

Características contaminantes de los riles orgánicos de la industria pesquera cubana

INTRODUCCIÓN

Una gran diversidad de contaminantes son producidos por el hombre como consecuencia del desarrollo de sus actividades sociales; muchos de ellos van a parar al agua, directa o indirectamente, para provocar cambios que en su generalidad son contradictorios con el desenvolvimiento armónico de la naturaleza, introduciéndose directamente a la zona ribereña procedentes de las industrias, los servicios domésticos, escurrimientos agrícolas y de zonas urbanizadas, así como los procedentes de las instalaciones agropecuarias y empresas energéticas. Estos contaminantes ejercen efectos diversos sobre los organismos acuáticos vivientes y la pesca, provocando la pérdida de miles de toneladas de peces, moluscos y crustáceos en un solo año, contempladas en las pesquerías de aguas interiores y de la plataforma.

Para contrarrestar los efectos que provocan estos efluentes, se requiere implementar sistemas de tratamiento a esas aguas, que logren disminuir en determinado porcentaje los efectos adversos de las mismas al ser depuestas a los distintos sistemas receptores.

Un residual, que aunque no se enmarca entre los más agresivos en la lista de los contaminantes orgánicos, es el procedente del procesamiento industrial de recursos pesqueros. Estos riles han sido tratados de diversas formas, utilizando métodos tan elementales como son las fosas sépticas, así como lagunas de aireación (Suárez y Romero, 1985).

Otro de los sistemas que se ha estudiado por los especialistas de instituciones científicas son las lagunas de alta velocidad, a partir de las cuales se pueden lograr beneficios no sólo ecológicos, sino también de amplia repercusión en la esfera social; de ahí que en este trabajo se señalen las características más representativas de los

Resumen / Abstract

La gran diversidad de contaminantes que son producidos por el hombre va a parar al agua, directa o indirectamente, para provocar cambios que en su generalidad son contradictorios con el desenvolvimiento armónico de la naturaleza. Un residual, que aunque no se enmarca entre los más agresivos en la lista de los contaminantes orgánicos, es el procedente del procesamiento industrial de recursos pesqueros. En algunas instalaciones procesadoras de recursos acuáticos se han instalado sistemas de tratamiento de sus aguas, sin embargo, más del 70% carecen de ellos, por lo que en este trabajo se señalan las características físico-químicas de los riles orgánicos de la industria pesquera, como base para el diseño de sistemas de tratamiento a sus aguas.

Palabras Claves: características físico-químicas, contaminación, pesca, riles orgánicos.

A great diversity of man-produced contaminating agents goes to the water, directly or indirectly, provoking changes which are contradictory with the harmonic unfolding of nature. A pollutant, not being the most aggressive among organic polluting agents, is the one coming from the industrial processing of fishing resources. Despite in some aquatic resources processing facilities waste waters treatment systems have been installed, the fact is that more than 70% of them lack any treatment. For this reason, in the paper physical and chemical characteristics of the fishing industry organics riles are indicated as design basic data for treatment systems of these waters.

Keywords: physicochemical characteristics, pollutant, fishing, organic riles.

riles orgánicos de la industria pesquera cubana, haciendo énfasis en los parámetros físico-químicos de las aguas negras sin tratamiento previo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las caracterizaciones a los riles orgánicos de las diferentes instalaciones pesqueras, se realizaron en todas las empresas activas del país con posibilidades de estudio, entre las que se citan: La Coloma, Cienfuegos, Santa Cruz del Sur, Batabanó, Isla de la Juventud, Manzanillo, Sancti Spiritus, Estrella Roja, Holguín, Guantánamo, Punta Alegre, Pinar del Río, Sandino, Santiago de Cuba e Indal, algunas con sistemas de tratamiento de sus aguas. Entre ellos se aprecian las trampas de grasa y sólidos (obligatorios), tanques sépticos, canales de oxidación y lagunas de estabilización.

En estas empresas procesadoras se elaboran filetes, picadillo, tortas, croquetas, embutidos, ahumados y salados a partir de los recursos jurel (*Caranx latus*), bonito (*Sarda sarda*), atún (*Thunnus albacares*) y calamar (*Loligo vulgaris*), entre otros. También hay un surtido amplio de enlatado. De los productos dirigidos al mercado extranjero sobresalen las líneas de precocinado y cola de langosta espinosa (*Panulirus argus*), así como las del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

El residual líquido se colectó tomando un litro de agua cada una hora de trabajo, hasta conformar la muestra compuesta. De ahí se destinaron diferentes alcuotas para los distintos análisis según los métodos estándar reportados en el APHA (1995). Ellos fueron: temperatura del agua (°C); pH; Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO); Demanda Química de Oxígeno (DQO); Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK); Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄); Fósforo Total (PT).

Las cargas hidráulicas se determinaron mediante el método de los flotadores, por la medición del flujo con un recipiente de volumen conocido o con el uso de un flujómetro o equipo medidor de caudal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a las características físico-químicas de los riles orgánicos de la industria pesquera se puede señalar que la temperatura de las aguas oscila entre 21 °C y 28 °C. Estos valores no se consideran altos y responden a la descongelación, lavado y procesamiento de los diferentes recursos, labor que se realiza con agua a temperatura ambiente.

El pH de los residuales líquidos por lo general es neutro, entre 7 y 8, semejantes a los reportados por Basu et al. (1975) y 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, las aguas residuales presentan concentraciones de OD entre 7 mg/L y 8 mg/L, muy próximos a las concentraciones de este elemento en el agua de abasto; pero al cabo de un período de estancamiento de aproximadamente ocho horas, ese oxígeno va disminuyendo drásticamente hasta presentarse concentraciones de 1 mg/L a 2 mg/L como máximo y en otras ocasiones nulo. La carencia de oxígeno es provocada por concentración de materia orgánica de estos riles, constituidos predominantemente por partículas de sangre, sólidos disueltos y grasa que contribuyen a que los microorganismos degradadores aumenten el consumo del oxígeno presente en el medio. Resultados semejantes a estos fueron reportados por Basu et al. (1975) y Suárez et al. (1982) en sus investigaciones.

Los valores de DBO de las caracterizaciones expuestas en la tabla 1 muestran que esas concentraciones estuvieron comprendidas entre 310 y 877 mg/L con promedio de 540 mg/L, todos por encima de las reglamentaciones permitidas por las normas cubanas NC 27:1999 (1999) y NC XX:2001 (2001) para vertimientos a los distintos acuatorios (entre 30 y 100 mg/L). Por su parte las concentraciones de DQO superan en 50 % aproximadamente a las DBO, con un promedio general de 1 064 mg/L, 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).

Como se aprecia, hay variaciones en las concentraciones de DBO y DQO en las distintas instalaciones, lo cual se debe a los procesos que se efectúan en cada establecimiento y a la cantidad de materia prima elaborada, así como al volumen de agua empleado en esas actividades productivas.

La carga contaminante de los riles en términos de DBO presenta un valor promedio de 123 kg DBO/d y de DQO de 233 kg DQO/d. Estos resultados demuestran el peligro que representa el vertimiento de dichas aguas a un cuerpo receptor. Para analizar la posibilidad de su tratamiento, es necesario establecer la relación entre la materia orgánica biodegradable y la materia orgánica total. Esto generalmente se realiza utilizando los datos de las DBO y de las DQO.

Al hallar la ocurrencia probabilística de la DBO y la DQO para todas las instalaciones muestreadas (figura 1), se observa que el valor de P.50 para ambos parámetros fue de 500 mg/L y de 1 005 mg/L respectivamente. La curva probabilística de la DQO está desplazada hacia la derecha, indicando concentraciones por encima de la DBO.

Los valores de probabilidad tienen cierta ventaja sobre la media, ya que los primeros indican que el 50 % de los

Tabla 1: Valores de caracterización de los riles orgánicos de la industria pesquera cubana (fuente: Romero 2005)

Empresa	DBO mg/L	DQO mg/L	Q m ³ /d	DBO kg/d	DQO kg/d
Coloma-1	374	826	425	159	351
Coloma-2	450	890	450	203	401
Coloma-3	500	1100	455	228	501
Cienfuegos-1	341	600	655	223	393
Cienfuegos-2	490	935	710	348	664
Cienfuegos-3	510	1000	750	383	750
Santa C. Sur-1	341	435	450	153	196
Santa C. Sur-2	310	426	415	129	177
Manzanillo	627	1 367	315	198	431
Batabanó-1	343	646	415	142	268
Batabanó-2	420	728	480	202	349
Batabanó-3	550	1 090	460	253	501
Isla Juventud	872	1 500	103	90	155
Holguín-1	650	1 120	44	29	49
Holguín-2	877	1 986	25	22	50
Sti Spíritus-1	365	656	50	18	33
Sti Spíritus-2	400	820	50	20	33
Sti Spíritus-3	740	1 687	50	37	84
Estrella Roja-1	850	1 630	96	82	156
Estrella Roja-2	848	1 633	96	81	157
Guantánamo	585	1 280	30	18	38
Punta Alegre	560	1 352	55	31	74
Pinar del Río	476	1 090	100	48	109
Sandino	392	725	70	27	51
Indal-1	700	1 200	130	91	156
Indal-2	530	995	140	74	139
Santiago Cuba	468	1 005	38	18	38
Media	540	1064	261	123	233
D. E.	177	76	234	103	203
Máximo	877	1986	750	380	750
Mínimo	310	426	25	18	33

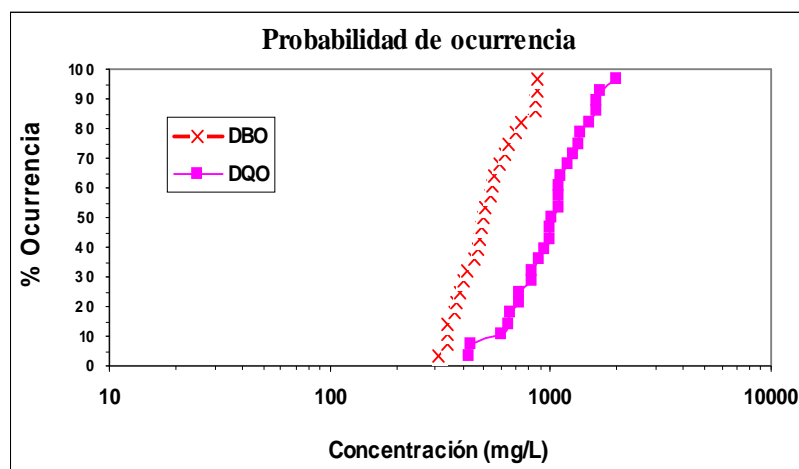


Figura 1: Probabilidad de ocurrencia de la DBO y la DQO correspondiente a las instalaciones pesqueras muestreadas. (fuente: Romero 2005)

datos serán iguales o menores a ellos, y para fines de tratamiento de aguas residuales esto es muy útil.

Las concentraciones de DBO presentan una correlación muy significativa con respecto a las concentraciones de DQO y para los residuales de las instalaciones pesqueras muestreadas. La ecuación que vincula a ambos parámetros es la siguiente:

$$DBO = 250,04 + 0,223292 \times DQO \quad (1)$$

Según el ANOVA realizado, el valor de "P" fue menor a 0,01 que testifica la relación significativa existente entre la DBO y la DQO a un nivel de confiabilidad del 99 %, con un coeficiente de correlación r de 0,80 (figura 2).

Esta ecuación es muy útil a la hora de predecir la DBO efluente de cualquier instalación pesquera de forma rápida, ya que el análisis de la DQO es una técnica que sólo requiere dos a tres horas para lograr los resultados, mientras que para la DBO se necesita esperar cinco días para obtener esta información.

En cuanto al índice de biodegradabilidad (IB) promedio que está dado por la relación DBO/DQO, resultó ser de alrededor de 0,5 tomando todos los valores de los riles muestreados, con una desviación estándar de 0,08 (tabla 2), presentándose un 85 % del total de las caracterizaciones realizadas con IB por encima de 0,5 lo que demuestra que la mayoría de los riles de la industria pesquera son susceptibles de ser depurados mediante tratamientos biológicos, debido a que cualquier valor alrededor de 0,5 o superior, indica una buena biodegradabilidad.

Otro aspecto de interés en el vertimiento de un residual es la concentración de nutrientes que los mismos

presentan. En las tablas 3 y 4 se indican las concentraciones de PT, NTK y N-NH₄, así como las cargas contaminantes de estos nutrientes, correspondientes a diferentes muestreos efectuados a los riles de la pesca. Como se puede observar, las concentraciones de fósforo presentaron un valor medio de aproximadamente 15 mg/L, pero varió mucho de una instalación a otra con valores oscilantes entre 62,9 mg/L y 2,2 mg/L.

En el caso del NTK el valor medio fue de 26,3 mg/L, aunque se observaron concentraciones tan elevadas como de 72 mg/L. Si se analizan además los valores del N-NH₄ se comprueba que alrededor del 85 % del nitrógeno presente en las aguas residuales pesqueras se encuentra como nitrógeno orgánico. Si se comparan todos estos valores con los establecidos por la normas cubanas anteriormente citadas, se comprende que las concentraciones de nutrientes aquí halladas superan en gran medida lo estipulado para que se puedan verter estas aguas negras a cuerpos receptores, como son los ríos y embalses (clase A, B ó C) o a costas y aguas marinas, que no deben exceder el intervalo entre 5 y 20 mg/L para el NTK y entre 5 y 15 mg/L para el caso del PT, exceptuando las concentraciones establecidas para áreas marinas de corales, zonas de conservación ecológica o áreas protegidas y ríos, embalses y zonas hidrogeológicas que se utilizan para la captación de aguas destinadas al abasto público y uso industrial en la elaboración de alimentos, que deben ser aun inferiores a las concentraciones citadas; de ahí la necesidad de establecer un mecanismo que logre disminuir la concentración de los nutrientes de referencia antes de ser enviados al destino final.

En cuanto a las cargas contaminantes de nutrientes, tomando en cuenta los datos disponibles de las caracteri-

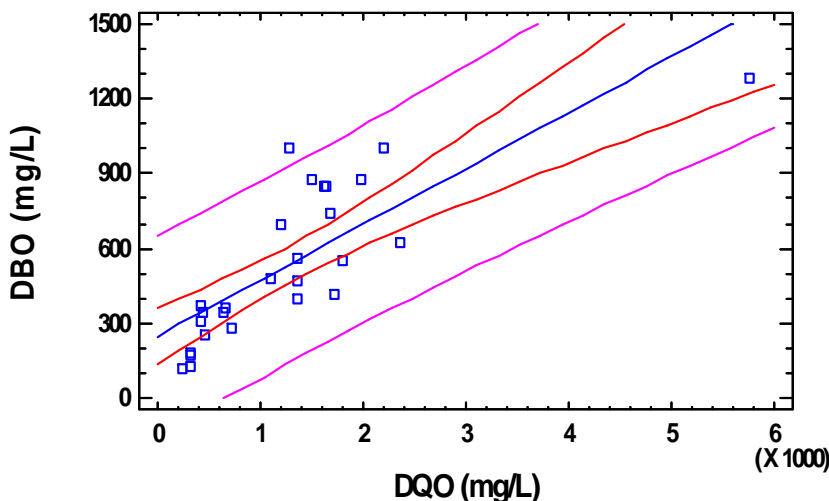


Figura 2: Curva de regresión considerando los valores de DBO y DQO de los riles orgánicos muestreados (fuente: Romero 2005)

Tabla 2: Índices de biodegradabilidad (IB=DBO/DQO) correspondientes a los riles de las empresas pesqueras muestreadas (fuente: Romero 2005)

Empresa	DBO/DQO
Coloma-1	0,5
Coloma-2	0,5
Coloma-3	0,5
Cienfuegos-1	0,6
Cienfuegos-2	0,5
Cienfuegos-3	0,5
Santa C. Sur-1	0,8
Santa C. Sur-2	0,7
Manzanillo	0,5
Batabanó-1	0,5
Batabanó-2	0,6
Batabanó-3	0,5
Isla Juventud	0,6
Holguín-1	0,6
Holguín-2	0,4
Sti Spíritus-1	0,6
Sti Spíritus-2	0,5
Sti Spíritus-3	0,4
Estrella Roja-1	0,5
Estrella Roja-2	0,5
Guantánamo	0,5
Punta Alegre	0,4
Pinar del Río	0,4
Sandino	0,5
Indal-1	0,6
Indal-2	0,5
Santiago Cuba	0,5
Media	0,52
D E	0,08
Max	0,78
Min	0,41

Tabla 3: Composición de nutrientes de los riles orgánicos muestreados (fuente: Romero 2005)

Empresa	PT mg/L	NTK mg/L	N-NH ₄ mg/L
Coloma-1	5,9	12,9	1,6
Coloma-2	-	4,06	-
Coloma-3	8	24,11	3,8
Cienfuegos-1	5,2	12,5	1,3
Cienfuegos-2	10,5	28,3	2,6
Cienfuegos-3	2,4	7,1	-
Santa C. Sur-1	-	4,25	-
Santa C. Sur-2	4,4	10,3	1,5
Manzanillo	2,2	11,9	1,3
Batabanó-1	-	4,13	-
Batabanó-2	5,6	18,5	0,6
Batabanó-3	-	-	0,9
Isla Juventud	6,2	16,3	10,2
Holguín-1	4,6	4,8	0,8
Holguín-2	19,1	32,6	3,6
Sti Spíritus-1	3	6,6	1,9
Sti Spíritus-2	6,9	56	1
Sti Spíritus-3	5,6	40,2	4,4
Estrella Roja-1	16	41,9	5
Estrella Roja-2	16	68	3,3
Punta Alegre	62,9	-	-
Pinar del Río	38,6	72	9
Sandino	52,9	-	-
Indal-1	22,3	50,2	10
Indal-2	10,2	30,6	8,5
Santiago Cuba	-	47	-
Media	14,7	26,3	3,8
D E	16,8	21,2	3,3
Máximo	62,9	72,0	10,2
Mínimo	2,2	4,1	0,6

zaciones realizadas, se observan valores promedio de 2,1 kg PT/d; 4,7 kg NTK/d y 0,7 kg N-NH₄/d. Estos valores demuestran una vez más, el peligro potencial que representa el vertimiento de los riles orgánicos de la industria pesquera a los diferentes cuerpos de agua, sin un tratamiento previo, ya que pueden convertirse en causantes de eutrofización de los acuatorios receptores.

Otro aspecto que pudiera considerarse de interés, es la evaluación de las cargas de los distintos contaminantes con respecto a las toneladas de material procesado en las instalaciones estudiadas. En las tablas 5 y 6 se presentan los datos de los muestreos en los cuales se recopiló alguna información acerca de la cantidad de materia prima procesada durante los estudios de caracteri-

zación llevados a cabo, entre los que cabe citar la DBO y DQO con 14,27 y 28,22 kg/t respectivamente y de 0,26; 0,67 y 0,09 kg/t de PT, NTK y N-NH₄ como valores promedio.

Los datos expuestos son de mucha importancia a la hora de evaluar el aporte contaminante de cada establecimiento en cuanto a su producción, y a pesar de la poca información que se ha podido recuperar al respecto, se demuestra que esto podría ser un parámetro a considerar de mucha significación para comprender cuánto se vierte por cantidad de materia prima que procese cualquier instalación y su posible repercusión al medio.

Tabla 4: Composición de nutrientes de los riles orgánicos muestreados (fuente: Romero 2005)

Empresa	kg PT/d	NTK kg/d	N-NH ₄ kg/d
Coloma-1	2,39	5,22	0,65
Coloma-2		1,73	
Coloma-3	3,32	10,01	1,58
Cienfuegos-1	3,93	9,44	0,98
Cienfuegos-2	7,35	19,81	1,82
Cienfuegos-3	1,51	4,47	
Santa C. Sur-1		1,91	
Santa C. Sur-2	1,83	4,27	0,62
Manzanillo	0,69	3,75	0,41
Batabanó-1		1,71	
Batabanó-2	2,69	8,88	0,29
Batabanó-3			0,41
Isla Juventud	0,64	1,68	1,05
Holguín-1	0,06	0,07	0,01
Holguín-2	0,48	0,82	0,09
Sti Spíritus-1	0,15	0,33	0,10
Sti Spíritus-2	0,35	2,80	0,05
Sti Spíritus-3	0,28	2,01	0,22
Estrella Roja-1	1,54	4,02	0,48
Estrella Roja-2	1,54	6,53	0,32
Punta Alegre	3,46		
Pinar del Río	3,86	7,20	0,90
Sandino	3,70		
Indal-1	2,90	6,53	1,30
Indal-2	1,43	4,28	1,19
Santiago Cuba		0,47	
Media	2,1	4,7	0,7
D E	1,8	4,4	0,5
Máximo	7,4	19,8	1,8
Mínimo	0,1	0,1	0,01

Tabla 6: Cargas contaminantes correspondientes a los riles de las instalaciones pesqueras muestreadas, con respecto a la materia prima procesada. (fuente: Romero 2005)

Tabla 5: Cargas contaminantes correspondientes a los riles de las instalaciones pesqueras muestreadas, con respecto a la materia prima procesada. (fuente: Romero 2005)

Empresa	kg DBO/t	kg DQO/t	t/d Procesadas
Coloma-1	31,8	70,2	5
Coloma-3	15,2	33,4	15
Cienfuegos-1	18,6	32,8	12
Cienfuegos-2	24,9	47,4	14
Santa C. Sur-2	11,7	16,1	11
Manzanillo	19,8	43,1	10
Batabanó-2	16,8	29,1	12
Isla Juventud	9,0	15,5	10
Holguín-2	3,7	8,3	6
Sti Spíritus-1	2,3	4,1	8
Sti Spíritus-3	7,4	16,9	5
Estrella Roja-1	16,3	31,3	5
Pinar del Río	11,9	27,3	4
Indal-2	10,6	19,9	7
Media	14,27	28,22	8,9
D E	8,02	17,31	3,63
Máximo	31,79	70,21	15,0
Mínimo	2,28	4,1	4,0

Empresa	kg NTK/t	kg N-NH ₄ /t	t/d Procesadas
Coloma-1	1,04	0,13	5
Coloma-3	0,67	0,11	15
Cienfuegos-1	0,79	0,08	12
Cienfuegos-2	1,42	0,13	14
Santa C. Sur-2	0,39	0,06	11
Manzanillo	0,37	0,04	10
Batabanó-2	0,74	0,02	12
Isla Juventud	0,17	0,11	10
Holguín-2	0,14	0,02	6
Sti Spíritus-1	0,04	0,01	8
Sti Spíritus-3	0,40	0,04	5
Estrella Roja-1	0,80	0,10	5
Pinar del Río	1,80	0,23	4
Indal-2	0,61	0,17	7
Media	0,67	0,09	8,9
D E	0,5	0,06	3,63
Máximo	1,8	0,23	15,0
Mínimo	0,04	0,01	4,0

CONCLUSIONES

- De las instalaciones pesqueras que existen en el país, sólo algunas de ellas presentan tratamiento a sus aguas residuales, ya sean preliminares, primarios o secundarios.

- Las concentraciones medias de DBO (540 mg/L), DQO (1 064 mg/L), NTK (26,3 mg/L), PT (14,7 mg/L) y N-NH₄ (3,8 mg/L) se encuentran por encima de las normas de vertimiento establecidas para los distintos cuerpos receptores.

- Se determinaron por primera vez las cargas contaminantes de los riles pesqueros, comprobándose que los valores promedio obtenidos fueron: 123 kg DBO/d, 233 kg DQO/d, 2,1 kg PT/d; 4,7 kg NTK/d y 0,7 kg N-NH₄/d y con relación a las toneladas de material procesado fueron de 14,27 kg DBO/t; 28,22 kg DQO/t; 0,26 kg PT/t; 0,67 kg NTK/t y 0,09 kg N-NH₄/t.

- El IB de riles pesqueros está por encima de 0,5 lo que demuestra que la mayoría de esos residuales son susceptibles de ser depurados mediante tratamientos biológicos.

REFERENCIAS

APHA (1995) "Métodos estándares para el examen de aguas y aguas de desecho". Ed. Interamericana. S.A. Nueva York.

Basu, A.; Perigó, E. y Suárez, G. (1975). "Efluentes de las plantas procesadoras de pescado y su aspecto contaminante". INP. CIP. Rev. Inv. vol. 2. pp: 215-219. C. de la Habana.

NC 27:1999 (1999). "Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones". Norma Cubana. Obligatoria Experimental. 1ra Edición. Oficina Nacional de Normalización. ICS, C. Habana, Cuba. 1999.

NC XX:2001 (2001). "Vertimiento de aguas residuales a las costas y aguas marinas. Especificaciones". Norma Cubana. Obligatoria Experimental. 1ra Edición. Oficina Nacional de Normalización. ICS, C. Habana, Cuba. 2001

Romero, T. (2005). "Uso de la microalga *Chlorella* spp. en la depuración de los residuales líquidos de la industria pesquera y su aprovechamiento", Tesis de doctorado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana.

Suárez, G. y Romero, T. (1985). "Características y alternativas de tratamiento para residuales líquidos de la industria pesquera". Documento MIP. C. de la Habana.

Suárez, G.; Romero, T.; Martín, A. y Perigó, E. (1982). "Impacto ambiental de los residuales de la industria pesquera". III Foro Científico del CIP. MIP, pp: 14-18.

Recibido: noviembre del 2010

Aprobado: febrero del 2011