VARIACIONES DE LA TURBIDEZ EN AGUAS MARINAS COSTERAS DE LA REGION NORCENTRAL DE CUBA.

VARIATIONS OF TURBIDITY IN COASTAL MARINE WATERS OF NORTHCENTER CUBAN SHELF.

Abel Betanzos Vega, Norberto Capetillo Piñar y Alexander Lopeztegui Castillo[1]

Fecha de recepción 23 de Marzo de 2011

Fecha de aceptación 8 de septiembre de 2011

RESUMEN

Se determinan las variaciones espacio-temporales de la turbidez de aguas marinas costeras y su relación con otras variables físico-químicas en dos bahías (Buena Vista y San Juan de los Remedios) de la región norcentral de Cuba. Las mediciones se realizaron en meses representativos de primavera, verano, otoño e invierno, en 11 estaciones distribuidas entre ambas bahías. Los resultados corroboran que el pedraplén Caibarién-Cayo Santa María, ubicado entre las dos bahías, constituye un obstáculo adicional a la libre circulación de las aguas, lo que influye en la distribución horizontal de la turbidez. Se evidenció que la turbidez presenta una relación directa con el color del agua y los sólidos totales, e inversa con la transparencia. Los intervalos de turbidez determinados pueden ser utilizados como índices de calidad para la evaluación de las aguas marinas de uso pesquero, identificando como calidad buena, los valores menores que cinco Unidad de Turbidez de la Formazina (FTU). Se comprobó que la acción sostenida de vientos superiores a 15 km h^{-1} incrementa la turbidez a concentraciones mayores que 8 FTU, dificultando las operaciones de captura de diferentes recursos pesqueros.

Palabras clave: FTU, plataforma cubana, pedraplén.

ABSTRACT

Space-temporary variations of turbidity were determined and correlated with other physical and chemical variables in two bays (Buena Vista and San Juan de los Remedios) of the northcenter Cuban shelf. Measurements were taken in representative months of spring, summer, autumn and winter, at eleven places situated in both bays. The results corroborate that Caibarién-Santa Maria Key causeway, situated between both bays, constitutes an additional obstacle for free circulation of waters, affecting the horizontal distribution of the turbidity. Confirming what other authors have said, it was demonstrated that turbidity shows a direct relation with the water colour and total solids, and an inverse relation with the water transparency. It was determined that obtained turbidity intervals could be used as indices of quality for the evaluation of marine waters of fishing use, identifying like good quality values lesser

[1]Centro de Investigaciones Pesqueras, 5ta y 248, Santa Fé, Playa, Ciudad de la Habana, Cuba

*Autor para correspondencia: norberto@cip.telemar.cu

than five Formazin Turbidity Unit (FTU). It was also verified that maintained action of winds of 15 Km h^{-1} or more of speed, increases the turbidity to concentrations higher than 8 FTU, making difficult the capture operations of different fishing resources.

Key words: FTU, Cuban shelf, causeway.

INTRODUCCIÓN

Diferentes factores que pueden ser de origen natural o antrópico inciden en los incrementos de la turbidez en las aguas marinas costeras. La turbidez constituye un indicador general de la calidad de las aguas aunque no ofrece resultados sobre un contaminante específico (Lenntech, 2009; Moreira *et al*., 2009).

Entre 1989 y 1994 se construyó el pedraplén que comunica la ciudad de Caibarién, provincia de Villa Clara, con Cayo Santa María; vial que se extiende por 48 km y atraviesa, de forma transversal, este tramo de la plataforma nororiental en casi su totalidad. El proceso constructivo generó un aporte desproporcionado de sólidos suspendidos y sedimentables, observándose un incremento de la turbidez a niveles críticos y un deterioro progresivo de la calidad de las aguas y los fondos marinos de la bahía de Buena Vista (Fernández-Vila y Chirino-Núñez, 1993; Alcolado *et al*., 1999). Sin embargo, se ha planteado una recuperación de los ecosistemas aledaños al pedraplén, con disminución de la turbidez respecto a años anteriores y se califica el estado actual como favorable (Pérez *et al*., 2003). La Empresa Pesquera Industrial de Caibarién (EPICAI) informa sobre eventos temporales de turbidez en los cuerpos de aguas costeros al norte de Villa Clara, reportando para los primeros cinco meses del año 2008 incrementos que impidieron la observación de los fondos marinos y dificultaron la actividad pesquera, sobre todo de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804).

Por lo anterior, se planteó determinar la variabilidad espacio-temporal de la turbidez en aguas marinas de la región norcentral de Cuba, identificar las causas que la originan, así como establecer intervalos de turbidez que puedan ser utilizados como índices de calidad de aguas marinas de uso pesquero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio está ubicada en la parte occidental de la bahía de Buena Vista (BV) y la zona oriental de la bahía San Juan de los Remedios (SJR), con profundidad media de 2,06 y 2,19 m, respectivamente (Figura 1). Ambas bahías se localizan en la región norcentral de Cuba y constituyen áreas marinas semi-cerradas ubicadas entre la costa principal y un cordón de cayos al Norte, que forma parte del Archipiélago Sabana-Camaguey. El área total de estudio abarca unos 950 Km^2; en la que el vial Caibarién-Cayo Santa María establece una demarcación artificial entre ambas bahías.

Se ejecutaron cuatro cruceros de investigación (junio de 2008, octubre de 2008, febrero de 2009 y julio de 2009) y se muestrearon todas las estaciones en el horario comprendido entre las 10:00 y las 16:00 horas. La turbidez (media de tres réplicas por estación) se midió con un

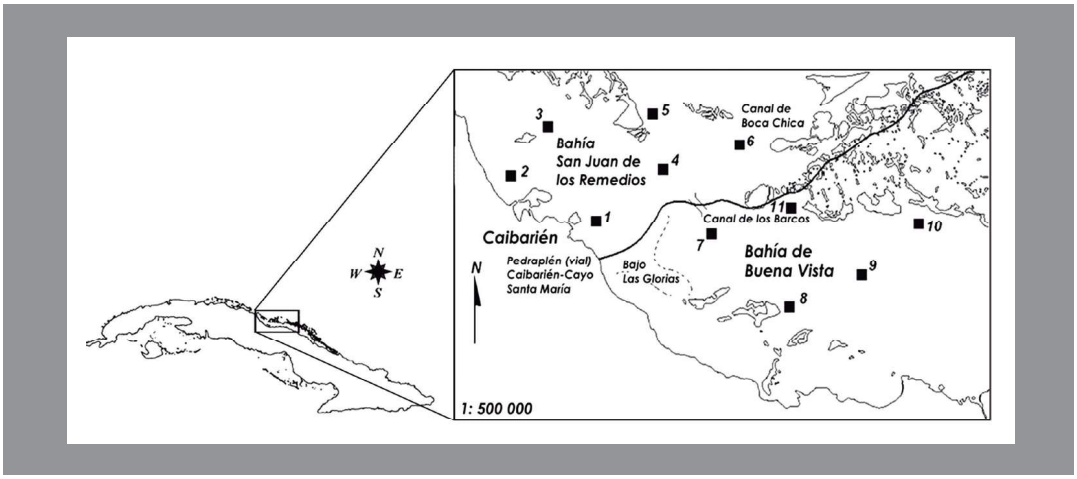

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio y red de estaciones.
Se presenta delineado en negro el pedraplén Caibarién-Cayo Santa María.

turbidímetro HANNA HI 93703-11 con precisión de ±0,01, que identifica a la Unidad de Turbidez de la Formazina (FTU) que es idéntica a la Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) (Lenntech, 2009). La distribución espacial de la turbidez se determinó por el método de isolíneas.

Adicionalmente se realizaron registros *in situ* de diferentes variables oceanográficas como: la transparencia del agua (medida con disco Secchi), color del agua (mediante escala Forel-Uhle), sólidos suspendidos y totales en superficie, velocidad del viento (medida con anemómetro de cazoleta) y demanda química de oxigeno (DQO), para obtener los datos necesarios en los análisis por estaciones. Se utilizaron además, datos meteorológicos de acumulado mensual de lluvia y velocidad y dirección del viento promedio mensual de los años 2008 y 2009, de la estación meteorológica de Caibarién.

En los análisis estadísticos se relacionaron los valores medios de turbidez por estación (n=44) con el resto de las variables estudiadas. Para estimar intervalos de calidad de la turbidez en función de la visibilidad de los fondos, se relacionó estadísticamente esta variable con los valores obtenidos de transparencia del agua. Esto se realizó con los datos de las estaciones que se ubican en profundidades mayores a 2 m (estaciones 1, 3, 4, 6, 9 y 11) con el propósito de disminuir el efecto de las bajas profundidades en la lectura del disco Secchi. Para determinar la influencia del viento en la turbidez se utilizaron datos correspondientes a las estaciones 3, 4, 7 y 8, cuya ubicación al centro del área facilita una mayor incidencia de los vientos predominantes en la región.

RESULTADOS

Se observó en la parte central de la bahía de BV un desplazamiento de la turbidez hacia el Oeste con concentraciones de 10 y 9 FTU respectivamente, tanto en junio de 2008 (Figura 2) como en febrero de 2009

(Figura 4), que en forma de lengüeta se estrecha en la Canal de los Barcos atravesando hacia la bahía de SJR (referencias geográficas en la Figura 1). Ambos meses presentaron una distribución horizontal semejante, registrándose valores medios superiores a 7 FTU (Cuadro 1). Los valores mínimos se ubicaron a sotavento del cordón de cayos que se localiza al Norte de ambas bahías, donde la incidencia de los vientos, el oleaje y la turbulencia son menores.

En los muestreos de octubre de 2008 (Figura 3) y julio de 2009 (Figura 5) se registró menos turbidez que en los meses de junio y febrero, presentándose valores medios inferiores a 5 FTU (Cuadro 1). En estos meses se observaron núcleos de turbidez de mayor concentración (7 a 8 FTU) al oeste de la bahía de BV, en la zona adyacente a la Canal de los Barcos.

Al relacionar los valores de turbidez por estaciones con el resto de las variables estudiadas, los valores más altos de correlación directa se obtuvieron con el color del agua (R^2=0,82; p<0,05), con los sólidos totales (R^2= 0,73; p<0,05) y correlación negativa con la transparencia del agua (R^2= -0,71; p<0,05). En sentido estricto, la turbidez y la transparencia del agua en aquellas estaciones con profundidades mayores de 2 m, tienen una relación exponencial inversa cuyo coeficiente de correlación es mayor (R^2=0,88; p<0,05); comprobándose que transparencias menores del 20%, que impiden la visibilidad de los fondos marinos, coinciden con valores de turbidez > 8 FTU (Figura 6). Otra variable que presenta una relación lineal positiva estadísticamente significativa con la turbidez, es la DQO (R^2=0,68; p<0,05).

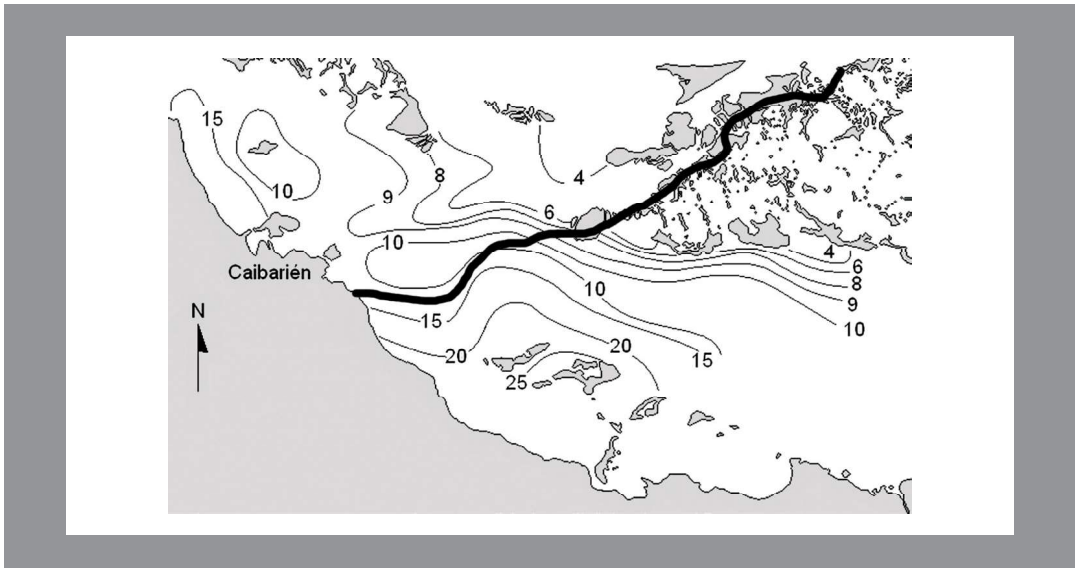

Figura 2. Distribución horizontal de la turbidez en el mes de junio de 2008 primavera) y pedraplen.

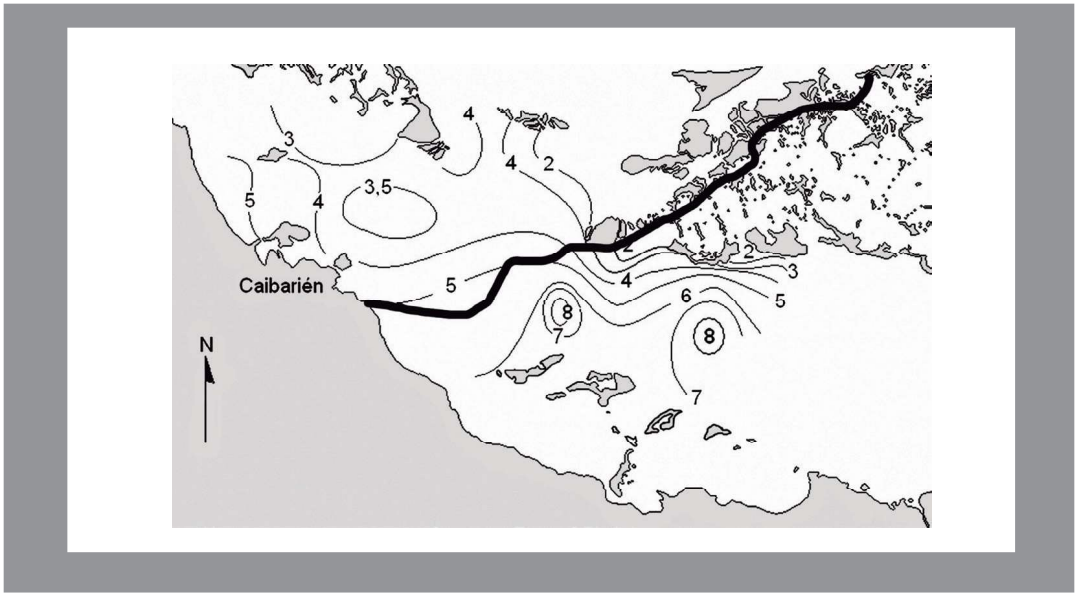

Figura 3. Distribución horizontal de la turbidez en el mes de octubre de 2008 (otoño) y pedraplén.

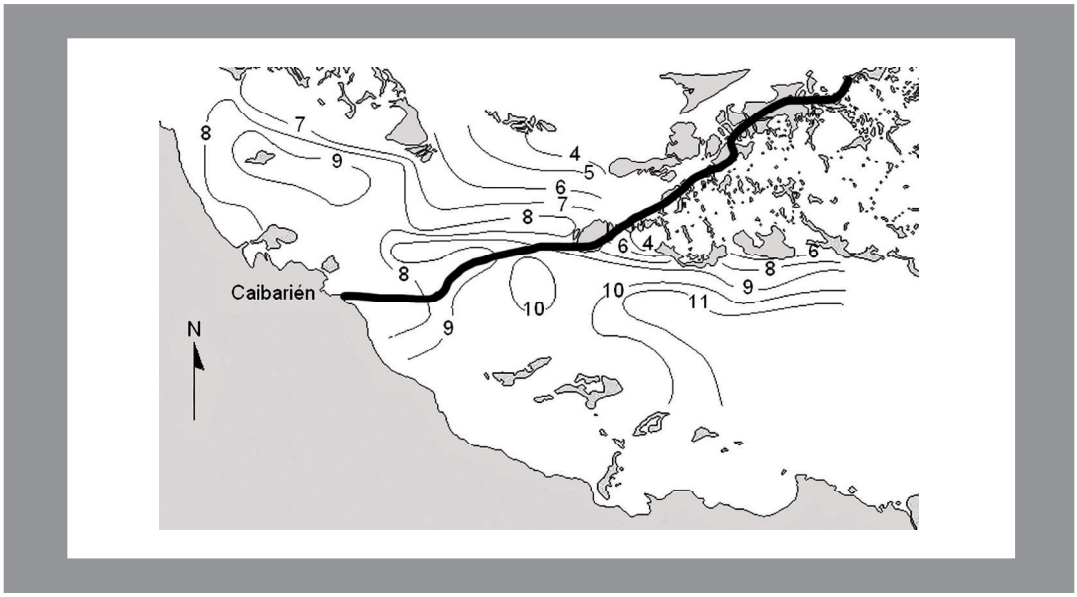

Figura 4. Distribución horizontal de la turbidez en el mes de febrero de 2009 (invierno) y pedraplén.

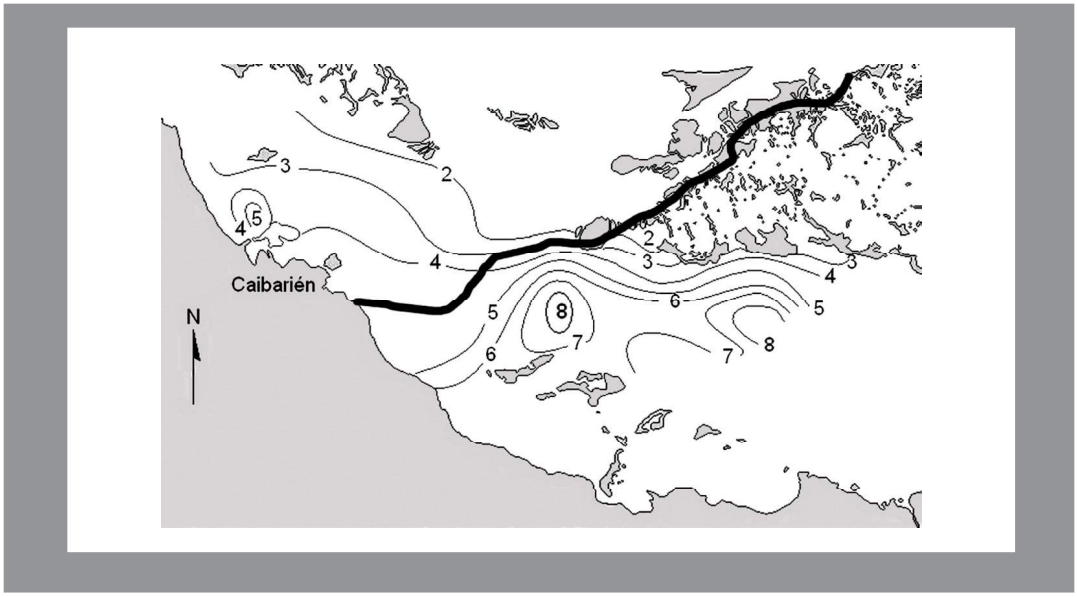

Figura 5. Distribución horizontal de la turbidez en el mes de julio de 2009 (verano) y pedraplén .

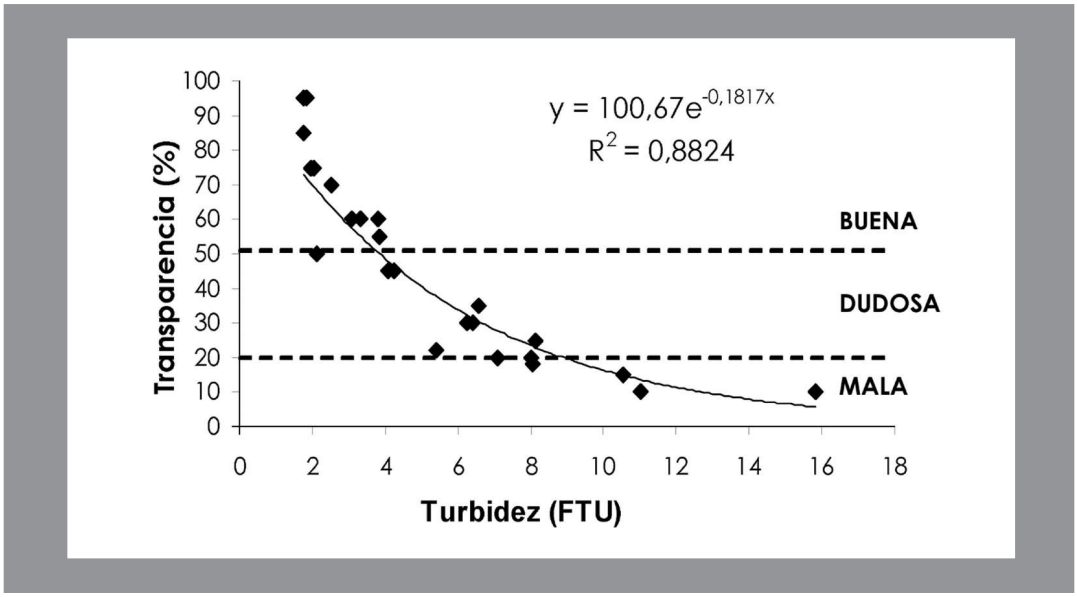

Figura 6. Relación entre la turbidez y la transparencia. Las líneas discontinuas señalan los intervalos de calidad de la transparencia del agua según la Norma Cubana 25 (NC-25, 1999).

Cuadro 1. Valores de turbidez según los meses muestreados

TURBIDEZ	junio/2008	Octubre/2008	Febrero/2009	Julio/2009
Media	10.22	4.53	7.18	4.09
Desv. estándar	± 7.3	± 2.3	± 2.5	± 2.5
Máximo	26.37	8.38	11.01	8.12
Mínimo	2.46	1.78	3.81	1.78

Los valores de turbidez obtenidos se hicieron corresponder con los utilizados en la Norma Cubana 25 (NC-25, 1999), para evaluar la calidad de las aguas con base en la transparencia de las mismas, lo que permitió definir un índice de calidad para la turbidez utilizando el mismo sistema de categorías que el usado para la transparencia (Cuadro 2).

En el análisis por estaciones la velocidad del viento muestra una relación estadística significativa con la turbidez, aunque el coeficiente de correlación es moderado (R^2=0,25; p<0,05); por lo que se puede asumir que la intensidad del viento registrado *in situ*, sólo explica un 25% de la varianza espacial de la turbidez. Sin embargo, al relacionar los valores correspondientes a las estaciones 3, 4, 7 y 8, se obtuvo una correlación positiva estadísticamente significativa (R^2=0,68; p<0,05) entre ambas variables.

La dispersión, muestra una correspondencia entre los valores > 8 FTU y vientos con intensidades cercanas o superiores a 15 km h^{-1} (4.17 m s^{-1}). Únicamente la estación 7, cercana a la Canal de los Barcos, presenta valores de turbidez ≥ 8 FTU con vientos menores de 15 km h^{-1}, en octubre de 2008 y julio de 2009 (Figura 7). Por otra parte, el punto con una intensidad del viento superior a 15 km h^{-1} que no llega a alcanzar una turbidez ≥ 8 FTU corresponde a la estación 4 y al mes de junio, área que en ese mes manifiesta una marcada influencia de las aguas exteriores, más transparentes.

DISCUSIÓN

En la distribución horizontal de la turbidez de los cuatro cruceros efectuados (Figuras 2, 3, 4 y 5) los menores valores se observan al Norte por donde penetran las aguas exteriores. La entrada de aguas con características oceánicas por el canal de Boca Chica influye marcadamente en la disminución de la turbidez en la parte nororiental de la bahía de SJR, situación que no se observa hacia la bahía de BV (referencias geográficas en la Figura 1). Los máximos se distribuyen al centro y sur, en áreas cercanas a la costa de la isla principal, donde predominan fondos de tipo fangosos y una menor presencia de pastos marinos (Carrodeguas *et al.*, 1997); registrándose las mayores concentraciones (15 a 26 FTU) en el mes de junio de 2008.

El análisis de la distribución espacial de la turbidez, evidencia que el pedraplén Caibarién-Cayo Santa María influye en

Cuadro 2. Índice de calidad de la transparencia para cuerpos de agua costeros de uso pesquero, según NC-25 (1999), e intervalos de calidad de la turbidez obtenidos en función de la transparencia.

Variable	BUENA	DUDOSA	MALA
Transparencia (%)	100 - 50	50 - 20	< 20
Turbidez (FTU/NTU)	0 - 5	5 - 8	> 8

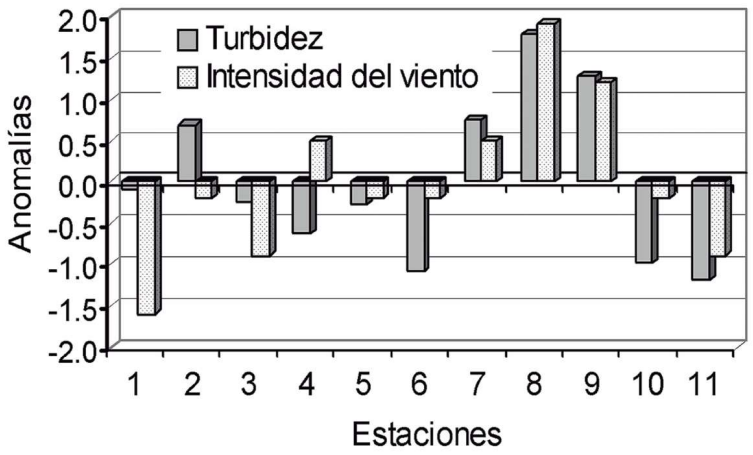

Figura 7. Anomalías de la intensidad del viento y la turbidez, promedio del periodo por estaciones.

la dinámica de la región al constituir un obstáculo a la circulación de las aguas, por lo cual, influye marcadamente en la distribución horizontal de la turbidez, fundamentalmente en la bahía de BV. En el movimiento de las aguas hacia el Oeste (Fernández-Vila y Chirino-Núñez, 1993), el volumen de agua que debe pasar hacia la bahía de SJR por los puentes de comunicación, principalmente el de la Canal de los Barcos, genera incrementos de turbidez, independientemente de la intensidad de los vientos.

Los núcleos de máxima turbidez que se observan al centro del área, en las cercanías de la Canal de los Barcos, por la parte de la bahía de BV, evidencian un proceso continuo de erosión que favorece la resuspensión de sedimentos (Krone, 1962), ya que la

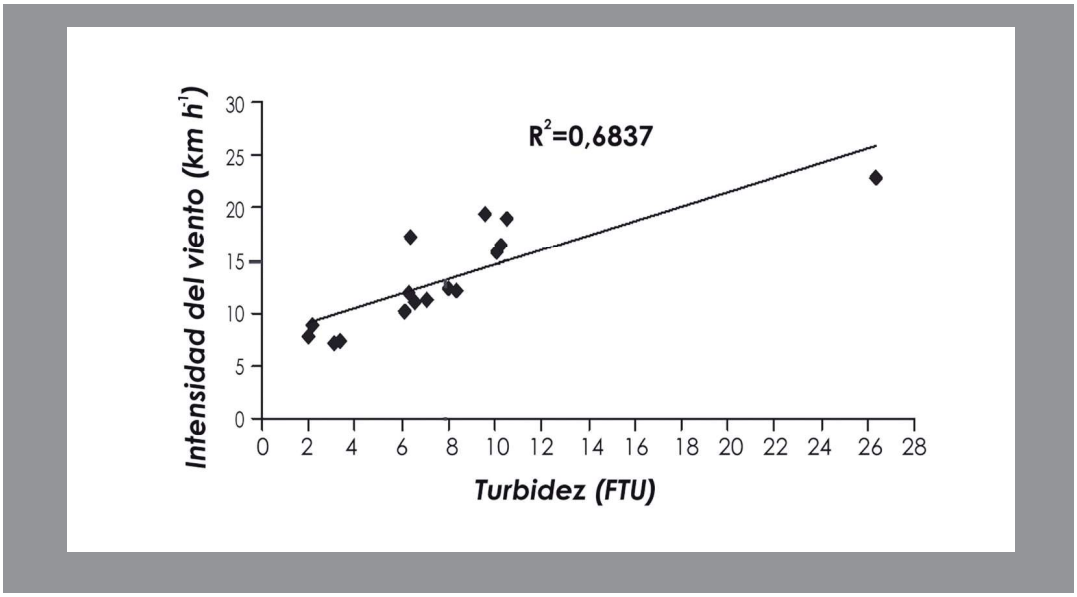

Figura 8. Relación entre la intensidad del viento y la turbidez de las estaciones donde se realiza actividad pesquera relacionada con la langosta.

velocidad de fricción en los fondos marinos se incrementó en más del doble después de terminada la construcción del vial (Pérez *et al.*, 2003). Antes de la construcción del viaducto, la velocidad media de la corriente, en la Canal de los Barcos, tomaba valores medios de 15 cm s^{-1} con máximos de hasta 60 cm s^{-1}; al cierre de la obra se registraron velocidades medias cercanas a los 60 cm s^{-1} con máximos de hasta 121 cm s^{-1} (Pérez *et al.*, 2003), velocidades que pueden ser mayores en meses de intensas precipitaciones por incremento de los escurrimientos de arrastre de suelo y/o por la incidencia de vientos fuertes sostenidos.

Los máximos promedios de turbidez obtenidos en Junio de 2008, son consecuencia de la intensidad de los vientos durante los días de muestreo, de 9 a 30 Km h^{-1}; registrándose una media mensual de 21,1 Km h^{-1} y precipitación pluvial de 158 mm. En los meses precedentes, desde febrero hasta mayo de 2008, se reportan vientos del Este y del Este-Noreste con promedios mensuales (> 18,5 Km h^{-1}) superiores al promedio histórico de la región (16,5 Km h^{-1}) motivando los incrementos de turbidez que reporta la empresa pesquera EPICAI. En octubre de 2008 y julio de 2009 se registran menores promedios de turbidez debido a menores intensidades del viento durante los días de muestreos (5 a 12 Km h^{-1}) y lluvias mensuales poco significativas (58 y 38,1 mm respectivamente). Aunque en febrero de 2009 se reportan bajas precipitaciones (8,1 mm), se registraron vientos sostenidos del Este y Este-Noreste con promedio mensual de 24,8 Km h^{-1}, lo que incide en la turbidez de este mes (media de 7,18 FTU).

Con vientos del primer y cuarto cuadrante del Este-Noreste al Oeste-Noroeste, las zonas a sotavento de los cayos mantienen bajos valores de turbidez; mientras que en meses con vientos de componente Sur, las zonas al Sur de los cayos suelen presentar mayores concentraciones de turbidez al quedar a barlovento del viento. Los vientos predominantes en la región provienen del primer cuadrante con un 80% del Este al Noreste.

En lo que respecta a las variables que presentaron mayores coeficientes de correlación con la turbidez (color del agua, sólidos totales y transparencia), los resultados obtenidos coinciden con reportes previos, acerca de que el coeficiente de atenuación vertical de la luz es directamente proporcional al valor de Forel-Uhle (color del agua) e inversamente proporcional a la transparencia (Strickland, 1958; Buesa 1974 y 1979). La correlación significativa y relativamente alta de la turbidez con la DQO, puede deberse a que las zonas costeras muestreadas, con altos valores de turbidez, coinciden con áreas identificadas como contaminadas por materia orgánica (Montalvo *et al.*, 2004 y 2008).

De forma general, se pudo constatar que velocidades del viento superiores a 15 Km h^{-1}, generan incrementos en la turbidez por encima de 8 FTU, valores estos que coinciden con una transparencia del agua menor que 20%, la cual según la Norma Cubana 25 (NC-25, 1999), constituye un indicador de **mala** calidad. Estos registros evidencian poca visibilidad en la zona, impiden la localización de los artes de pesca de la langosta y dificultan por tanto las operaciones de captura de éste y otros recursos pesqueros. Por otra parte, las bajas profundidades de la región, sumadas a los mecanismos de aceleración/desaceleración en la velocidad de las corrientes, sujetos al régimen de vientos, la marea, las precipitaciones y otros factores físicos, contribuyen de forma determinante en los procesos de erosión/deposición; estos mecanismos generan incrementos/disminuciones en la turbidez (Van Rijn, 1984; Vidal *et al.*, 2005).

A partir de los resultados de la presente investigación y los obtenidos por otros autores en estudios anteriores, se considera que la región está expuesta a eventos de alta turbidez cuyas causas principales son: contaminación por aguas residuales (Perigó *et al.*, 2004; Montalvo *et al.*, 2008) con altas concentraciones de materia orgánica en zonas costeras (Montalvo *et al.*, 2004 y 2008); limitación en la renovación de las aguas, con mayor efecto en la bahía de BV, a consecuencia del pedraplén (Fernández-Vila y Chirino-Núñez, 1993; Pérez *et al.*, 2003); pérdida de pastos marinos (Carrodeguas *et al.*, 1997; Martínez-Daranas, 2007) influida además por la pesca de arrastre con chinchorros (Thrush y Dayton, 2002; Martínez-Daranas *et al.*, 2009), los incrementos de la salinidad y el represamiento de aguas fluviales (Romero *et al.*, 1997; Betanzos *et al.*, 2009); dragados ocasionales; acciones de relleno en tramos afectados del pedraplén; las bajas profundidades; tipo de fondo (fangoso o arenoso); y la distancia a la costa de la isla principal.

La norma cubana (NC-25, 1999), para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero no incluye la turbidez (FTU/NTU); las variables que contempla para estimar

los intervalos de calidad de las aguas marinas son: los sólidos suspendidos (mg L^{-1}) y la transparencia del agua (%) a partir de la lectura del disco Secchi (Tyler, 1968). Con base en los intervalos de transparencia establecidos por la Norma Cubana 25 (NC-25, 1999) y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación, fue posible definir intervalos en los valores de turbidez que permiten la evaluación de la calidad de las aguas marinas en función de este parámetro, lo cual resulta novedoso y útil para futuras investigaciones y para un mejor manejo de la actividad pesquera, al permitir predecir el grado de turbidez de las aguas según la intensidad y dirección de los vientos.

Estos resultados son aplicables a otras bahías de la región norcentral de Cuba e incluso a algunas de la plataforma nororiental, en especial aquellas que se localizan en el Archipiélago de Camaguey, las que por sus características geomorfológicas e hidrológicas han sido clasificadas, al igual que las de Buena Vista y San Juan de los Remedios, como bahías de renovación limitada (Lluis-Riera, 1984; Fernández-Vila y Chirino-Núñez, 1993). También pudieran hacerse extensivos a bahías de países tropicales en las que se verifiquen características similares, siendo aún de mayor utilidad si en dichas bahías se llevan a cabo actividades pesqueras.

BIBLIOGRAFÍA

Alcolado, P. M.; García, E. E. y Espinosa, N. (Eds). 1999. Protección de la biodiversidad y desarrollo sostenible en el Ecosistema Sabana-Camaguey. Proyecto GEF/PENUD Sabana-Camaguey CUB/92/G31. La Habana, Cuba. 145 p.

Betanzos, A.; Arencibia, G.; Delgado, G. y Nodar, R. 2009. Caracterización de la calidad del agua al norte de Villa Clara, Cuba, para definir zonas de cultivo del ostión de mangle (Crassostrea rhizophorae, Guilding, 1828). Ecotoxicología y Contaminación Ambiental. 1(4):1- 9.

Buesa, R. J. 1974. Population and biological data on turtle grass (Thalassia testudinum König, 1805) on the northwestern Cuban shelf. Aquaculture. 4: 207-226

Buesa, R. J. 1979. Comportamiento fotosintético de algunos vegetales marinos. Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias, La Habana, Cuba. 15 p.

Carrodeguas, C.; Ramos, V. y Sosa, R. 1997. Empleo de tecnologías de avanzada en el estudio del macrofitobentos del Archipiélago Sabana-Camagüey. Memorias. XXV Jornadas Argentinas de Botánica. pp. 2362-2368.

Fernández-Vila, L. J. y Chirino-Núñez, A. L. 1993. Atlas Oceanográfico de las aguas del Archipiélago de Sabana-Camagüey. Instituto Cubano de Hidrografía, La Habana, Cuba. 235 p.

Krone, R. B. 1962. Flume studies of the transport of sediment in estuarine shoaling processes. Tech. Rep. Hydraulic. Engineering Lab., University of California. 20 p.

Lenntech, B. V. 2009. FAQ de la evaluación de la calidad del agua. Agua residual & purificación del aire Holding B. V. *http://www.lenntech.es/la-evaluacion-de-la-calidad-agua-faq-calidad-agua*. Consultado el 23 de agosto de 2010.

Lluis-Riera, M. 1984. Estudios hidrológicos de la plataforma nororiental (Zona D). Editorial Academia, La Habana, Cuba. 44 p.

Martínez-Daranas, B. 2007. Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. Tesis presentada en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba. 108 p.

Martínez-Daranas, B.; Cabrera, R. and Pina-Amargós, F. 2009. Spatial and seasonal variability of *Thalassia testudinum* in Nuevitas Bay, Cuba. Rev. Mar. y Cost. 1: 9-27.

Moreira, J. M.; Carpintero, I. R.; Crespo, R.; Montoya, I.; Pino, I. y Rodríguez, A. 2009. Generación de indicadores para el seguimiento de la calidad de las aguas litorales. Evolución de la turbidez en la desembocadura del río Guadalquivir. Memorias del XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud. 23-26 de septiembre de 2009. pp197- 200.

Montalvo J. F.; García, I.; Perigó, E.; Martínez, M. y Cano, M. 2004. Niveles más representativos de los parámetros de calidad químico ambiental en la eco-región Sabana-Camagüey. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. 5:58-70.

Montalvo, J. F.; Martínez-Canals, M.; Perigó, E.; Puentes, O. y García-García, N. 2008. Fuentes de contaminación de la zona costera de la provincia de Villa Clara, Cuba. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. 8: 154-161.

Norma Cubana, NC 25. 1999. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. Especificaciones y procedimientos para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. 12 p.

Pérez, I. E.; Díaz; D. López, I.; Jiménez, M. J.; Morales, A.; Gutiérrez, A.; Fernández, L.; Viamontes, J.; Capetillo, N.; Viera, L. M.; Barbeito, R.; Rondon, H.; Téllez, R.; Blanco, M. y Dieguez, A. 2003. Condiciones oceanográficas generales del ambiente marino en la cayería norte de Villa Clara, Cuba. Rev. Cub. Invest. Pesq. 23 (1):9-13.

Perigó, E.; Montalvo, J. F.; Cano, M.; Martínez, C.; Niévares, A., y Pérez, D. M. 2004. Principales fuentes contaminantes en la eco-región norcentral de

Cuba (Archipiélago Sabana–Camagüey). Impactos y respuestas. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. 5:14- 26.

Romero, N.; Camacho, J.; Carrodeguas, C.; Fernández, L.; García, L. y López, D. 1997. Aumento de la salinidad y su repercusión sobre algunos componentes de la biota marina de la bahía de los Perros. Cuba. Memorias. XXV Jornadas Argentinas de Botánica. pp1943-1956.

Strickland, J. D. 1958. Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity. J. Fish. Research B. D. Canada. 15(3):20-31.

Thrush, S. F. and Dayton, P. K. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: Implications for marine biodiversity: Annu. Rev. Ecol. Syst. 33: 449-473.

Tyler, S. E. 1968. The Secchi disc. Limnol. Oceanog. 13(1):1-6.

Van Rijn, L. C. 1984. Sediment transport. Part I: Bed load transport. J. Hydraul. Eng. 110:613-1641.

Vidal, J.; Tejedor, B.; Álvarez, O. y Martín, P. 2005. Determinación experimental de los parámetros de erosión-deposición y su aplicación a un caso real: El canal de marea de Sancti Petri. Cienc. Mar. 31(3):577-584.