costero y el mar, en lo que a actividades industriales, energéticas, pesqueras, portuarias, de servicios, turísticas, urbanas y derivadas de las anteriores se refiere, ocasionando una serie de cambios y trastornos no sólo en los ecosistemas terrestres involucrados y aledaños, sino también, en las comunidades biológicas que habitan las zonas inter y submareal, la composición química y orgánica de los sedimentos marinos y los nutrientes de la columna de agua.

A nivel mundial es cada vez más preocupante la amenaza constante y progresiva que presenta el medio marino, reconociendo como factores: los efectos del cambio climático, el impacto de la pesca comercial, la introducción de especies no autóctonas, exceso de nutrientes con la consecuente proliferación de algas, vertidos al mar de agua de lastre y la contaminación, acelerada por el vertimiento de residuos

urbanos e industriales, microorganismos, fuentes terrestres, metales pesados y vertidos de hidrocarburos derivados de accidentes.

El aporte directo y continuo de contaminantes de origen orgánico e inorgánico no solo daña el agua de los mares sino también afectan la calidad de los sedimentos. En los océanos los contaminantes pueden estar en la columna de agua en disolución o adsorbidos a partículas. Muchos de los contaminantes que ingresan en el medio marino tienen una baja solubilidad en agua y una alta afinidad por partículas, de esta forma pueden alcanzar el fondo del mar y una vez allí pueden incorporarse a los sedimentos marinos. Los sedimentos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación porque los contaminantes no quedan permanentemente retenidos y pueden ser liberados a la columna de agua por cambios en las condiciones ambientales tales como pH, potencial redox, oxígeno disuelto o la presencia de coloides orgánicos (Sigg *et al.*, 1987, Singh *et al.*, 1999).

La presencia de sedimentos contaminados en ambientes acuáticos, ya sea en aguas continentales o en aguas marinas, es un hecho constatado a nivel mundial, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX. La existencia de estos sedimentos es debida tanto a los vertidos incontrolados desde industrias como a la utilización de productos químicos tales como los pesticidas que van a parar a los sedimentos una vez que son transportados desde zonas agrícolas por las aguas. En otros casos, éstos son debidos a los vertidos "controlados" tales como emisores submarinos que vierten aguas residuales principalmente domésticas, aunque en aquellas zonas donde no existe separación de tratamiento y "conducción" se mezclan las aguas residuales industriales con las domésticas, aumentando la carga contaminante y el nivel de toxicidad (Jiménez, 2001).

Los tóxicos que entran a las aguas marinas de fuentes municipales, agrícolas e industriales pueden permanecer suspendidos en la columna de agua, ser incorporados a la biota acuática o depositados sobre el fondo e incorporarse en los sedimentos marinos. Algunos de estos contaminantes químicos son muy persistentes, mientras que otros son más susceptibles a transformaciones físicas, químicas o biológicas (Beg *et al.*, 2001). Muchos esfuerzos de protección ambiental reconocen a los sedimentos como una porción crítica de los ecosistemas acuáticos y requieren de su evaluación para las actividades de dragado y su remediación (Boese *et al.*, 2000).

En los ecosistemas acuáticos, los sedimentos juegan un importante papel en la degradación de la materia orgánica y el reciclamiento de los nutrientes (Hopkinson *et al.*, 1999). Revhsbech *et al.* (1980) y Mackin y Swider (1989), concluyen que en los sedimentos marinos costeros la penetración de oxígeno y los procesos de descomposición aeróbicos están limitados a unos pocos milímetros de la capa superficial, y por debajo de esta zona óxica la descomposición de la materia orgánica ocurre por medio de una gran variedad de procesos anaeróbicos. La diagénesis de la materia orgánica en sedimentos superficiales está parcialmente gobernada por las concentraciones de carbón y fósforo (Koch, *et al.*, 2001 y Nilsen y Delaney, 2005).

Objetivo general

En el presente trabajo nos proponemos como objetivo general: analizar la composición química de los sedimentos superficiales sumergidos de las principales playas más visitadas por la población a través de

la evaluación de indicadores que tienen un mayor peso en los ciclos biogeoquímicos (carbón orgánico, fósforo, materia orgánica y consumo de agente oxidante químico).

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde el año 2006 se ha implementado en todas las playas de la Bahía de Matanzas un Protocolo de Monitoreo Ambiental Integral que abarca el estudio de una serie de parámetros que intervienen o forman parte de la calidad del ecosistema playa como son: estudios topográficos de los perfiles de playa y dinámica de sedimentos calidad química y microbiológica del agua, inventario y evolución de la vegetación emergida asociada a los ecosistemas duna – playa, aspectos relacionados con la calidad estético visual, las auditorias del sistema de gestión ambiental y el estudio de la granulometría, composición orgánica y química de los sedimentos que componen las playas.

Durante un período de dos años desde abril del 2006 y hasta noviembre del 2008, se realizaron un total de 8 muestreos, recolectándose las muestras de sedimentos superficiales en todas las playas.

La red de estaciones de muestreo coincide con las estaciones de muestreos de la calidad del agua para las playas en estudio representada en la Figura 1.

El muestreo se realizó de forma manual empleando un tubo de PVC para la recolección de las muestras. Estas fueron depositadas en frascos plásticos y en neveras para su traslado al laboratorio donde se cuantificó carbón orgánico (CO) por oxidación con dicromato de potasio en medio ácido (Walkley y Black, 1934; tomado de FAO (1975), fósforo total (PT) mediante la digestión con H_2SO_4 - HNO_3 - $HClO_4$ (FAO, 1975), consumo de permanganato expresado en términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) por medio del procedimiento usado para agua marina (FAO, 1975), y el contenido de materia orgánica (MO) por el método de pérdida de peso por ignición durante dos horas a 550 °C.



Figura 1. Red de estaciones de muestreo. Playas Bahía de Matanzas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según Curtís, (1977) los sedimentos de las playas corresponden a la zona de clasificación diagenética, donde se incluyen los sedimentos recién depositados de gran porosidad y elevado contenido de materia orgánica, donde ocurren los procesos de oxidación con la formación de dióxido de carbono.

Los sedimentos de la interfase sedimento – agua se caracterizan:

- Desde la perspectiva geoquímico orgánico, esta interfase representa la zona en la cual la materia orgánica proveniente de la columna de agua es inicialmente acumulada y metabolizada por la comunidad heterotrófica sedimentaria (y por lo tanto sufre una diagénesis sedimentaria inicial).
- Diversidad de formas de agregación biológicas.
- Resuspensión frecuente.

Fósforo total

Los sedimentos de las playas son carbonatados en un porcentaje elevado, esto provoca la inmovilización del fósforo proveniente de la columna de agua en los sedimentos. Este potencial de fósforo total en los sedimentos esta en función de los procesos de adsorción, precipitación y liberación desde los mismos.

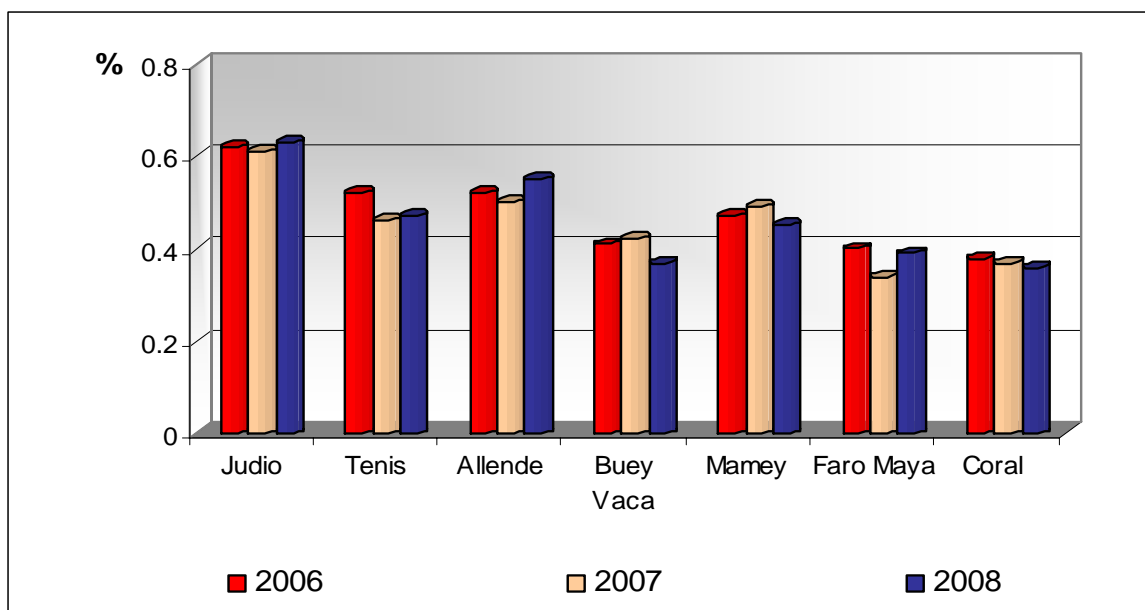


Figura 2 Concentraciones de fósforo total en los sedimentos.

Las concentraciones de fósforo total oscilaron entre 0,34 y 0,63 %. El máximo puntual se registró para la playa El Judío con concentraciones que oscilan desde 0,61 % para el año 2006 y 0,63 % para el año 2008. (Figura 2).

Las playas El Tennis y Allende son las que mayores concentraciones reportaron en los tres años de estudio. Las playas El Coral y Faro Maya fueron las que menores porcentajes de PT reportan.

Las playas como Judío, Tenis y Allende son las que mayores concentraciones de fósforo inorgánico reportan en los estudios de calidad de agua como se puede observar en la Figura 3. Esto se debe a que los aportes de las aguas residuales de diferentes orígenes en la bahía y los ríos son conducidos a estas playas producto a la acción de las condiciones oceanográficas como: régimen de marea, patrón de circulación y tiempo de renovación del agua en la bahía provocando una mayor deposición e inmovilización de este compuesto en los sedimentos.

Si se comparan los montos de PT en las muestras de los sedimentos estudiados con muestras de sedimentos pertenecientes a playas de la bahía de Cochinos en la Ciénaga de Zapata podemos concluir que los aportes de fósforo en la columna de agua se reportan con carácter proporcional a las concentraciones esperadas en los sedimentos. (Figura 4).

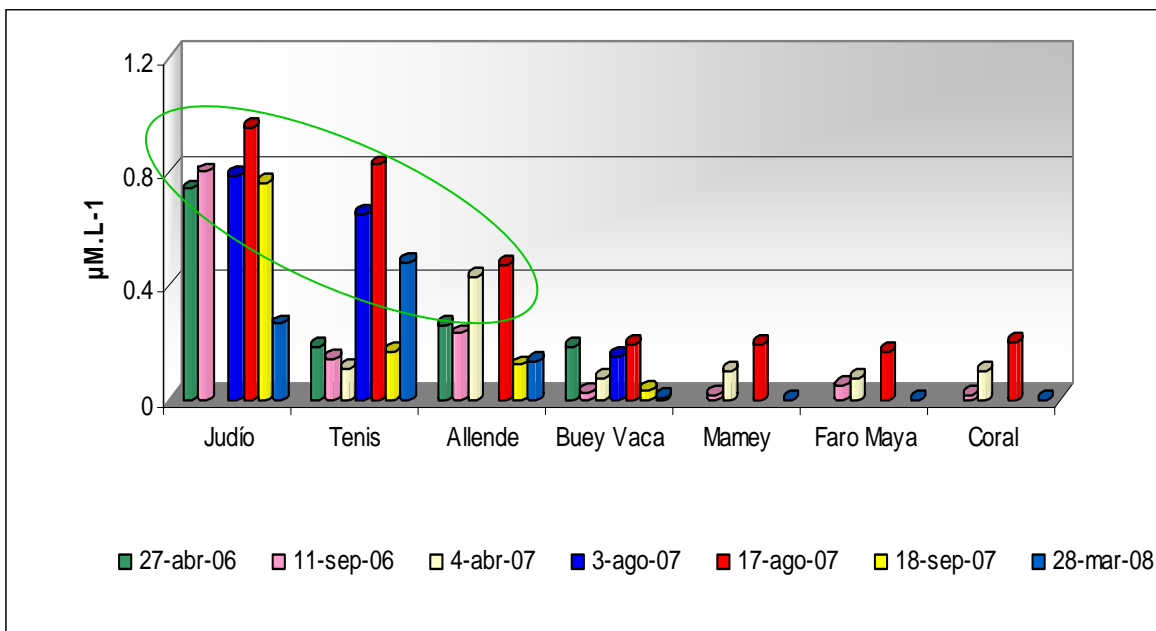


Figura 3 Concentraciones de fósforo inorgánico en muestras de aguas superficiales.

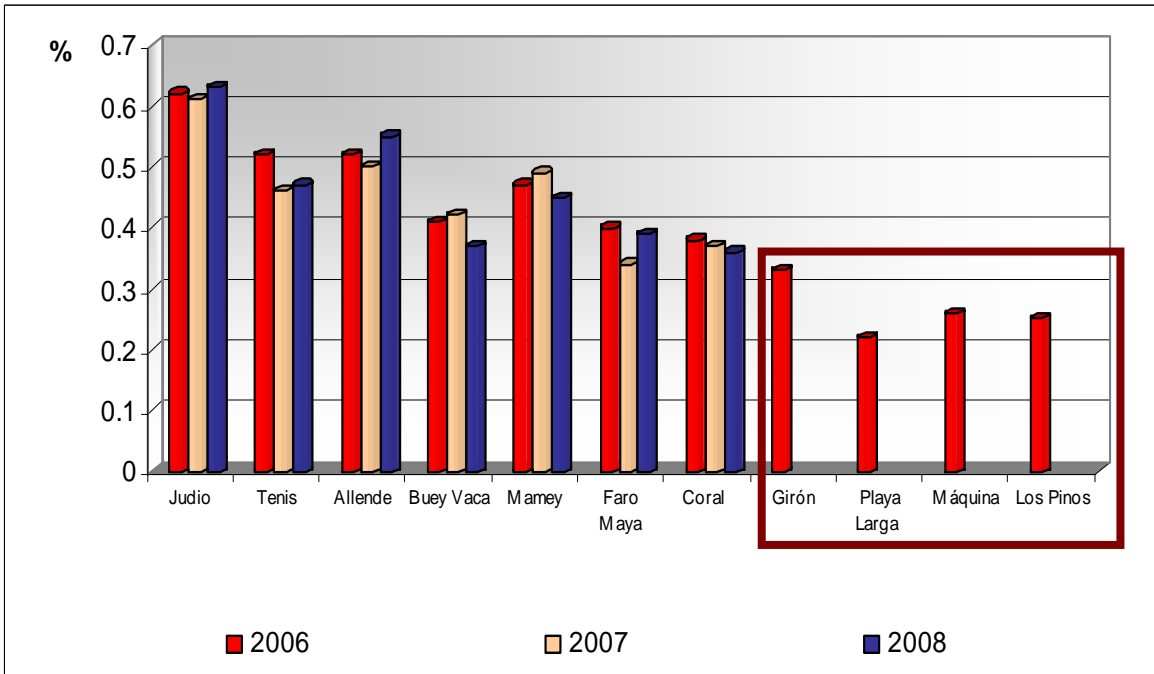


Figura 4 Concentraciones de fósforo total en los sedimentos de las playas de la bahía de Matanzas y playas de la Ciénaga de Zapata.

Carbón orgánico

Las concentraciones de carbón orgánico (CO) en los sedimentos oscilaron entre 0,54-1,15 %. La mayor disponibilidad coincide como en el caso del PT para la playa El Judío. Para el resto de las playas las concentraciones van disminuyendo a medida que se alejan de la influencia antropogénica de la bahía (Figura 5).

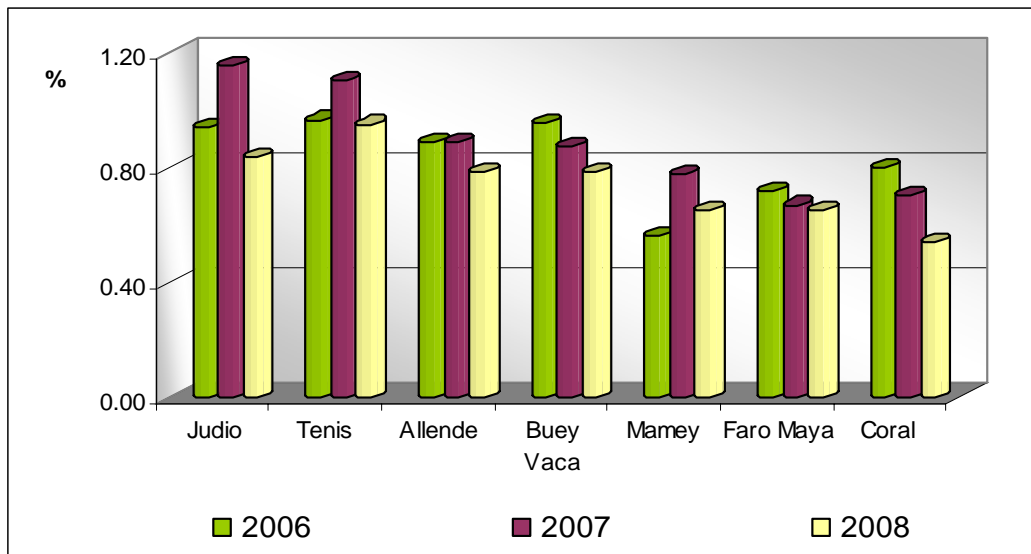


Figura 5 Concentraciones de carbón orgánico en los sedimentos.

Las mayores concentraciones ocurrieron en el año 2007 para las playas El Judío y Tenis y en el 2006 para Buey Vaca y Coral.

Todos las muestras de sedimentos estudiados son de buena calidad según la Norma cubana: 25 (1999), debido a que el CO es inferior al 2 %.

Consumo de agente oxidante o DQO

La DQO en los sedimentos fluctuó entre 4,68-8,36 mg.g⁻¹ (Figura # 6). Los valores máximos se reportan para la playa El Judío y los tenores van disminuyendo en el resto de las playas al igual que para el CO. Existe una correspondencia entre el consumo de oxidante químico y el CO, esto se debe fundamentalmente a que la materia orgánica presente en la columna de agua y los sedimentos es de fácil biodegradabilidad.

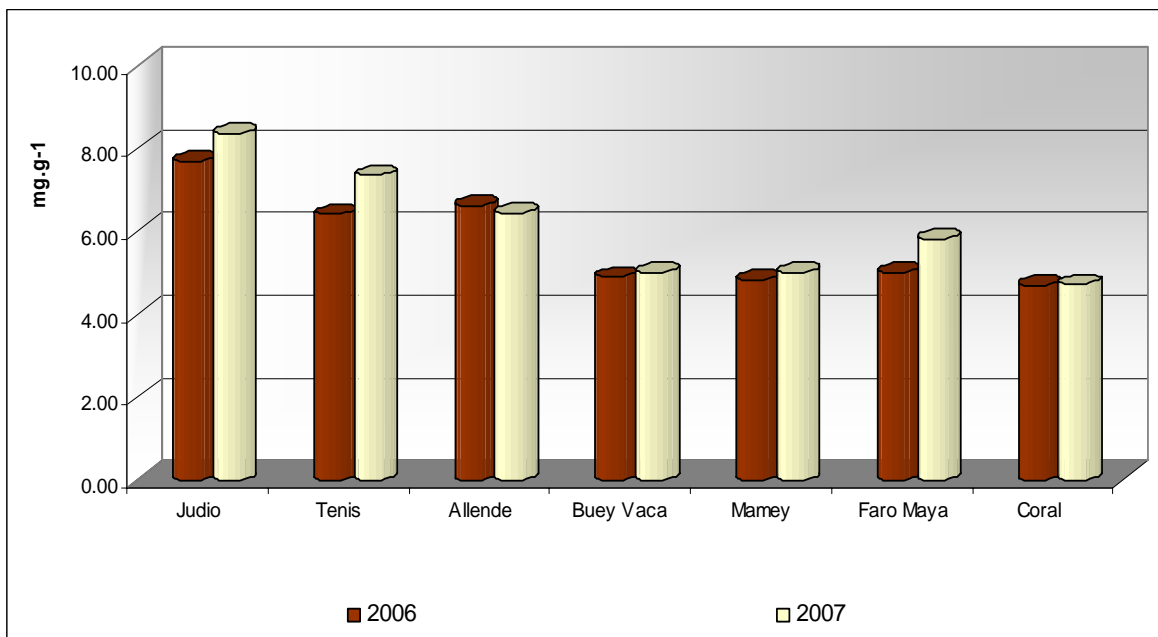


Figura 6 Consumo de oxidante químico o DQO en los sedimentos.

Contenido de Materia Orgánica (MO)

Según Establier *et al.* (1984), citado por Fernández; (2007), plantea que las concentraciones en los sedimentos marinos son normales cuando el porcentaje de MO oscila entre 0,1 y 10. Como se muestra en la Figura 7 las playas que mayor contenido de MO son Allende en los tres años de estudio y Mamey en el 2007. Estos resultados no se correlacionan con el contenido de CO y con el consumo de agente oxidante en las muestras de sedimentos estudiados.

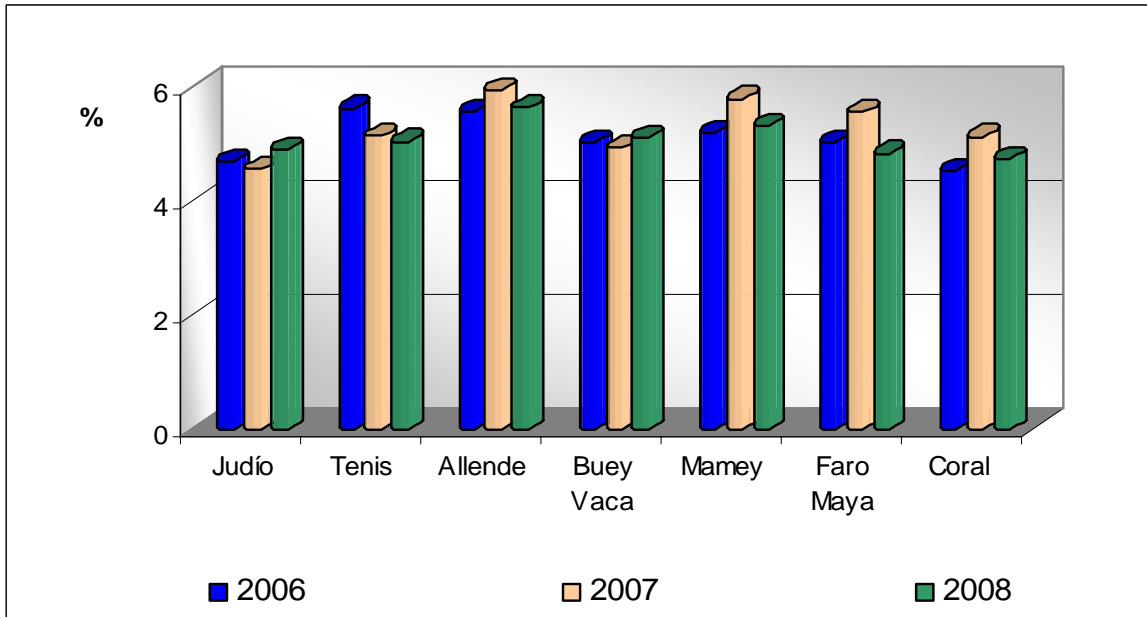


Figura 7 Contenido de materia orgánica en los sedimentos.

La no correspondencia entre estos indicadores puede tener su origen en que los sedimentos de las playas Judío y Tennis presentan una activa descomposición de la materia orgánica recién depositada en el lecho de sedimento, con una posible demanda y consumo de oxígeno, no obstante, las elevadas concentraciones de oxígeno en la columna de agua (Figura # 8) impiden un agotamiento del mismo por los sedimentos y de ahí los bajos porcentajes de MO en las muestras analizadas.

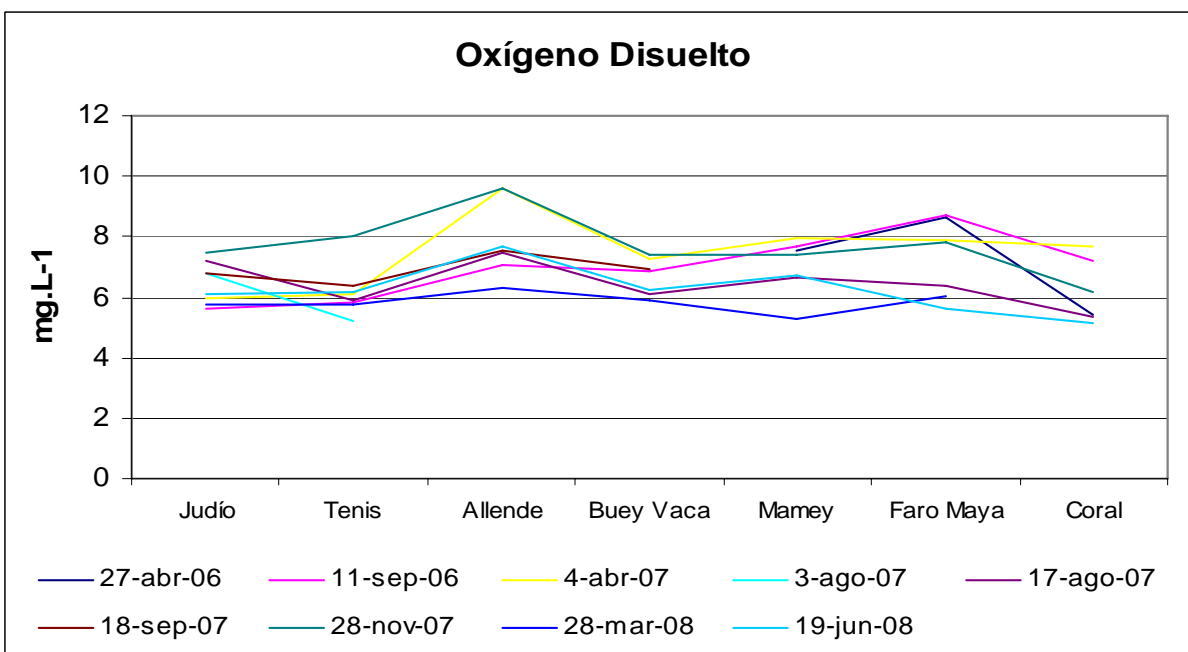


Figura 8 Distribución y comportamiento del oxígeno disuelto en la columna de agua.

La entrada de nutrientes y sedimento a la zona costera y los ciclos biogeoquímicos se han visto muy alterados en las últimas décadas a escala global por las modificaciones hechas en la misma como consecuencia de las actividades humanas (Jenmergalm *et al.* 2004).

CONCLUSIONES

- Los sedimentos de las playas estudiadas presentan contenidos de CO inferiores al 2 %.
- Los sedimentos de las playas: Judío, Tenis y Allende son las que mayores concentraciones de PT y consumo de oxidante químico presentan.
- Existe una correspondencia entre el consumo de oxidante químico y el CO, esto se debe a que la materia orgánica presente en los sedimentos son de fácil biodegradabilidad.
- La caracterización preeliminar de los sedimentos estudiados demuestran una vez más la influencia de los aportes de las descargas de aguas residuales e industriales en la bahía y los ríos que tributan a ella.
- El aporte directo y continuo de aguas residuales no solo afecta la composición del agua sino también la calidad de los sedimentos.

RECOMENDACIONES

Continuar con los estudios de la composición química de los sedimentos de las playas estudiadas y de otras de la provincia de Matanzas.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, WPCF, AWWA. 1992. *Standard Methods for the examination of waters and wastewaters*. Ed. Washington. 1134 pp.
- FAO 1975. Manual of Methods in Aquatic Environmental Research part 1. Methods for detection and monitoring of water pollution. *FAO Fish. Tech. Paper. 137*. 237pp.
- Guerra, R. 1997. Geoquímica de los carbonatos y del carbono orgánico en los sedimentos recientes del Archipiélago Sabana – Camagüey. IV Congreso de Ciencias del Mar. Marcuba' 97 Palacio de las Convenciones, Ciudad de la Habana, Cuba. 16-19 de septiembre de 1997. p. 145.
- Jennerjahn, T. C., V. Ittekkot, S. Klöpper, S. Adi., S. P.Nugroho, N. Sudiana, A.Yusmal Prihartanto, y B. Gaye-Haake .2004. Biogeochemistry of a tropical river affected by human activities in its catchment: Brantas River estuary and coastal waters of Madura Strait, Java, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 60: 503-514.
- Koch, M. S., R. E. Benz y D. T. Rudnick. 2001. Solid-phase phosphorus pools in highly organic carbonate sediments of northeastern Florida Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 52: 279-291.

- Louchouart, P., M. Lucotte, R. Canuel, J. P. Gagné, y L. F. Richard. 1997. Sources and early diagenesis of lignin and bulk organic matter in the sediments of the Lower St. Lawrence Estuary and the Seguenay Fjord. *Marine Chemistry*. 58: 3-26.
- Miyajima, T., I. Koike, H. Yamano, y H. Lizumi .1998. Accumulation and transport of seagrass-derived organic matter in reef flat sediment of Green Island, Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*. 175: 251-259.
- Montalvo, J. F., I. García, y E. Perigó. 2003. Composición química de los sedimentos asociados a los arrecifes coralinos del Archipiélago Sabana- Camagüey. *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*. 4: 321-330.