

EVALUACION DE FACTORES HIDROQUIMICOS INDICADORES DE CONTAMINACION ORGÁNICA EN LA LAGUNA COSTERA DEL DOCTOR, PLAYA BARACOA, CUBA

Aída M. Perigó Hernández¹, Eusebio Perigó Arnaud², José F. Montalvo Estévez², Egly Chang Corona², Maria E. César Manfarrol² y Raudel García²

1) Centro de Investigaciones Marinas. Calle 16, 114, entre 1ra y 3ra. Miramar. Playa, Ciudad de la Habana, Cuba. Teléfono 2030617. cim@cim.uh.cu

2) Instituto de Oceanología. Calle 1era 18406, Reparto Flores, Playa, Ciudad de la Habana, Cuba. Teléfono 2710300.

labq@oceano.inf.cu

INTRODUCCIÓN

Según Phlerer (1969), citado por De la Lanza y Cáceres (1994), una laguna costera es un cuerpo de agua semi-cerrado, con una barra arenosa como frontera hacia el mar, que puede o no tener aporte de agua dulce continental, cuyo eje principal o largo es paralelo a la costa. Las lagunas costeras tienen un comportamiento físico, químico y biológico muy específico y se caracterizan por su alta complejidad. Uno de los rasgos más comunes de estos acuatorios es la abundancia relativa de nutrientes y materia particulada si se comparan con las aguas litorales y oceánicas, catalogándose como sistemas exportadores de nutrientes.

En la zona costera del municipio Bauta se encuentra la laguna costera el Doctor, cuya calidad se ha visto seriamente dañada por ser receptora de un considerable volumen de residuales crudos (alrededor de 8000 m³) originados por las actividades domésticas de una Comunidad de alrededor de 5000 habitantes y otras instalaciones comerciales y vivienda que se desarrollan en la margen de la laguna, como consecuencia ocurrió masivas mortandades de peces derivado de las condiciones anóxicas de la laguna (Perigó, *et al*, 2003, Alcalde *et al*, 2003)

El objetivo de este trabajo es actualizar el conocimiento sobre el estado de la calidad ambiental de la laguna El Doctor a través de variables de estado indicadoras de contaminación orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestra de agua superficial en una red de tres estaciones en la laguna (Fig. 1). La toma de muestras de agua se realizó de forma manual debido la poca profundidad de la laguna sumergiendo el frasco por debajo de las interfaces aire - agua,

se determinó en situ: el oxígeno disuelto (OD) por el método de Winkler, modificación de Alberster La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se determinó muestras diluidas con agua de mar aireadas e incubadas durante 5 días en una incubadora refrigerada a 20 °C, ambas variables se determinaron según el APHA (1992) Las muestras para estimar la demanda química de oxígeno (DQO) se congelaron hasta su análisis por permanganometría en medio alcalino (FAO, 1975) Durante la campaña de muestreo (abril, 2005) se realizaron mediciones de temperatura con un termómetro de copa, la transparencia, con disco Sechi y la salinidad con un refractómetro.

Cinética de la DBO

Para la evaluación de la constante de desoxigenación (Kd), las muestras fueron diluidas con agua de mar filtrada y aireada e incubada a 20 °C en series de frascos de cristal ámbar durante 10 días. La DBO se determinó diariamente mediante la valoración del oxígeno por el Método de Winkler

La constante de desoxigenación considerando que el consumo de oxígeno por los microorganismos es una reacción de primer orden, se calculó de acuerdo a la ecuación desarrollada por Nemerow, (1971):

Donde C_i es la DBO inicial, mientras C_k es la DBO ($i + n$), n representa los días sucesivos de la concentración diaria de la DBO. Las unidades de K son el inverso del tiempo (d^{-1}).

Para la determinación de la DBO carbonacea última (CDBOu), se empleó la siguiente expresión:

$Y = CDBOu (1 - e^{-kt})$, donde K es la constante de ionización, t es el tiempo de medición de la DBO y es la DBO en cualquier tiempo, generalmente se emplea la correspondiente al quinto día de incubación. (Melcalf y Eddy, 1995)

Para la evaluación de la calidad del agua se emplearán fundamentalmente las normas cubanas de calidad de agua de protección de los recursos hídricos para aguas marinas de uso pesquero, NC -25 (1999) y para uso recreativo, NC -23 (1999)

RESULTADOS Y DISCUSION

La laguna El Doctor es somera ya que su profundidad es inferior a un metro, lo cual es común en la mayoría de los ecosistemas lagunares, La transparencia en la laguna es casi nula por la alta concentración de sólidos en suspensión y la cobertura de las células fitoplanctónica, que en su momento interfieren la penetración de la luz y disminuye la producción primaria.

La temperatura en la laguna fue superior a 30 °C a consecuencia de su poca profundidad y los procesos metabólicos que ocurren en ellas en las reacciones de respiración (DBO), donde se libera energía.

En la laguna, la salinidad se ve afectada por la dilución que ejercen en la misma el

notable volumen de residuos de las actividades domésticas adyacentes a sus márgenes, la cual fluctúa entre 24 y 30 UPS con un valor medio 27.7 UPS. En época de seca, la salinidad en la laguna se estimaba entre 36 y 38 USP. Si calculamos la fracción de agua dulce por la relación entre su salinidad actual con relación a la anterior, esta se estima en 67567 m.³ Las aguas albañales se acumulan debido al poco intercambio de la laguna con el estuario del río Baracoa, lo que aumenta aun más el estado de deterioro del cuerpo de agua, esta situación impide la permanencia de organismos marinos que antes existían en el interior de la laguna.

La concentración de OD en la laguna varió entre 4.98 mg/L y 12.65 mg/L con un promedio de 8.87 mg/L, que le da un permanente estado de eutrofización debido a la alta actividad fotosintética en la superficie, en horas del día. No obstante estas concentraciones por la alta carga orgánica y de nutrientes que recibe, además de la existencia de altas concentraciones de bacterias, en horas de la noche, cuando cesa la fotosíntesis la laguna se vuelven anóxica, lo cual justifica la mortandad de los peces que se quedan atrapados en su interior, los cuales excursionan en la laguna en llenante, lo cual se evidenció durante el paso del ciclón Wilma, donde producto de la inundación por la penetración del mar, pudieron entrar considerable cantidad de peces debido a la mejoría de las condiciones ambientales temporales. No obstante volver a la situación anterior y permanecer la afluencia de residuos a la laguna pudo provocar masivas mortandades de peces, que pueden vincularse con los olores desagradables percibidos por la población desde la laguna por la descomposición de los peces.

La NC-25 (1999) considera agua de mala calidad para uso pesquero cuando el OD es inferior a 3.0 mg/L y aunque los valores del OD en dos de las tres estaciones están por encima del valor de saturación, da un índice del estado de hipereutrofización de la laguna.

La DBO₅ en la laguna El Doctor, varió entre 39.2 mg/L y mayor a 56.0 mg/L con valor medio de 46.8 mg/L, lo cual da un índice del alto grado de deterioro de este ecosistema a consecuencias del vertimiento indiscriminado de los residuales doméstico de la Comunidad aledaña a la laguna, Aunque existe una instalación de tratamiento de residuos por una laguna de estabilización. Esta normalmente no se emplea por diferentes causas, entre las que se encuentra la rotura de los equipos de bombeo de los residuos a la laguna de estabilización de residuales, así como a la ausencia de las actividades de operación y mantenimiento de este sistema de tratamiento biológico.

La concentración de la DQO en la laguna tuvo un promedio de 117,3 mg/L, valor comparable a los encontrados en residuales albañales crudos lo que hace que esta se comporte como un sumidero de los mismos, estas concentraciones de la DQO, hacen que la laguna se convierta en un depósito de residuales.

En la tabla 2 se da una relación del comportamiento de la materia orgánica de la laguna en función del tiempo. Lo cual hace indicar que se comporta como una reacción de primer orden, pues en los primeros 5 días, la pendiente es pronunciada (Figuras 2 y 3),

para luego tienden a ser asintótica, comportamiento, que caracterizan a las aguas albañales domésticos que son cuya constante de desoxigenación normalmente se encuentran por encima de 0.200 d^{-1} . (Perigó *et al*, 2002) Este valor sugiere que para el quinto día de incubación la remoción de la materia orgánica supera el 75 por ciento parecido a lo indicado por. (Metcalf y Eddy, 1995), para estos residuales.

CONCLUSIONES

La transparencia en la laguna es prácticamente nula por el alto contenido de sólido en suspensión y células fitoplanctónicas.

La disminución de la salinidad en la laguna, aunque la misma no tiene contacto con agua dulce natural, se debe a la descarga de albañales

La concentración de OD en la laguna del Doctor la clasifica en estado eutrófico al momento de la toma de las muestras, ya que aunque en dos ocasiones se encuentra por encima de la concentración de saturación esto se debe a la alta producción fotosintética superficial

La DBO y la DQO clasifican a la laguna como altamente contaminada por los residuales de la comunidad adyacente.

La disminución de la salinidad que experimenta la laguna El Doctor, se debe al alto volumen de albañales que recibe.

La cinética de la DBO5 responde a una reacción de primer orden, lo cual permitió hacer las estimaciones diarias de la DBO entre el primero y el décimo día de evolución de la materia orgánica biodegradable.

RECOMENDACIONES.

Deben tratarse los residuales de la Comunidad de los Cocos y eliminarlo fuera de la laguna ya sea por sistema de laguna de estabilización o tratamientos no convencionales como los sistemas de humedales construidos.

Realizar un estudio sistemático en la laguna con la inclusión de otros parámetros como los nutrientes de los los compuestos del fósforo, nitrógeno y microorganismos patógenos y algas nocivas.

REFERENCIAS

- Alacaide, J. F, Y. González, E. Jaime, E. M. Guerra y B. Gutierrez 2003. Evaluación ambiental integral del municipio Bauta. Inédito, Arch. Cient. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- APHA, WPCF, AWWA 1992. Standard Methods for the examination of water and wasterwater New York, 18ed.
- Lanza, G. y C. Cáceres 1994. Lagunas costeras del litoral mexicano. U.A. de Baja California Sur. 525. p
- Metcalf y Eddy 1995. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y

reutilización. 3th Edición

Nemerow, W. 1971. Liquid waste of industry theories practices and treatments.

Addisson Wesley PublishingCo., USA, 580 pp. .

NC 23 1999. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. Especificaciones y procedimientos para la evaluación de los objetos hídricos de uso recreacional. 12 p.

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

Pierre Carmouze 1994. O Metabolismo do Ecosystemas Acuaticos. Fundamentos teóricos. Métodos de estudios e análisis químicos. Editora FAPEST: 251p.

Tabla 1.- Relación de valores de parámetros físicos químicos en la Laguna El Doctor

Parámetros	Estaciones			Promedio
	1	2	3	
Latitud	230257	230330	230303	
Longitud	823420	823401	827346	
Profundidad, m	0.3	0.5	0.7	0.5
Área, m ²				265170
Volumen, m ³				132585
Transparencia m	0	0.0	0.0	0.0
Temperatura °C	30.0	30.4	30.4	30.3
Salinidad USP	30.0	29.0	24.0	27.7
OD (mg/L)	9.0	12.7	5.0	8.9
% Saturación	143.0	202.4	77.2	141.1
Cs OD (mg/L)	6.3	6.3	6.5	6.3
Déficit (mg/L)	-2.73	-6.3	1.47	-
DBO ₅ (mg/L)	45.1	39.2	56.0	46.8
DBOu (mg/L)	57.2	50.0	75.0	53.6
DQO (mg/L)	144	48	160	117.3
IB	0.40	1.04	0.469	0.877
Kd, d ⁻¹	0.310	0.255		0.280

Tabla 2. Comportamiento de la velocidad de reacción de la materia orgánica en dos estaciones de la laguna El Doctor

Estación 4 (k = 0.310 d ⁻ⁱ)	Estación 5 (k = 0.255 d ⁻ⁱ)
---	---

Tiempo (días)	DBO (mg/L)	Tiempo (días)	DBO (mg/L)
1	15.4	1	11.3
2	24.6	2	20.0
3	29.2	3	26.7
4	40.6	4	32.0
5	44.1	5	36.0
6	48.3	6	39.2
7	50.7	7	41.6
8	52.4	8	43.5
9	53.7	9	45.0
10	54.7	10	46.1



Fig.1 Red de estaciones en la laguna El Doctor



Fig. 2. Cinética de la Demanda Bioquímica en la estación 1



Fig. 3. Cinética de la Demanda Bioquímica en la estación 2