

Aporte contaminante del procesamiento de recursos pesqueros en Cuba y su impacto al medio

Dra. Teresita de Jesús Romero López
Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH). CUJAE. La Habana.
Email: teresita@cih.cujae.edu.cu

RESUMEN

El presente trabajo focaliza sus resultados en los aportes de contaminantes al medio acuático por concepto de materia prima procesada en instalaciones pesqueras cubanas. La captura en 1955 - 1999 estuvo entre 3 950 y 23 970 t/año en los 12 años muestreados, con cargas de DBO entre 56 y 342 t/año y DQO entre 111 y 676 t/año. El nutriente mayoritario fue el nitrógeno total, seguido del fósforo total y finalmente el nitrógeno amoniacal, representando una contribución total de 136,3; 52,7 y 18,0 t/año respectivamente en esos 12 años. El trabajo culmina con la afectación que pueden provocar los vertimientos de residuales orgánicos sobre los ecosistemas, recomendándose utilizar la información aquí brindada, como herramienta de trabajo para la elaboración de planes futuros, que permitan establecer programas de manejo ambiental.

Palabras clave: aportes contaminantes, Cuba, ecosistemas acuáticos, residuales pesqueros.

Contamination from fishing resources processing in Cuba and its environmental impact

ABSTRACT

Results of the present paper are concerned with evaluating pollutant contributions to aquatic ecosystems according to the products processed in Cuban fishing facilities. The captures in 1955-1999 were between 3 950 and 23 970 t/year in 12 years of sampling, with BOD between 56 and 342 t/year and of DQO between 111 and 676 t/year. The principal nutrient was total nitrogen, followed by total phosphorous and finally ammonia-nitrogen, representing a total contribution of 136,3; 52,7 and 18,0 t/year respectively in those 12 years. The report culminates with the possible affectations caused by polluted water discharges to the ecosystem, recommending the use of the information offered in this document with the objective to elaborate future plans allowing the establishment of environmental management programs.

Keywords: aquatic ecosystem, Cuba, fishing wastewater, pollutant contribution.

INTRODUCCIÓN

La afición del pueblo cubano por el consumo de pescado comenzó desde los tiempos de las comunidades primitivas, testimonio que apareció en el diario de navegación de Cristóbal Colón, donde se señala que los habitantes de las más de 4 000 islas, cayos y cayuelos del archipiélago cubano de aquel entonces, para su alimentación, explotaban los recursos pesqueros (González 1988).

En la década del 30 (siglo XX), la pesca comenzó a considerarse como una actividad económica que, comparada con el desarrollo actual, era apenas un renglón en surgimiento.

Después de 1959, una vez creadas las cooperativas pesqueras, se comienzan a elevar los niveles de capturas en las aguas costeras, y a partir de la propia década del 60, se desarrolla la pesca de altura. Este período se caracterizó por un fuerte proceso inversionista donde se incluía el área industrial, dedicada fundamentalmente al procesamiento de mariscos y pescados, los que incluían especies de alto valor en el mercado como son crustáceos y lutjanidos.

Otra contribución importante a la economía nacional por concepto de pesca fue la aportada por la acuicultura, que se desarrolló como consecuencia de las posibilidades reales que se crearon debido al represamiento de los ríos. Por otro lado, el cultivo del camarón blanco ha presentado un aumento progresivo desde los años 70, cuando se comenzaron los primeros estudios de este recurso a nivel de laboratorio.

Todo este desarrollo conllevó a un incremento de las instalaciones dedicadas al procesamiento industrial de diferentes especies comercializables, las que debían presentar entre sus objetos de obra, un sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en el proceso productivo, que garantizarían disminuir la contaminación orgánica. Estos tratamientos no fueron construidos como establecen los requerimientos medioambientales, con el fin de poder proteger los variados recursos con que cuenta el país tales como el mar, las playas, los estuarios, manglares, arrecifes, peces y crustáceos entre otros.

Con el estudio de caracterización de los residuales que generan los diferentes establecimientos pesqueros, se trazó un objetivo de trabajo que consistió en estimar el aporte contaminante en términos de carga a los distintos ambientes receptores, tomando en consideración el volumen de materia orgánica o de nutrientes, por ejercer estos efluentes incidencia negativa al ecosistema, tales como una elevada eutrofización, la merma de especies capturables y la proliferación de organismos indeseables a la salud humana, todo ello a causa de no mantenerse las normas establecidas para su vertimiento a los diferentes cuerpos de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el trabajo se hace una valoración del desarrollo pesquero en Cuba, sobre la base de datos estadísticos de las capturas brutas, así como de las empresas pesqueras procesadoras de mariscos y pescados, actualmente denominadas unidades productivas. Se hace énfasis en las características físico químicas de los residuales líquidos que se generan en el proceso productivo a partir de los estudios realizados por Romero (2005, 2011a, 2011b), entre ellos la temperatura (T), pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo total (Pt), nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y nitrógeno amoniacal ($N-NH_4^+$), según los métodos estándares reportados en el APHA (1998).

El estudio de las cargas contaminantes de los indicadores mencionados anteriormente, que fueron valorados en 12 años en un período comprendido entre 1955 y 1999, se refirieron solamente al aporte de los recursos pesqueros siguientes: langosta espinosa (*Panulirus argus*),

camarón marino (*Farfantepenaeus notialis*), atunes, entre los que se citan el bonito o listado (*Katsuwonus pelamis*) y albacora o atún de aleta negra (*Thunnus atlanticus*), tiburones, entre ellos diversas especies de importancia para la industria pesquera cubana como la gata (*Gynglymostama cirratum*), aletinegro (*Carcharhinus limbatus*), cazón de playa (*Rhizoprionodon porosus*), galano (*Carcharhinus longimanus*) galano de ley (*Negrapion brevirostris*), jaquetón (*Carcharhinus falciformis*), dientuzo azul (*Isurus oxyrinchus*), jesuita (*Carcharhinus signatus*) y zorro (*Alopias superciliosus*), el pargo criollo (*Lutjanus analis*), la sierra (*Scomberomorus cavalla*), el jurel (*Caranx latus*) y peces de pico, entre ellos la aguja blanca (*Tetrapterus albidus*), el castero (*Makaira nigricans*) y el emperador o pez espada (*Xiphias gladius*).

RESULTADOS

Breve reseña del desarrollo pesquero cubano y de las instalaciones procesadoras de los diferentes recursos

Hasta el año 1958 las industrias de transformación conocidas en el país contemplaban 11 empresas de congelación, 10 empresas de conservas distribuidas en La Coloma, Cojímar, Batabanó, Punta Cartas, Nueva Gerona, Santa Cruz y Pinar del Río y cuatro empresas de subproductos en Regla, Batabanó y Camagüey (FAO 1963).

En el año 1983, ya la cifra de empresas de conservas ascendía a 16, en correspondencia con el irrefrenable avance de la industria pesquera cubana durante esos años, con una captura total de 60 000 t aproximadamente (Baisre 2004).

En el quinquenio 1995-1999, la captura se mantuvo entre 40 000 - 50 000 t/año, por debajo de las 70 000 t/año reportadas en el año 1990. La acuicultura aumentó de 800 t/año a 1 600 t/año; las especies de agua dulce de un total de siete ascendieron a 23 en el quinquenio 1990 - 1995 y aparecieron tres especies de agua marina. Con este crecimiento, el sector pesquero incrementó paulatinamente sus instalaciones procesadoras de los distintos recursos, con 42 centros de elaboración, que dirigen sus esfuerzos a la confección de filetes, picadillo, tortas, croquetas, embutidos, ahumados y salados. También existe una línea de enlatado. Para la exportación o el turismo nacional sobresalen diferentes productos a partir de camarón blanco y langosta espinosa fundamentalmente.

De los 42 establecimientos activos, el 38 % son los de mayor producción y están dedicados al procesamiento de langosta, camarón y peces. Los restantes 26, que representan un 62 %, son pequeños salones de procesamiento de peces y moluscos en su gran mayoría.

Con la nueva estructura implementada en el sector pesquero desde 1995, los recursos de agua marina se procesan en 12 unidades productivas mayoritariamente y los de agua dulce en 16. Estas unidades se encuentran distribuidas por toda la isla (figura 1), aunque existen pequeños centros de proceso que pertenecen a algunas de esas entidades centrales y que no se señalan en la figura, por su carácter secundario.

Características generales de los residuales pesqueros

La temperatura de las aguas de los residuales de las empresas procesadoras de mariscos y pescados oscila entre 21 °C y 28 °C. Estos valores no se consideran altos y responden a la descongelación, lavado y procesamiento de las diferentes especies, labores que se realizan con agua de abasto a temperatura ambiente.

El pH de los residuales por lo general es neutro, entre 7 y 8, semejantes a los reportados por Suárez et al. (1982), indicando que los procesos de depuración no deben ser obstaculizados por la concentración de los iones hidrógenos.

Cuando se hace la toma de la muestra, los residuales líquidos presentan concentraciones de OD entre 7 y 8 mg/L, muy próximos al agua de abasto, disminuyendo paulatinamente hasta valores de 1 - 2 mg/L como máximo (Suárez et al. 1982; Romero 2005). La carencia de oxígeno es provocada por la carga orgánica de estas aguas, constituidas predominantemente por partículas de sangre, sólidos disueltos, escamas y grasa, que contribuyen a que los microorganismos degradadores aumenten el consumo del oxígeno presente en el agua.

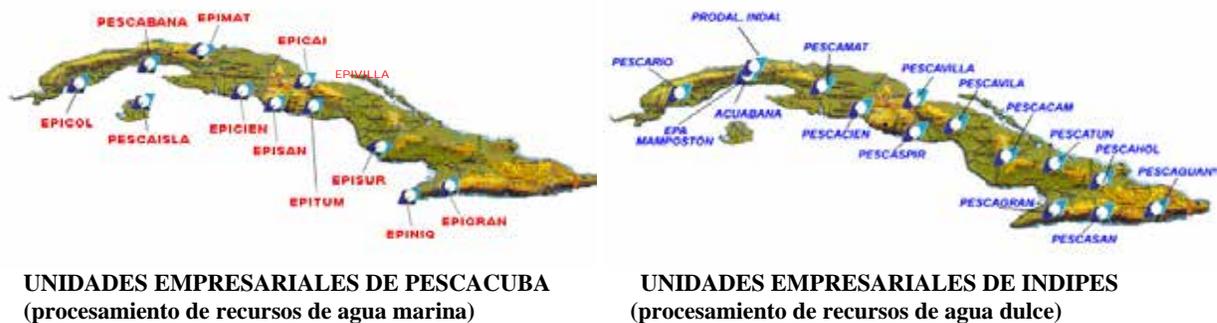


FIGURA 1. Ubicación de grupos empresariales de PESCACUBA e INDIPES

Aporte contaminante de los residuales pesqueros

La DBO de los residuales pesqueros está comprendida entre 310 y 870 mg/L, con promedio de 539 mg/L (Romero 2005; Romero 2011a, 2011b), todos por encima de las reglamentaciones establecidas por las normas cubanas NC 27 (1999) y NC XX (2001) para vertimientos a los distintos acuatorios (entre 30 y 100 mg/L). Por su parte, la DQO supera en 50 % aproximadamente a la DBO, con un promedio general de 1256 mg/L, concentraciones no contempladas por la norma cubana para su descarga a cuerpos de agua clase A, B, C, D ó E (entre 70 y 250 mg/L).

TABLA 1. Valores de caracterización de las aguas residuales pesqueras

Indicador	mg/L	kg/d	kg/t producto
DBO	539	91	14,3
DQO	1 256	202	28,2
Pt	14,6	2,1	0,3
NTK	26,3	4,7	0,8
N-NH ₄ ⁺	3,8	0,7	0,1

Los valores históricos de caracterización de las aguas residuales pesqueras, correspondientes a las DBO, DQO, Pt, NTK y N-NH₄⁺ se presentan en la tabla 1, donde se incluye la carga contaminante por día y por cantidad de materia prima procesada, valores que fueron hallados por Romero (2011a, 2011b) al realizar una valoración del aporte contaminante relativo a esos

indicadores, en dependencia de la cantidad de recurso pesquero que se beneficia en las instalaciones procesadoras del país.

Al efectuar el estudio de la contribución al medio que producen los residuales pesqueros por concepto de materia prima procesada, se señala que los mismos pueden tener una incidencia negativa al ecosistema donde ellos son depositados de no tratarse adecuadamente las aguas negras, no presentando el receptor final, en consecuencia, una adecuada renovación sistemática de sus aguas mediante el intercambio con el océano u otra fuente de agua limpia.

Estos datos son de apreciable valor a la hora de evaluar la carga contaminante de cada empresa procesadora, tomando en cuenta su producción, tal y como se aprecia en la tabla 2, donde aparecen los indicadores referidos a las capturas de langosta, camarón marino, atunes, tiburón, pargo, sierra, jurel, peces de pico y pargo, por ser las especies que mayoritariamente se llevan a la industria para su beneficio (descolado, precocinado, eviscerado, fileteado, descabezado). Hay que destacar que existen otros recursos de importancia comercial como ronco, biajaiba, cherna y rabirrubia entre otros, que no aparecen cuantificados porque prácticamente no requieren de un procesamiento industrial apreciable, de ahí que no generen cargas contaminantes altas, o por ser recursos que indican capturas muy bajas. También otros peces no identificados, así como algunos crustáceos y moluscos no se tomaron en consideración, por su escasa cuantía.

TABLA 2. Cargas de los diferentes indicadores contaminantes referidas al total de captura anual

AÑO	Total de captura (t)	CARGAS (t/año)				
		DBO	DQO	Pt	NTK	N-NH ₄ ⁺
1955	3 950	56	111	1,0	2,6	0,4
1959	11 405	163	322	3,0	7,6	1,0
1963	14 020	200	396	3,6	9,4	1,3
1967	15 390	220	434	4,0	10,3	1,4
1971	17 840	255	503	4,6	12,0	1,6
1975	21 220	303	599	5,5	14,2	1,9
1979	20 300	290	573	5,3	13,6	1,8
1983	23 970	342	676	6,2	16,1	2,2
1987	23 830	340	672	6,2	16,0	2,1
1991	19 050	272	538	5,0	12,8	1,7
1995	16 240	232	458	4,2	10,9	1,5
1999	15 420	220	435	4,0	10,3	1,4

Como se aprecia, las cargas de DBO fluctúan entre 56 y 342 t en los 12 años comprendidos entre 1955 y 1999 derivadas de una captura total entre 3 950 y 23 970 t.

Esta contribución está representada mayoritariamente por el recurso langosta, con una carga de 1512 t de DBO para los años de estudio, seguido por el camarón marino con 595 t, atunes con 245 t, tiburón con 227 t y pargo con 141 t fundamentalmente (ver tabla 3). La sierra, el jurel y la aguja proporcionaron cargas inferiores en el período de tiempo señalado.

Estos resultados coinciden con el nivel de incidencia de las capturas en Cuba según fuentes estadísticas del sector pesquero (Baisre 2004), representando la langosta un 17,1%; el camarón un 3,2%; el tiburón 2,9; los atunes 2,7% y el pargo 1,5%.

TABLA 3. Cargas totales (t) de los diferentes indicadores contaminantes por especie, correspondientes a los 12 años de estudio

RECURSO	DBO	DQO	Pt	NTK	N-NH ₄ ⁺
Langosta	1 512	2 991	27,6	71,0	9,5
Camarón	595	1 176	10,8	29,9	3,8
Atunes	245	446	4,5	10,6	1,4
Tiburón	227	449	4,1	10,7	1,4
Pargo	141	267	2,6	6,3	0,9
Sierra	82	141	1,5	3,5	0,5
Jurel	56	109	1,0	2,6	0,3
Aguja	35	70	0,6	1,7	0,2

En la figura 2 se expone el comportamiento de las cargas contaminantes totales por año, donde se incluyen los ocho recursos de referencia, de donde se deduce que la DQO superó a la DBO como era de esperar, motivado por el carácter orgánico de esos residuales.

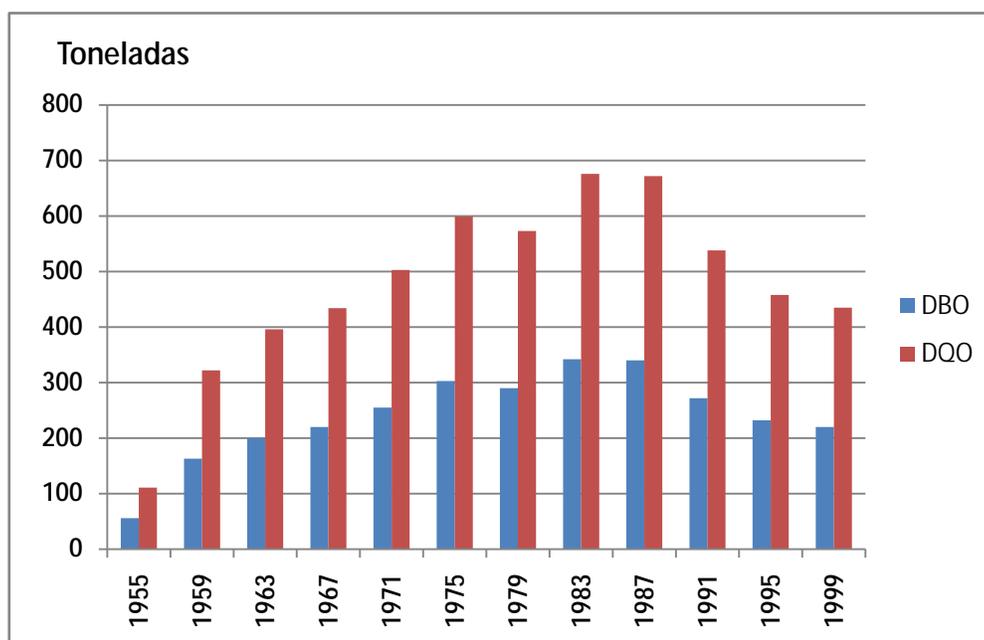


FIGURA 2. Cargas totales de DBO y DQO (t/año) de los diferentes indicadores contaminantes correspondientes a los 12 años de estudio

Por su parte, el NTK y el Pt, que pueden ejercer una gran influencia en los acuatorios donde son depositados los efluentes pesqueros, denotan incrementos en sus concentraciones a partir de 1971 y hasta 1987, motivados por el alza de las capturas (ver figura 3).

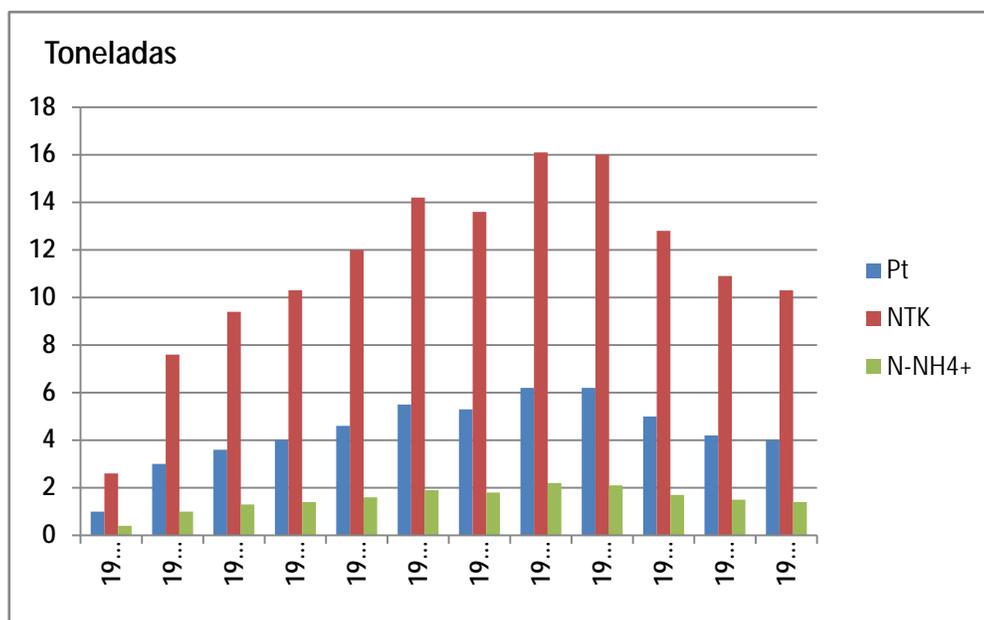


FIGURA 3. Cargas totales de N-NH₄⁺; Pt y NTK (t/año) de los diferentes indicadores contaminantes correspondientes a los 12 años de estudio

Si se halla la población equivalente que ofrecen 342 t de DBO (la de mayor cuantía de los años estudiados), se observa que esta se corresponde con 22 309 habitantes, que representa un 0,1% de la población equivalente tributada por las 2092 fuentes contaminantes activas del país (776 de origen industrial, 566 relacionados con la actividad agropecuaria y 818 de origen doméstico-municipal) y un 0,4% de la población equivalente que representan las descargas a las ocho cuencas hidrográficas de interés nacional (CIGEA 2005), que son finalmente el reservorio de residuales de las principales instalaciones pesqueras (ver tabla 4). A pesar de ser porcentajes ínfimos los aquí señalados, si se comparan con otras producciones industriales del país, se debe destacar que estos vertimientos contribuyen de una u otra forma a empeorar la salud del ecosistema.

TABLA 4. Aporte contaminante y población equivalente de las distintas fuentes contaminantes

Fuente contaminante	Aporte contaminante (t/año)	Población equivalente (habitantes)
2 092 fuentes contaminantes principales del país	341 716	22 343 836
542 fuentes que vierten a ocho cuencas hidrográficas de interés nacional	89 836	5 860 143
Industrialización de ocho recursos pesqueros en el año 1983	342	22 309
Nota: Modificado de CIGEA (2005)		

En relación con la DQO, las cargas fluctuaron entre 111 y 676 t en los 12 años (ver tabla 2), valores que duplican prácticamente las DBO dada la relación 2:1 existente entre ambos

indicadores y que justifican el índice de biodegradabilidad característico de los residuales pesqueros de 0,5 (Suárez y Romero 1995; Romero 2005).

Al igual que en el caso de la DBO, la langosta fue la de mayor incidencia en la DQO, con valores de 2991 t, seguido por el camarón con 1176 t, atunes y tiburón con 446 y 449 t y el pargo con 267 t; posteriormente la sierra, el jurel y la aguja con 141; 109 y 70 t respectivamente (ver tabla 3). El aporte total por año se representa en la figura 2.

El nutriente que mayoritariamente se encuentra presente en los residuales pesqueros es el NTK y así lo demuestran los valores señalados en las tablas 2 y 3, seguido del Pt y finalmente el N-NH_4^+ , representando una contribución total de 136,3; 52,7 y 18,0 t respectivamente en los 12 años de referencia, cargas que fueron halladas a partir de la relación establecida por Romero (2011a, 2011b) en sus estudios con residuales pesqueros, no obviando que el contenido de nutriente puede variar de un recurso a otro, en dependencia de la constitución biológica del animal y del modo en que se acometa el proceso en sí en los diferentes establecimientos pesqueros. No obstante, esta información da una idea acertada de las cantidades de materia orgánica y nutrientes que pueden ir a parar a los distintos acuatorios, debido a prácticas inapropiadas de manejo de residuales y por consiguiente, de la afectación que puedan provocar los mismos, tales como incremento de la vegetación acuática, muerte de peces por ausencia de OD, malos olores producto de la descomposición anaeróbica, contaminación de las aguas destinadas al consumo humano, etc.

Impacto de los contaminantes al medio ambiente

La información recopilada referente al impacto que provocan los residuales pesqueros, que aunque comparada con la carga total que aportan todas las fuentes del país es baja, denota que es preciso acometer políticas urgentes dirigidas al control de los vertimientos de esta naturaleza, más aún cuando el principal afectado es el propio sector pesquero.

La perspectiva no sólo en Cuba, sino en el planeta en general, es aumentar la disponibilidad de los recursos pesqueros como vía de alimentación a la población, contando también con las propiedades más que reconocidas de esas carnes. Esta idea conlleva a pensar que se precisa de tomar decisiones medioambientales, que logren disminuir o al menos no incrementar el deterioro de los acuatorios receptores de aguas residuales.

Ejemplo de zonas afectadas por los aportes terrestres provistos de materia orgánica y nutrientes lo constituyen los estuarios, lagunas costeras, manglares, praderas marinas y arrecifes coralinos entre otros, todo ello en estrecha vinculación con la cantidad que se vierta, ya que si bien se requiere de los nutrientes para el enriquecimiento de las aguas, una cantidad excesiva podría traer consigo afloraciones de biomasa algal con riesgos futuros de penetración de luz en los sistemas acuáticos y proliferación de algas tóxicas (GESAMP 1997), fenómeno que permite aumentar los riesgos de ciguatera, problemática muy común en Asia y el Pacífico, donde la afectación es de 50 000 personas por año (Baisre 2004).

Por otro lado, cuando la carga de fósforo es excesiva, los arrecifes coralinos alteran su proceso normal de calcificación. Téngase en cuenta que esta especie está adaptada a vivir en ambientes muy limpios, con poco contenido de fósforo y nitrógeno. Dañar los arrecifes significa interferir en el hábitat de importantes especies de interés comercial como la langosta; es evitar la posibilidad de brindar sustrato, alimento y refugio a variadas especies; es impedir la

obtención de productos médicos; es disminuir las posibilidades deportivas y recreativas entre otros.

Otro fenómeno que merece ser destacado es la oligotrofización o empobrecimiento de las aguas a causa de la remoción de fuentes contaminantes sin previo estudio o planificación (Stockner et al. 2000), que conlleva a consecuencias adversas para los organismos de la trama alimentaria, comenzando por las algas, alimento esencial del plancton y culminando por los estadios larvales de una gran cantidad de especies que habitan en aguas dulces y saladas. Situación contraria a esto se presenta cuando el contenido de materia orgánica es muy elevado, debido a que se imposibilita su rápida degradación por las condiciones físicas del medio o a la dificultad para la renovación sistemática de las aguas; de ahí que se puede provocar una acumulación paulatina en los sedimentos y producirse finalmente la anoxia o carencia de oxígeno. Este fenómeno conlleva al deterioro del hábitat de muchas especies entre las que cabe citar el camarón, que gran parte de su ciclo de vida transcurre en los fondos.

Otros organismos muy vulnerables a la contaminación son los moluscos por su escasa o nula capacidad de locomoción, característica que los imposibilita desplazarse a zonas que presenten mejores condiciones de vida. Ejemplo particular es el ostión, organismo estrictamente sésil y que a pesar de su rápido crecimiento, es extremadamente sensible a la contaminación.

A estos comentarios se le suman el deterioro o desbalance que ocurren en los manglares y los seibadales, considerados el hábitat de una alta diversidad de especies y sostenedores de alimentos destinados a numerosos ejemplares marinos.

Proteger al medio que acopia diversos contaminantes es una actividad permanente, más aún conociendo que el 95% de las capturas marítimas y casi el 100% de la pesca costera se realizan en regiones provistas de una plataforma marina extensa, con comunidades pelágicas y bentónicas relativamente vulnerables a las actividades antropogénicas.

CONCLUSIONES

• Los residuales derivados del procesamiento de especies del sector pesquero, aportan cargas contaminantes en términos de materia prima procesada que pueden alcanzar valores de 342 t de DBO en un solo año a partir de los análisis de las capturas de ocho de las especies con mayor incidencia en las unidades de producción (igual a una población equivalente de 22 309 habitantes); 676 t de DQO; 16,1 t de NTK; 6,2 t de Pt y 2,2 t de $N-NH_4^+$.

• El vertimiento de contaminantes a las aguas marinas y dulces conlleva a una serie de peligros leves y potenciales que pueden afectar a los ecosistemas receptores.

RECOMENDACIONES

• Utilizar la información aquí brindada, como una herramienta de trabajo para la elaboración de planes futuros dirigidos a mitigar el efecto de los vertimientos de residuales, estableciendo prioridades en cuanto a los programas de manejos ambientales y la aplicación de medidas tanto sectoriales como de carácter nacional.

• Estimar el grado de eficacia con que operen los sistemas de tratamiento de las aguas residuales que se implementen, basados en los valores obtenidos en este trabajo.

REFERENCIAS

- APHA** (1998). "Standard methods for waster and wastewater". 20th Edition. American Public Health Association-AWWA-WPCF. Washington. D.C. 1585 pp.
- Baisre J.** (2004). "La pesca marítima en Cuba". Ed. Científico-Técnica. La Habana. Cuba.
- CIGEA** (2005). "Evaluación aproximada de la carga contaminante que se dispone en las aguas terrestres y zonas marino-costeras". <http://www.cuba/ciencia/CIGEA/carga.htm>. [Consulta en línea 24 de Agosto de 2005].
- FAO** (1963). "Informe al Gobierno de Cuba sobre la encuesta acerca de las pesquerías". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. No. 1597. Roma.
- GESAMP** (1997). "Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs". (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP). GESAMP Rep. Stud. 62:24.
- González O.** (1988). "La industria pesquera revolucionaria, una obra genuina de la revolución". Folleto. Ministerio de la Industria Pesquera, 18 pp., C. de la Habana. Cuba.
- NC 27** (1999). "Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. Norma Cubana. Obligatoria Experimental". 1ra Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana, Cuba.
- NC XX** (2001). "Vertimiento de aguas residuales a las costas y aguas marinas. Especificaciones. Norma Cubana. Obligatoria Experimental". 1ra Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Romero T.** (2005). "Uso de la microalga *Chlorella* spp. en la depuración de los residuales líquidos de la industria pesquera y su aprovechamiento". Tesis doctoral. CIH. CUJAE. Ciudad de la Habana. Cuba.
- Romero T.** (2011a). "Características contaminantes de los riles orgánicos de la industria pesquera cubana". Ingeniería Hidráulica y Ambiental, CIH, CUJAE, 32 (1): 29-35.
- Romero T.** (2011b). "Desarrollo de *Chlorella* spp. en riles orgánicos pesqueros y su influencia en la remoción de la contaminación". Ingeniería Hidráulica y Ambiental, CIH, CUJAE, 32 (3): 32-38.
- Stockner J.; Rydin E. and Hyenstrand P.** (2000). "Cultural oligotrophication: causes and consequences for fisheries resources". Fisheries Habitat-Perspective. Fisheries. 25 (5): 7-14. Vancouver, Canadá.
- Suárez G.; Romero T.; Martín A. y Perigó E.** (1982). "Impacto ambiental de los residuales de la industria pesquera". Informe III Foro Científico del Centro de Investigaciones Pesqueras. Ministerio de la Industria Pesquera. Ciudad de la Habana. Cuba.
- Suárez G. y Romero T.** (1995). "Modelo de filtro biológico plástico. Cinética y ecuaciones de diseño". Revista Latinoamericana de Acuicultura, OLDEPESCA, 44: 44-59. Perú.