

Funcionamiento de las zanjas de filtración en dos unidades empresariales de la pesca en Cuba

INTRODUCCIÓN

Variados son los ejemplos de afectaciones en las pesquerías, motivadas por vertimientos de desechos contaminantes sin tratamiento previo o tratamiento deficiente, entre los que se pueden citar la ocurrida en la bahía de Guantánamo (Romero et al. 1987); bahía de Chaparra (Romero 1985); río Cauto (Suárez y Romero 1987), puerto Manatí (Arencibia y Suárez 1987) y otras muchas más ocurridas posteriormente, que han ocasionado pérdidas en la economía nacional y alteración al medio receptor.

Dos de las instalaciones dedicadas al procesamiento de especies marinas y dulce-acuícolas de Cuba, presentaban sistemas de tratamiento por zanjas de filtración, aunque posteriormente fue necesaria la ejecución de otros métodos de depuración, fundamentalmente de tipo biológico.

La zanja de filtración, conocida también como zanja de nitrificación, es una solución efectiva al problema de los vertimientos, teniendo en cuenta su bajo costo de producción y la remoción del contaminante que es capaz de generar, siempre y cuando se respeten las normas técnicas a la que está sujeta su diseño.

En este trabajo se describen los resultados obtenidos de los muestreos realizados a dos zanjas de filtración que fueron diseñadas para tratar las aguas de las unidades empresariales procesadoras de recursos pesqueros, ubicadas en Sancti Spíritus y Santiago de Cuba respectivamente, señalándose algunos de los problemas técnicos que provocaron deficiencias en su funcionamiento.

Resumen / Abstract

Dos de las instalaciones procesadoras de recursos pesqueros de Cuba poseían plantas de tratamiento del tipo zanjas de filtración. Debido a las pérdidas que se producen en los sistemas receptores al ser descargados residuales sin tratamiento previo o con tratamiento deficiente, se realizó un estudio técnico de las zanjas de filtración ubicadas en las unidades empresariales de Sancti Spíritus y Santiago de Cuba, para determinar la eficiencia de ambos sistemas y emitir un criterio de la calidad del residual, efectuándose determinaciones de temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales y volátiles, fósforo total, nitrito, nitrato, amonio y grasa, siguiendo los métodos estándar. Los resultados arrojaron que el diseño de zanja instalada en la unidad empresarial de Santiago de Cuba puede ser tomado como modelo para la construcción de sistemas similares, debido a su elevada eficiencia (89%).

Palabras clave: filtración biológica, tratamiento, residual pesquero.

Two of the fishing resources processing enterprises in Cuba had treatment plants with filtration ditches. Due to the losses that take place in those treatment plants with the discharge of polluted water without treatment or with a deficient one, a technical study of two treatment plants of that type was conducted in Sancti Spíritus and Santiago de Cuba enterprises respectively, to determine the efficiency of both systems and obtain waste water quality criteria. The following parameters were measured: temperature, pH, oxygen biochemical demand, total and volatile solids, total phosphorus, nitrite, nitrate, ammonium and fat, using the standard determination methods. The results showed that the ditch design installed in Santiago de Cuba enterprise can be taken as a model for the construction of similar systems due to its high efficiency.

Key words: biological filtration, treatment, fishing waste waters

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de ambas zanjas se realizó apoyado en los resultados obtenidos de seis muestreos en cada una de las instalaciones citadas.

Para determinar la eficiencia de los mismos y emitir un criterio de la calidad del efluente, se realizaron determinaciones de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, sólidos totales (ST) y volátiles (SV), fósforo total (PT), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), materia grasa, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO), siguiendo los métodos estándar del APHA (1995).

La colecta de las muestras en ambos casos, se llevó a cabo a las salidas de los salones de proceso, de los tanques sépticos y las zanjas de filtración respectivamente.

El gasto de agua aproximado, se determinó por parte de la Comisión de Energía de ambas unidades productivas.

Se efectuó un estudio técnico de las propuestas del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología para el caso del tratamiento de la unidad de Sancti Spíritus y ejecutado por la subdirección de proyectos de la Pesca y por la Vice Dirección del Parque Baconao para la de Santiago de Cuba, estableciendo una descripción de los proyectos acometidos y la calidad de las aguas tratadas, basados en los análisis de laboratorio.

La ubicación del sistema instalado en la unidad empresarial de Sancti Spíritus se presenta en la figura 1 y sus características técnicas en la figura 2.

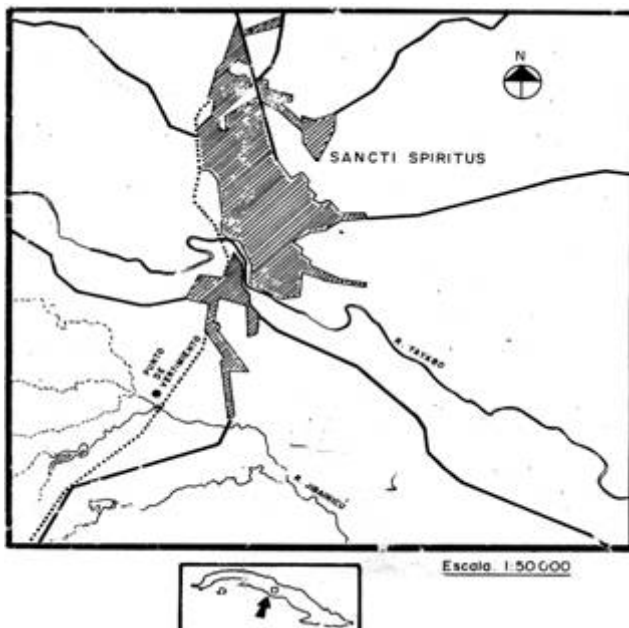
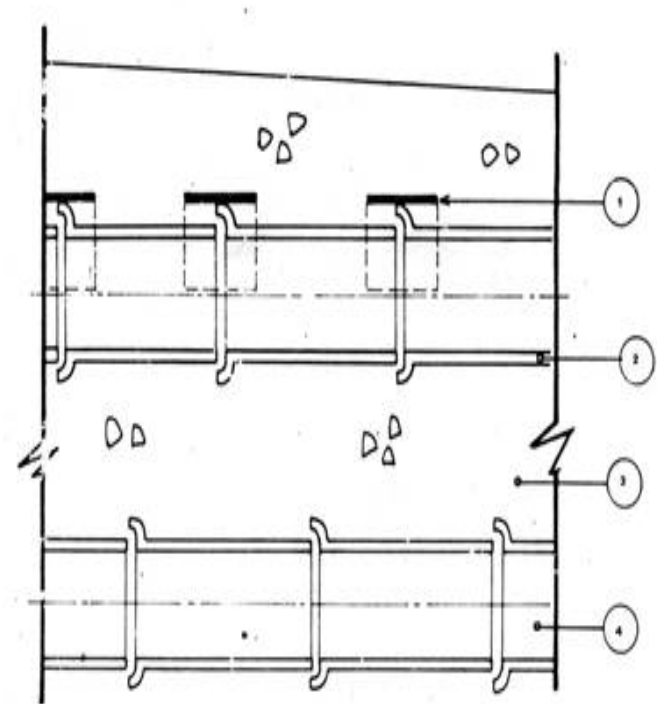


Figura 1. Ubicación geográfica de la zanja de Sancti-Spíritus

El agua utilizada en el salón donde se benefician los diferentes recursos pesqueros, era recolectada primeramente en un separador de grasas, incorporándose a un tanque séptico, para finalizar en una zanja de filtración, ubicada en un terreno aledaño a la unidad productiva, con deposición final al Río Jibainicú.

La zanja, de 60 metros de longitud, se diseñó con un solo brazo, presentándose en la figura 2 los diferentes elementos que la constituían.



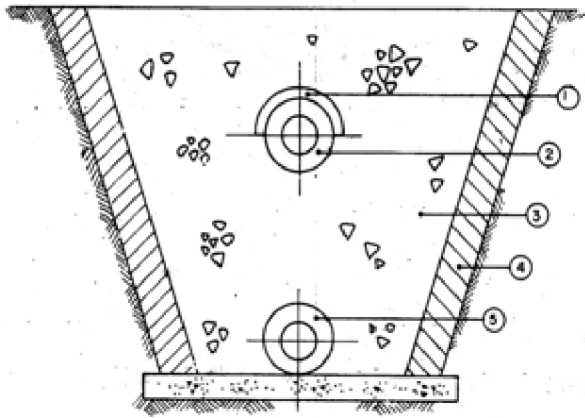
Legenda:

1. papel cartón embreado
2. tubería de irrigación con juntas abiertas
3. grava
4. tubería de subdrenaje

Figura 2. Disposición de las tuberías con juntas abiertas.

En la figura 3 se representan los componentes de la zanja vista desde otra perspectiva, mostrándose en la parte superior la disposición de las tuberías de irrigación y subdrenaje.

La tubería de subdrenaje realiza la función de recolectora del agua tratada biológicamente por la acción de la película microbiana formada en el interior del lecho percolador.



Legenda:

1. papel cartón embreado
2. tubería de irrigación con juntas abiertas
3. grava
4. paredes de bloque
5. tubería de subdrenaje

Figura 3. Corte transversal de la zanja de filtración.

En la figura 4 se muestra la ubicación geográfica de la zona de vertimiento residual de la unidad empresarial de Santiago de Cuba.

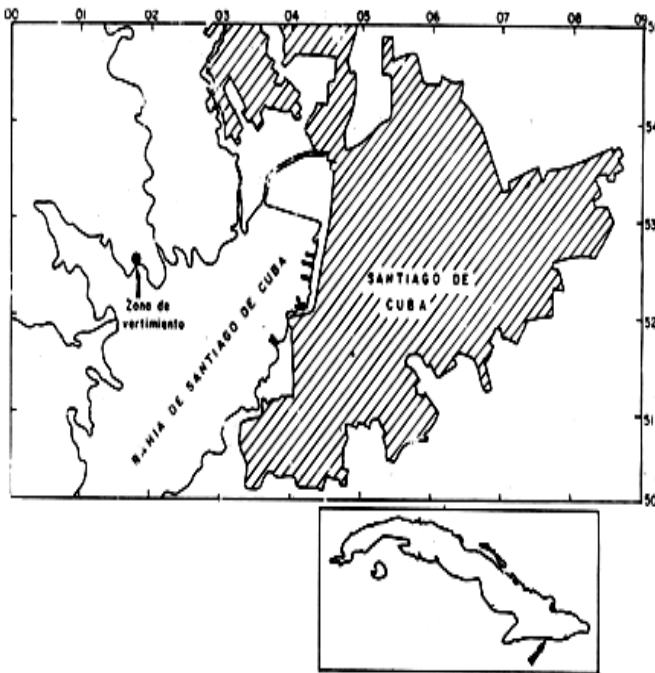
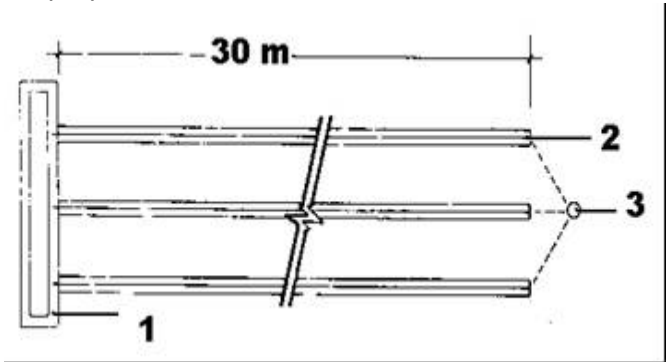


Figura 4. Ubicación geográfica de la zanja de Santiago de Cuba.

El agua negra procedente del salón donde se realiza el beneficio del pescado previamente descongelado, se vierte en un desgrasador, para incorporarse al tanque séptico y de ahí a la zanja de filtración. Esta zanja (figura 5) cuenta con una caja distribuidora que tiene la función de dispersar el residual líquido a los tres brazos de 30 metros de longitud cada uno, que conforman el lecho percolador con tuberías de subdrenaje. Estas tuberías están constitui-

das de asbesto cemento con escurrimiento por huecos, lo que permite una eficiencia buena del lecho.



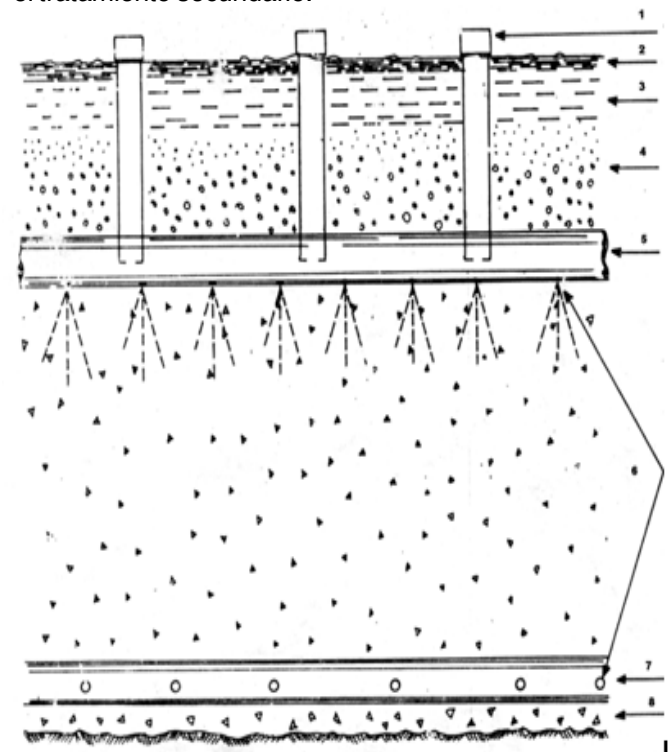
Legenda:

1. caja distribuidora
2. brazo
3. tanque de succión

Figura 5. Componentes del sistema de tratamiento.

Posteriormente, el residual es vertido a un tanque de succión y finalmente a los pozos absorbentes. El agua colectada en este tanque se infiltra en el terreno para distribuirse cercano a la costa.

La figura 6 da un panorama de los elementos que constituyen la zanja a través de un corte longitudinal y donde se aprecian todos los elementos que constituyen el tratamiento secundario.



Legenda:

1. tubo aerador, 2. arcilla compactada, 3. arena, 4. gravilla
5. tubería de irrigación, 6. orificios de irrigación y colectores
7. tubería de subdrenaje, 8. gravilla

Figura 6. Detalles de la zanja de filtración.

El lecho percolador es interceptado por tubos aireadores proyectados a un metro de distancia cada uno, y tienen la finalidad de suministrar oxígeno al medio y mantener los requerimientos necesarios para provocar un ambiente aerobio propio de los organismos encargados de degradar la materia orgánica.

La biomasa activa se forma con el paso del residual a través del lecho bacteriano. Esta agua se incorporará más tarde a la tubería de subdrenaje y finalmente al tanque de succión.

RESULTADOS

Sistema de tratamiento de la unidad empresarial de Sancti Spiritus

La evaluación físico-química realizada a las aguas negras de la unidad productiva de Sancti Spiritus arrojó los resultados que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización físico-química de los residuales de la zanja de filtración de Sancti Spiritus, en sus diferentes etapas (carga hidráulica: 50 m³/día).

Parámetro	Residual sin tratar	Residual tratado en el tanque séptico	Residual tratado en la zanja
Temperatura (°C)	25	29	26
pH	7,5	7,0	7,5
DBO (mg/L)	400	100	63
DQO (mg/L)	1 367	302	96
PT (mg/L)	6,9	1,2	1,3
S T (mg/L)	3 789	407	465
S V (mg/L)	2 123	148	175
NH ₄ ⁺ (µg/L)	1 000	15 000	21 000
NO ₂ ⁻ (µg/L)	13,02	10,36	5,46
NO ₃ ⁻ (µg/L)	46,2	76,7	69,4
Materia grasa (mg/L)	272	166	138

En su mayoría, los parámetros analizados no disminuyeron cuantitativamente una vez tratado el residual en el tanque séptico, no así para los componentes del ciclo del nitrógeno.

El pH del residual se mantuvo neutro en todo el sistema, entre 7,0 y 7,5 y la temperatura osciló entre 25 y 29°C, hechos que no afectaron el comportamiento del mismo como sistema biológico de purificación.

La tendencia al aumento de las concentraciones de amonio, con valores máximos en la descarga de 21 000 µg/l y de 15 000 µg/l en el residual antes de su filtración, evidencia el estado de reducción (amonificación) de la zanja, debido a la carencia de oxígeno. Coll (1983) mediante estudios realizados con residuales tratados por biopelícula, demostró que cuando las concentraciones de amonio se encuentran altas, el nitrito bajo

y el nitrato en un rango intermedio, en el sistema prevalece la ausencia de la nitrificación. Con los datos disponibles de los muestreos realizados y el trabajo antes mencionado, resulta alterado el nominativo de zanja de nitrificación con que se ha definido este tipo de tratamiento. En este caso el sistema actúa como un elemento amonificador y no nitrificante como debiera suceder, por lo que la mejor definición sería la de «zanja de filtración».

La eficiencia del sistema completo, tomando como indicador la DBO fue de un 84% aproximadamente, decreciendo desde concentraciones de 400 hasta 63 mg/L. Pero se destaca que esta valoración contempla el tanque séptico como tratamiento primario, y que una buena parte de la remoción del contaminante fue llevada a cabo por este, disminuyendo la DBO de la zanja por la acción de la biopelícula solamente en un 37%, es decir desde 100 mg/L hasta 63 mg/L. La DQO, por su parte, se removió en un 68% en esta parte del sistema.

Si se analiza el tratamiento como un todo, la reducción de la carga orgánica se cataloga como buena; pero el proceso de degradación de la materia orgánica que se efectúa en la zanja en sí, no es lo eficiente que se esperaba, no contando con el oxígeno necesario para la oxidación del residual que fluye hasta el lecho percolador.

Entre las variantes que pudieran mejorar el sistema está la inyección de aire al efluente mediante un dispositivo, como sería la introducción de tuberías en el interior del material filtrante, y que estuviera en contacto con el medio exterior, para así lograr el ambiente aerobio necesario en la síntesis bacteriana.

Uno de los problemas que al parecer atentó contra el buen funcionamiento de esta parte del sistema es la longitud con la cual fue diseñada, no coincidiendo con lo propuesto por el Centro Provincial de Higiene, ni con lo descrito en la literatura (MINSAP 1974; OPS/CEPIS 2003), donde se plantea que las zanjas no deben ser demasiado largas, de lo contrario el efluente no se distribuye con uniformidad por el terreno de evacuación y que la longitud máxima considerada para el diseño no debe exceder a los 30 metros, cualesquiera que fuesen los resultados de los cálculos previos. Además, el sistema de juntas abiertas al parecer, no es el más indicado para la fluidez del residual líquido a través del lecho bacteriano.

También hay que tener en cuenta la ubicación de estos sistemas de tratamiento, que deben estar alejados de cualquier arbusto o construcción, al menos 3 metros (OPS/CEPIS 2003) y de los movimientos provocados por equipos pesados de transportación, que pueden ocasionar derrumbamiento y por consiguiente afectación de los medios filtrantes.

Independientemente de la calidad del efluente, así como los señalamientos técnicos aquí plasmados y otros inferidos por Suárez y Romero (1986) en su informe sobre remodelaciones inmediatas a ejecutar para mejorar el funcionamiento de sistemas similares, se estima que el tratamiento conjunto tanque séptico-zanja de filtración resul-

tó factible por la remoción total de la carga orgánica contaminante, pero que sin variar esas condiciones, hubiese sido posible prescindir de la zanja, siendo el efecto final de degradación prácticamente el mismo.

Sistema de tratamiento de la unidad empresarial de Santiago de Cuba

Los valores de la tabla 2 indican que la temperatura no varió significativamente, oscilando entre 20 y 27 °C. El pH se mantuvo en un rango neutro, promediando 7,2 que es un valor propio de las aguas de desecho de la industria pesquera.

Tabla 2. Caracterización físico química de los residuales de la zanja de filtración de Santiago de Cuba, en sus diferentes etapas (carga hidráulica: 20 m³/día).

Parámetro	Residual sin tratar	Residual tratado en el tanque séptico	Residual tratado en la zanja
Temperatura (°C)	20	25	27
pH	6,7	7,3	7,7
DBO (mg/L)	2 133	203	23
DQO (mg/L)	3 373	1 924	117
PT (mg/L)	264,2	635,3	312,8
S T (mg/L)	32 905	62 196	287
S V (mg/L)	2 956	4 945	143
NH ₄ ⁺ (µg/L)	5 939	122 588	70 885
NO ₂ ⁻ (µg/L)	1 200	690	13 303
NO ₃ ⁻ (µg/L)	205	20	23
Materia grasa (mg/L)	4	12	10

El contenido de grasa en todo el proceso fue relativamente bajo, aumentando desde 4 hasta 12 mg/L en el tanque séptico, comportándose casi igual al final del proceso de degradación para una concentración de 10 mg/L.

La concentración de fósforo total disminuyó al doble de su valor inicial al pasar por la zanja, debido al parecer, por el requerimiento que demandan las bacterias en la síntesis celular.

En el caso del amonio, se apreció un aumento notable en el tanque séptico en relación con el agua tomada directamente a la salida del proceso, que una vez tratada por la zanja, disminuyó en el orden de 2:1 aproximadamente, desde 122 588 µg/L hasta 70 885 µg/L. Esto indica que el amonio disminuye dos veces su valor por acción del tratamiento aerobio, indicando así que esta zanja sí funciona como un sistema de nitrificación, aunque la concentración en el punto de vertimiento se reportó aun por encima de las normas establecidas por los órganos sanitarios competentes (NC XX:2001 2001).

El sistema de tratamiento de la unidad productiva, basado en las concentraciones de DBO en los diversos puntos de muestreo, se estima como óptimo, para una eficiencia del 90% hasta la salida del tanque séptico,

disminuyendo desde un valor de 2133 a 203 mg/L, para obtenerse una concentración final de 23 mg/L en el punto de vertimiento, con una reducción parcial de la carga orgánica del 89% en la zanja propiamente dicha. La eficiencia de la zanja en la reducción de la DQO fue del 94%. Estos valores demuestran las bondades del sistema instalado en el establecimiento de Santiago de Cuba.

Es importante resaltar la acción positiva que ejercen los tubos de ventilación al lecho percolador, para que se efectúe el proceso aerobio que se desarrolla en esta etapa. Esto quedó demostrado con las concentraciones de DBO al final del tratamiento, inferiores a los logrados en el tanque séptico.

Finalmente se destaca que la ubicación de la zanja es buena, encontrándose en una zona no transitable y cercana relativamente a la unidad de producción. En la superficie existen sembrados de hortalizas, no entrando en contradicción con lo señalado en el artículo sobre «Tuberías y zanjas para el efluente» en MINSAP (1974) donde plantea que en la superficie del terreno de evacuación sólo deben sembrarse plantas de raíces cortas.

Se puede considerar así, que el diseño de este tratamiento se adecuó a lo descrito en OPS/CEPIS (2003), catalogándose su eficiencia como buena.

CONCLUSIONES

- La zanja de la unidad empresarial de Sancti Spíritus se consideró como un sistema amonificador, por lo que el residual evacuado se presentó en un estado de reducción elevado, concluyéndose que el tratamiento en sí operaba insatisfactoriamente, lo que condujo a la remodelación del sistema de tratamiento existente.
- La zanja de unidad empresarial de Santiago de Cuba actúa como un sistema nitrificador, valorándose tanto la zanja, como el sistema de tratamiento en su conjunto, de óptima eficiencia.

RECOMENDACIONES

Según los resultados arrojados en estos estudios, es aconsejable que el diseño de la zanja instalada en la unidad empresarial de Santiago de Cuba sea tomado como modelo para la construcción de sistemas similares, debido a su elevada eficiencia.

REFERENCIAS

- APHA (1995).** «Métodos estándares para el examen de aguas y aguas de desecho». Ed. Interamericana. S.A. Nueva York.
- Arencibia, G. y Suárez, G. (1987).** «Valoración de la contaminación en la bahía de Manatí. Informe CIP-MIP». 14 pp.
- Coll, M. J. (1983).** «Acuicultura marina animal». Ed. Mundi Prensa. 2: 670 pp.

MINSAP (1974). «Higiene del Medio». Dirección Nacional de Higiene. Tomo 1. Ministerio de Salud Pública. 502 pp.

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.

OPS/CEPIS (2003). «Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas de filtro y filtros superficiales de arena». Centro Panam. de Ingen. del Amb. y Cienc. del Amb. OMS. UNATSABAR. Lima. 12 pp. Documento en línea [14 de Julio de 2011]. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/x.pdf>.

Romero, T. (1985). «Mortandad ocurrida en la Bahía de Chaparra de más de 120 ton. de peces muertos». Informe CIP-MIP. 15 pp.

Romero, T.; Suárez, G. y Arencibia, G. (1987). «Estudio ambiental en la bahía de Guantánamo». Rev. Cub. Inv. Pesq., vol. 12:2, pp: 326-348.

Suárez, G. y Romero T. (1986). Informe sobre remodelaciones técnicas para mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento de la EM de Sancti-Spíritus. Informe MIP. 3 pp.

Suárez, G. y Romero, T. (1987). Informe sobre contaminación del río Cauto. Informe DRP/MIP. 3 pp.

Recibido: Agosto del 2011
Aprobado: Septiembre del 2011