

Procedimiento para el manejo de residuales líquidos industriales. Aplicación en Gydema, Cienfuegos

Procedure for the handling of residual liquids industrials.
Application in Gydema, Cienfuegos

M. Sc. Edik Sánchez-León, edsanchez@otncfg.cu, M. Sc. Ibis Cruz-Virosa, ibis@otncfg.cu

Oficina Territorial de Normalización, Cienfuegos, Cuba

*Ante un entorno dinámico y competitivo, el desarrollo industrial actual, se encamina cada vez más hacia el Desarrollo Sostenible, exigiendo así, desde el punto de vista productivo el uso de tecnologías más limpias o alternativas que mejoren la calidad de los procesos. El uso de procedimientos para el manejo de residuales líquidos es una variante que permite lograr resultados satisfactorios en los Sistemas de Tratamiento de Residuales, mejorando la eficiencia del sistema; mitigando el efecto de los contaminantes sobre los ecosistemas y la calidad de vida de las personas. La generación de residuales de la fábrica de Glucosa, conocida como **Gydema**, ubicada en Cienfuegos, región Centro-Sur del país, en la zona industrial No 1, provoca impactos ambientales en su proceso productivo, por medio del vertimiento de residuos líquidos al ecosistema bahía; por la importancia que revierten sus procesos y por la posición geográfica que la sitúa en la provincia, se describe un Procedimiento para el manejo de los residuales líquidos industriales. Aplicación en Gydema Cienfuegos; lo que permite un mejor manejo de sus aguas al sistema bahía.*

Palabras clave: contaminación, residuales líquidos, desechos, glucosa.

In front of a dynamic and competitive environment, today's Industrial development its headed more than never to a sustainable development demanding this way from the productive point of view the use of cleaner technologies or alternatives that improve the quality of the processes. The use of procedures for handling residual liquids is avariation that allows to achieve satisfactory out puts in the residual treatment system, so improving the efficiency of the system, mitigating the effect of pollutants on the ecosystems and the quality of people's life. The generation of residuals from the Glucose factory known as Gydema, that is located in the South Center of the country in the industrial zone 1, in Cienfuegos, it provokes environmental impacts because of the productive process by means of the throwing of residual liquids to the bay ecosystem; because of the importance that revert their processes and for the geographical position in the country.

A procedure for handling the residual liquids from Gydema is described, that permits a better handling of their waters into the system.

Key words: contamination, residual liquids, refuses, glucose.

Introducción

Posiblemente ningún tema ha concitado tanto interés y comprometimiento mundial, como lo relacionado con los problemas del medio ambiente. El cuidado y la utilización de los componentes de este, es imprescindible para los habitantes del planeta, a todos nos afecta, y a todos por tanto, nos concierne.

La contaminación es un problema que se está convirtiendo en un motivo global y la deposición de los residuales constituye una unidad antagónica del uso de los ecosistemas /2/. Afecta a los recursos naturales (agua, suelo, aire, biodiversidad) y puede modificar las condiciones naturales de vida del hombre, al incidir en el deterioro de la

calidad ambiental del aire y de los recursos de agua y suelos, necesarios para la satisfacción de las necesidades alimentarias y de abastecimiento. La contaminación posee la característica de trasladarse de un medio a otro como consecuencia de factores y fenómenos que intervienen en la naturaleza /3/.

Las zonas marinas y costeras, a pesar de ser consideradas como áreas muy frágiles, están expuestas directamente a los efectos de la contaminación. El vertido de los residuales industriales tratados a los ecosistemas bahía requiere de un mejor seguimiento, control de sus aguas /5-6/; posibilitando el cumplimiento de lo establecido por las exigencias y especificaciones

en el artículo 95 normado, en materia de medio ambiente /4/. Por ello, el objetivo del presente trabajo es: Describir un procedimiento para el manejo de los residuales líquidos industriales. Aplicación en Gydemá, Cienfuegos.

Fundamentación teórica

Generación de desechos. Contaminación

"Los ecosistemas de agua dulce proporcionan los sistemas de eliminación de desperdicios más cómodos y baratos. Sin embargo, ya que el hombre está abusando de este recurso natural, está claro que un esfuerzo principal para reducir esta presión ha de producirse rápidamente, pues, en otro caso, el agua se convertirá en el factor limitativo para la especie «hombre» /1/.

Eugene P. Odum

Los desechos forman parte de las corrientes de salida secundarias de la actividad industrial.

La comunidad científica /7-9/, es casi unánime en los siguientes aspectos:

1. Es inevitable la generación de desechos en las complejas economías modernas.
2. La cantidad de desechos que se genera en la actualidad es extremadamente elevada.
3. Es posible alcanzar reducciones significativas a través de la investigación y desarrollo dentro del campo de la ecología industrial (producciones más limpias) y los esfuerzos en la prevención de la contaminación.

Contaminación

Se entiende por contaminación: la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos; que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar de la población, la flora y la fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos, de la nación en general o de particulares /10-11/.

Al mismo tiempo el control de la contaminación ha adolecido de pocos incentivos para esforzarse

por alcanzar una mayor eficiencia, con ello, un menor nivel de la contaminación, debido fundamentalmente a la aparente abundancia de recursos, y también, porque deshacerse de los desechos, ha resultado siempre menos costoso que mejorar la eficiencia de un sistema /12-13/.

Existen además criterios acerca de la contaminación, donde se plantea que se genera contaminación en el agua por la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos considerables a la flora, la fauna (incluyendo al ser humano) ó en los materiales de utilidad y ornamentales. Conocer las características del agua residual, y sobre todo industrial, es de suma importancia por sus efectos sobre el ecosistema.

Materiales y métodos utilizados

El procedimiento aplicado se obtuvo teniendo en cuenta las tendencias actuales referentes al tema; a través de tormentas de ideas, trabajo en equipo (incluyendo criterios de expertos), métodos de ensayos físico-químicos, diagrama de árbol y otras herramientas que permiten dar un enfoque de procesos como: mapeo de procesos (SIPOC).

Procedimiento para el manejo de los residuales líquidos industriales

La generación de residuos constituye una necesidad de las industrias, según la ley de conservación de la masa, y la generación de entropía, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica /7-8/.

Los residuales líquidos industriales clasificados como residuos, en su composición presentan materia orgánica, sólidos en suspensión, sustancias orgánicas biodegradables, que hacen objetable las aguas; al exceder los parámetros permisibles según documentos normalizativos generan impactos en el cuerpo receptor.

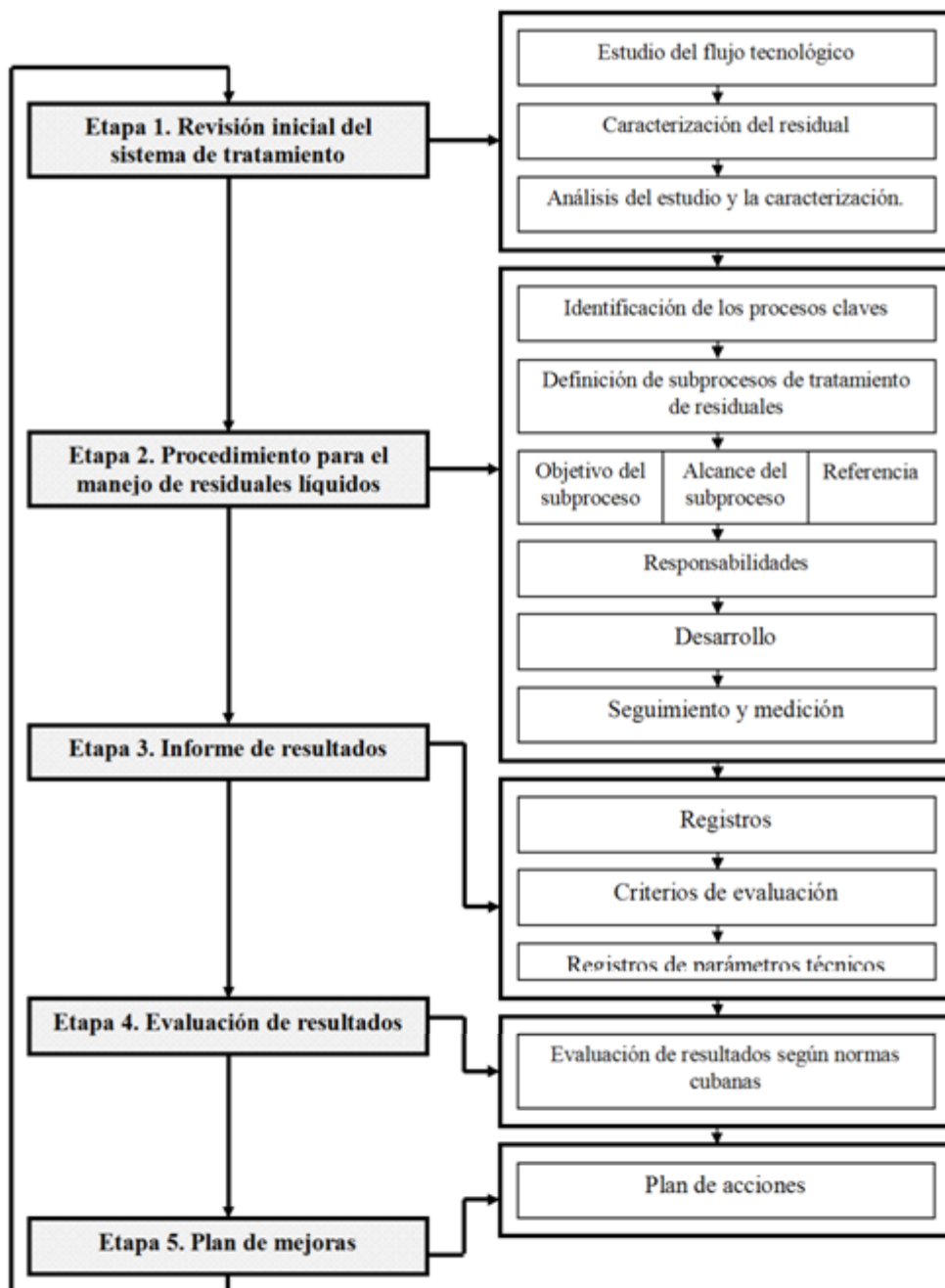
Con vista a mitigar tales efectos se hace necesario establecer mejoras en el tratamiento del residual a tratar, por medio de la implementación de procedimientos que hagan del agua residual tratada no objetable, y con disposición final, que cumpla con las normas de vertimiento en el sistema bahía.

Procedimiento para el manejo de los residuales líquidos de Gydema, Cienfuegos

La tendencia actual a nivel internacional debido a las buenas prácticas de producción y de gestión por procesos es elaborar documentos que garanticen eficacia en el desempeño de los mismos, los procedimientos como forma especificada para llevar a cabo un proceso, son una aplicación válida

para lograr un manejo adecuado de los sistemas de tratamiento de Residuales.

El procedimiento genérico propuesto consta de cinco etapas, como se muestra en la figura 1, el mismo se fundamenta en las mejores prácticas; para el diseño se tuvo en cuenta la NC: 01- 2005, NC: ISO 9000, y búsqueda en Internet sobre las tendencias actuales de procedimiento relacionado con el tema, permitiendo conformar el representado en la figura 1.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 1 Procedimiento para el manejo de los residuales líquidos industriales.

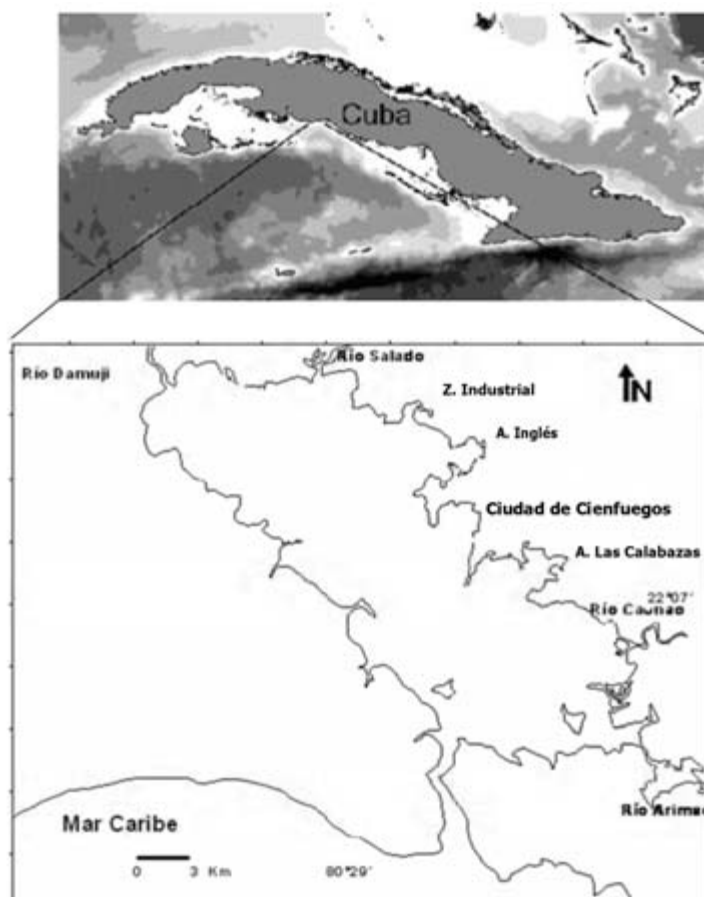
En la etapa 1 del procedimiento se tuvo en cuenta la revisión de la bibliografía para definir el flujo tecnológico, resumiendo que: los residuales líquidos de la Empresa Glucosa (industriales y albañales), actualmente no cuentan con un tratamiento que permita el cumplimiento de los requisitos establecidos por la NC 27: 1999 que regula el vertimiento de residuales a cuerpos de aguas receptores.

Con vista a evaluar los residuales se hizo una caracterización de mismo, previo a ello se identificaron las etapas de cada proceso del tratamiento, mapa SIPOC, el mismo integra: proveedores, entradas, procesos, salida, requerimientos y clientes de dicha planta; ver más adelante figura 2.

Se identifican a los clientes como el residual que se vierte al cuerpo receptor, siendo conducidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta una cañada afluyente del arroyo Inglés mediante un tubo colector, ver figura 3, hasta que se mezclan con los residuales albañales del Reparto Pueblo Griffó. Esta mezcla de residuales líquidos (residuales de la industria Glucosa+albañales de Pueblo Griffó) es usada en el fertirriego de áreas destinadas al cultivo de arroz en la zona próxima a la Bahía de Cienfuegos.

Con vista a darle continuidad al trabajo de investigación, en específico el procedimiento, se realizó la caracterización en dos puntos de muestreos; el mismo, se realizó el 21 de junio de 2011.

La falta de sistematicidad en la producción de esta industria no permitió tomar una muestra compuesta en proporción al flujo para poder realizar con más precisión una caracterización de los residuales líquidos generados.



Fuente: Adaptado de Seisdedo & Arencibia, 2010.

Fig. 3 Bahía de Cienfuegos y los sistemas fluviales que desembocan a la misma.

Se tomó una muestra puntual en el registro circular que recibe el efluente procedente del sedimentador (Punto 1). La segunda muestra puntual se tomó unos 15 m aguas debajo de la mezcla con los albañales del Reparto de Pueblo Griffó, justamente en la zona más cercana a las áreas de sembrado de arroz.

Ensayos

En ambas muestras se realizaron mediciones *in situ* de pH de la conductividad eléctrica (CE) y los sulfuros. Posteriormente se conservaron a bajas temperatura mediante refrigeración y se entregaron en el laboratorio de agua del Centro de

Estudios Ambientales de Cienfuegos para la realización de diferentes tipos de ensayos. En la

tabla 1 (más adelante) se exponen los diferentes métodos usados en el laboratorio.

Tabla1
Métodos de ensayos para cada uno de los análisis realizados en el laboratorio

TABLA	
Ensayo	Método
Sólidos suspendidos (S. Susp)	Gravimétrico
Sólidos totales (ST)	Gravimétrico
Sólidos volátiles (SV)	Gravimétrico
Sólidos disueltos (SD)	Gravimétrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Dicromato con reflujo cerrado.
Nitrógeno total Kjeldhal (NTK)	Método Kjeldhal
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	Método Winkler (Dilución)
Fósforo total (PT)	Espectrofotométrico. Reducción con ácido ascórbico
Grasas y aceites (G yA)	Gravimétrico.
Índice de Fenol (Fenoles)	Espectrofotométrico
Sulfuro Total (Sulf. T.)	Titulación. Yodométrico. (<i>in situ</i>)
Conductividad eléctrica (CE)	Potenciométrico (<i>in situ</i>)
pH	Potenciométrico (<i>in situ</i>)

Fuente: Información clasificada del Centro de Estudios Ambientales, Cienfuegos.

Los valores de las variables medidas se evaluaron de acuerdo con la NC 27:1999 "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones".

Para poder determinar la carga aportada de cada uno de las variables evaluadas se realizó un aforo volumétrico en el punto 1. El valor promedio del flujo fue de 2,13 L/seg que equivalente a 184 m³/día.

Resultados y discusión

En la tabla 2 se presentan los resultados de las mediciones realizadas en el laboratorio en cada punto de muestreo, los valores establecidos por la NC 27: 1999, las mediciones en los puntos 1 y 2, la carga aportada a la Bahía de Cienfuegos, las razones punto 1: punto 2, punto 1: LMPP y punto 2: LMPP.

Tabla 2
Resultados de ensayos y cálculos realizados

Variable medida	Punto 1	Carga Kg/día	Punto 1: LMPP	Punto 2	Punto 1: Punto2	Punto2: LMPP	LMPP*
S. Susp (mg/L)	660	121	-	110	6	-	-
ST (mg/L)	2340	431	-	1070	2.2	-	-
SV (mg/L)	660	121	-	105	6.3	-	-
SD (mg/L)	1680	309	-	960	1.8	-	-
DQO (mg/L)	6800	1251	97	960	7.1	13.7	70
NTK (mg/L)	82.3	15	16.5	10,36	7.9	2.1	5
DBO ₅ (mg/L)	3150	580	105	475	6.6	15.8	30
DBO ₅ :DQO	0.4632	-	-	0.4948	-	-	-
PT (mg/L)	42.9	7.8	21.5	118	0.4	59	2
G y A (mg/L)	<L.C	-	-	<L.D	-	-	10
Fenoles (mg/L)	<L.C	-	-	<L.C	-	-	-
Sulf. T. (mg/L)	12.16	2.2	-	1.52	8	-	-
CE	1496	-	1.1	998	1.5	0.71	1400
pH	3.96	-	-	6.58	-	-	6.5-8.5

*LMPP: Limite Máximo Permisible Promedio

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos mostraron que los valores de las variables medidas en el punto 1 fueron superiores a lo establecido en la NC 27: 1999, excepto las grasas y aceites y el índice de fenoles que registraron valores por debajo del límite de cuantificación (16 mg/L y 0,1 mg/L, respectivamente). Indicadores que representan el contenido de materia orgánica en el residual (DQO y DBO), registraron valores aproximadamente 100 veces superiores a lo establecido por la NC (cuarta columna de la tabla 2).

En la tercera columna de la tabla 3 se reportaron las cargas dispuestas al entorno por este residual (expresadas en kg/día). Por ejemplo, la carga de DBO₅ aportada en un día por esta industria representa una población equivalente de 11904 habitantes, según el criterio establecido en una metodología del CITMA /15/.

Las razones punto 1: punto2 (sexta columna de la tabla 2) siempre fueron superiores a la unidad, solamente en el caso del fósforo la razón fue menor que uno. Estos resultados demostraron que la unión de estos residuales con los albañales de Pueblo Griffo, mejoraron sus características. Las diluciones producidas por esta mezcla disminuyeron los valores de la mayoría de las

variables estudiadas en un intervalo entre 6 y 8 veces, pero esta mejoría no eliminó el incumplimiento de la NC usada como se puede observar en la razón punto 2: LMPP (séptima columna de la tabla 2).

Estos residuales se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica según los valores de la DQO, DBO₅ y sólidos volátiles. El vertimiento de materia orgánica a cuerpos de agua produce agotamiento del oxígeno disuelto /16/, lo cual afecta el desarrollo de la vida acuática y ocasiona un predominio de especies anaeróbicas, afectando por tanto la biodiversidad. En un ambiente reducido como el que se ocasiona por este tipo de vertimiento, cuando se termina el oxígeno disuelto en el agua comienza a consumirse el oxígeno de las especies química que contienen oxígeno en su estructura, como es el caso del sulfato /17/. La reducción de los sulfatos (abundantes en el agua de mar) produce sulfuros que provocan un olor desagradable en la zona afectada.

Elevados valores de nitrógeno y fósforo, como los que se registraron en este residual, pueden provocar eutrofización en los cuerpos de agua donde son vertidos /18/. La eutrofización es el crecimiento masivo de plantas acuáticas y afecta la biodiversidad /19/.

El pH alcanzó valores bajos que permitieron caracterizar este residual como ácido, además se demostró que la neutralización con cal aplicada es insuficiente.

La fase inicial de la etapa 2 del procedimiento incluye mapa de procesos, la definición de los procesos y subprocesos y el desarrollo de cada subproceso en específico, la etapa 3 y 4 del procedimiento aborda lo referente a informe y evaluación de los resultados, y como parte final incluye acciones de mejoras a realizar, con vista mejorar, controlar la eficiencia del sistema de tratamiento.

Conclusiones

1. El procedimiento para el manejo de los residuales líquidos de Gydema se enfoca en las mejores prácticas y permitirá mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento de residuales.
2. El residual líquido de la empresa glucosa es ácido, con abundante contenido de sólidos totales y rico en materia orgánica de naturaleza biodegradable.
3. El tratamiento realizado a este residual es insuficiente y los vertidos realizados incumplen las regulaciones cubanas establecidas (NC 27: 1999). Solo en los casos de las grasas y aceites y el índice de fenoles se cumple con lo establecido.
4. La mezcla de estos residuales con los albañales de Pueblo Griffó disminuye las concentraciones de materia orgánica, nitrógeno total y sólidos totales, incrementándose solamente las concentraciones de fósforo total. Esta disminución en las concentraciones de las variables medidas no alcanza los valores establecidos por la NC 27: 1999, y solo hay cumplimiento en los valores de la conductividad eléctrica.

Recomendaciones

1. Continuar validando el procedimiento para el manejo de los residuales líquidos de Gydema,

Cienfuegos, con vista a su futura implementación – implantación.

2. Como fase inicial del procedimiento ambiental es necesario comenzar por la etapa 1, permitiendo identificar malas prácticas industriales. Una vez identificadas las malas prácticas se debe dar cumplimiento al plan de medidas para disminuir carga y volumen de residuales y posteriormente realizar su caracterización.
3. Los residuales deben ser sometidos a un tratamiento capaz de disminuir el contenido de materia orgánica, sólidos totales y nutrientes.

Bibliografía

1. ODUM, E. *Ecología*, Edición Revolucionaria. Ciudad Habana. 1986.
2. BUENO, J. *Contaminación e Ingeniería ambiental*. España. 1996.
3. GORDILLO H. D. *Ecología y contaminación ambiental*. Nueva Editorial Interamericana. S:A: México. 1995.
4. Ley No. 81/97, del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República. La Habana. No. 7. 1997. Págs. 47-68.
5. Norma cubana NC 27. *Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado, especificaciones*. La Habana. 1999.
6. Norma cubana NC 521. *Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas, especificaciones*. La Habana. 2007.
7. HUESEMANN, Michael H. *Environmental Progress Alche y Sustainable Energ.* vol. 23. Noviembre 2004. 4ta edición.
8. BAUMGARTNER, S., SWAAN ARONS, J. "Necessity and Inefficiency in the Generation of Waste". *Journal of Industrial Ecology*. vol. 7, No. 2. 2003. Págs. 113-123.
9. TERRY C. *Gestión de residuales líquidos desde la perspectiva del consumo sustentable. Memorias de la VI Convención de Medio ambiente*. Ciudad Habana.
10. <http://www.sagan-gea.org>.
11. CHICO, I y José M: *Inspección medioambiental de actividades industriales*. 2da edición. Dykinson. 2000.
12. *Contaminación de gestión de residuos*. Módulo de formación ambiental básica. CUB/99/G32-CAPACIDAD 21.
13. ZAROR, Z.C.A. *Introducción Ambiental para la industria de procesos*. Diciembre 2000.
14. SEISDEDO, M. Y ARENCIBIA, G. "Estimación de carga contaminante de nutrientes en la bahía de Cienfuegos". *Revista Transporte. Desarrollo y Medio ambiente*. No. 1. 2010.