

**CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL
FILIAL MES “CÁNDIDO GONZÁLEZ HORTA”
COLOMBIA. LAS TUNAS**

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES
LÍQUIDOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA
COLOMBIANA Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN
LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TANA.**

Autor: Inginio Victoria Santiesteban.

Coatores: Yandry Otaño Guerra.
Alfonso Vázquez Ruiz.
Ramón Vega Guerra.
Ángel Enrique López Jiménez.

Colombia, 2014

RESUMEN

A partir de la última década, las cuestiones ambientales han ocupado un lugar importante, por sus consecuencias económicas y sociales, es por eso que en este trabajo investigativo, que consistió en la Funcionabilidad del sistema de tratamiento de residuales líquidos de la industria azucarera Colombiana y la contaminación ambiental en la Cuenca Hidrográfica del río Tana. Los análisis y evaluaciones de impactos realizados han reflejado un alto nivel de contaminación de las aguas litorales de la zona costera con afectaciones significativas a la biodiversidad de especies de la fauna autóctona. En el caso del río Tana la desaparición de especies muy tradicionales, la contaminación de las aguas subterráneas no reguladas del manto freática de la cuenca hidrográfica y el alto índice de consumo de agua de la industria en su proceso fabril que incrementa significativamente los volúmenes de líquidos contaminantes. Los resultados del trabajo permitió llegar a conclusiones importantes, tales como propuestas de alternativas de soluciones de las cuales se derivó la idea y propuesta de un proyecto de desarrollo local, el cual contribuirá en la disminución de la carga contaminante producido por la industria al ecosistema y mayor calidad del azúcar producido en la industria.

Palabras claves: residuales, ecosistemas, biodiversidad, contaminantes, freática, autóctona, cuenca hidrográfica.

ÍNDICE.

1.- INTRODUCCIÓN.....	4
2.- TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR	9
2.1.- Tecnología de producción de azúcar y sus derribados. Impacto sobre el medio ambiente.	9
2.2.- Contaminación de las aguas provocada por los residuos derivados de las industrias azucareras	11
2.3.- Sistemas de tratamiento de los residuales de la industria azucarera.....	13
2.4.- Tipos de tratamientos para las aguas residuales y parámetros de control	20
2.5.- Contaminación ambiental ocasionada por la insuficiente funcionabilidad del sistema de residuales líquidos de las industrias azucareras	25
2.5.1.- La contaminación debida a la industria	25
2.5.2.- Contaminación ecológica de la fabricación de azúcar.....	26
2.5.3.- Contaminación de las aguas.....	26
3.- CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE Y EVALUACIÓN LA CARGA CONTAMINANTE OCASIONADA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TANA.....	28
3.1.- Reseña histórica y actual de la industria azucarera Colombia.....	28
3.2.- Caracterización de la unidad empresarial de base fábrica de azúcar.....	30
3.3.- Caracterización de las funciones de un sistema de tratamiento de residuales líquidos de las industrias azucareras	32
3.4.- Caracterización de los residuales liquido de la unidad empresarial básica fábrica de azúcar Colombia.....	34
3.5.- Muestras realizadas para el análisis de las aguas.	35
3.6.- Caracterización de las lagunas de oxidación utilizados para la evaluación de los residuales líquidos.....	38
3.6.1.- Evaluación de los niveles de remoción de las lagunas	39
3.7.- Caracterización de los problemas fundamentales de contaminación ambiental por residuales líquidos en la cuenca hidrográfica del río tana	40
3.7.1.- Valoración de impactos ambientales más fundamentales de orden económicos	40
3.7.2.- Valoración de impactos ambientales fundamentales en la biodiversidad de especies de plantas del litoral del mar.....	40
3.7.3.- Valoración de la influencia medioambiental en la calidad de vida de los habitantes del entorno	41
3.7.4.- Valoración de la influencia ambiental de los residuales líquidos en la biodiversidad del río tana.....	41
3.7.5.- Propuesta de alternativas de soluciones.....	42
4.- CONCLUSIONES.....	44
5.- BIBLIOGRAFIA.....	45

1.- INTRODUCCIÓN

La especie *Homo Sapiens*, es decir, el ser humano, apareció tardíamente en la historia de la Tierra, pero ha sido capaz de modificar el medio ambiente con sus actividades. Aunque, al parecer, los humanos hicieron su aparición en África, no tardaron en dispersarse por todo el mundo. Gracias a sus peculiares capacidades mentales y físicas, lograron escapar a las contradicciones medioambientales que limitaban a otras especies y alterar el medio ambiente para adaptarlo a sus necesidades.

Aunque los primeros humanos sin duda vivieron más o menos en armonía con el medio ambiente, como los demás animales, su alejamiento de la vida salvaje comenzó en la prehistoria, con la primera revolución agrícola. La capacidad de controlar y usar el fuego les permitió modificar o eliminar la vegetación natural, y la domesticación y pastoreo de animales herbívoros llevó al sobre pastoreo y a la erosión del suelo.

Mientras las poblaciones humanas siguieron siendo pequeñas y su tecnología modesta, su impacto sobre el medio ambiente fue solamente local. No obstante, al ir creciendo la población y mejorando y aumentando la tecnología, aparecieron problemas más significativos y generalizados. El rápido avance tecnológico producido tras la edad media culminó en la Revolución Industrial, que trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales de la Tierra. Fue con la Revolución Industrial cuando el hombre empezó realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Hoy, la demanda sin precedentes a la que el rápido crecimiento de la población humana y el desarrollo tecnológico someten al medio ambiente está produciendo un declive cada vez más acelerado en la calidad de éste y en su capacidad para sustentar la vida.

Esto nos permite establecer la permanente relación de interdependencia entre los seres humanos y el medio ambiente natural. Actualmente esta relación se enfrenta a cambios radicales y profundos, debido a importantes factores, entre los cuales podemos mencionar: el proceso de industrialización creciente en el mundo; una mayor concentración urbana en los diversos países; el uso de una mayor y más compleja tecnología y una población mundial cada vez más numerosa:

Los índices relacionados con el aumento poblacional y el modelo de desarrollo basado en el consumo, están provocando una aguda sobreexplotación de los recursos naturales, los que se exponen a su agotamiento y por lo tanto, a un serio desequilibrio con el ambiente natural. Frente a esta situación que se cierne como amenaza a la supervivencia del hombre, cada vez más la humanidad toma conciencia de los problemas ambientales, pero la falta de conocimientos y competencia respecto a las causas, efectos, posibles soluciones y prevención de los diversos problemas, dificulta la realización de acciones que permitan ir mejorando la situación actual (*Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I.*)

Para ello el principio #19 de la Conferencia de Estocolmo 1972 establece: “*Es indispensable una labor en cuestiones ambiental dirigida a las generaciones jóvenes como a las adultas, para ensanchar las bases de una opinión pública bien*

informada y propiciar una conducta en los individuos, de empresas y de las colectividades inspiradas en el sentido de responsabilidad en cuanto a la protección y mejoras del medio en toda su dimensión humana". (Blas, 1991:P-58).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), organismo establecido en 1972 por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para promover la cooperación internacional en materia medioambiental, se ocupa del seguimiento constante del entorno, enmarcado en un programa conocido como Vigilancia de la Tierra. Su Consejo de Gobierno, formado por representantes de 58 estados miembros, se reúne cada dos años, y el Comité Administrativo para la Coordinación realiza una labor de enlace con otras agencias de la ONU y programas relacionados. La sede de la organización se halla en Nairobi (Kenia).

Desde a finales de la década de los 60 se comienza a hablar de medio Ambiente quedando definida en el Congreso de Moscú (1987) como.: *"Un proceso permanente en el que individuo y la colectividad cobra conciencia de su medio, adquiere los conocimientos, los valores, las competencias, la experiencia y la voluntad, capaces de hacerlos actuar individual y colectivamente para resolver los problemas actuales y futuros del medio ambiente". (Blas, 1991:93).*

En junio de 1992, la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, también conocida como la Cumbre de la Tierra, se reunió durante 12 días en las cercanías de Río de Janeiro, Brasil. Esta cumbre desarrolló y legitimó una agenda de medidas relacionadas con el cambio medioambiental, económico y político. El propósito de la conferencia fue determinar, qué reformas medioambientales era necesario emprender a largo plazo, e iniciar procesos para su implantación y supervisión internacionales. Los principales temas abordados en estas convenciones incluyeron el cambio climático, la biodiversidad, la protección forestales.en la Agenda 21 (un proyecto de desarrollo medioambiental de 900 páginas) y la Declaración de Río (un documento de seis páginas que demandaba la integración de medio ambiente y desarrollo económico). La Cumbre de la Tierra fue un acontecimiento histórico de gran significado, no sólo hizo del medio ambiente una prioridad a escala mundial, sino que a ella asistieron delegados de 178 países, lo que la convirtió en la mayor conferencia celebrada hasta ese momento.(© 1993-2005 Microsoft) , (Microsoft ® Encarta ® 2012).

Cinco años más tarde de la Cumbre de Río y 20 años después de la Conferencia de Tibilisis, se celebró en Grecia de 1997 la Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente y Sociedad. Esta conferencia organizada por la UNESCO y el país anfitrión reunió alrededor de 1200 expertos de 84 países. (© 1993-2005 Microsoft), (Microsoft ® Encarta ® 2012).

En diciembre de 1997 se celebró en Japón la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre cambio climático, donde más de 160 países adoptaron el denominado Protocolo de Kyoto.Este Tratado establece que los países industrializados deben reducir, antes del año 2012, sus emisiones de gases causantes del efecto invernadero a niveles de un 5% más bajos de los registrados en 1990.El Protocolo de Kioto entró en vigor en febrero del 2005.

En diciembre de 1999, la Comisión Permanente del Protocolo de Montreal anunció que la mayor parte de la producción de sustancias que dañan la capa de ozono se

había eliminado en los países industrializados. (© 1993-2005 Microsoft), (Microsoft ® Encarta ® 2012).

Entre el 26 de agosto y el 4 de septiembre de 2002, diez años más tarde de que tuviera lugar la primera Cumbre de la Tierra, se celebró en la ciudad de Johannesburgo la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, conocida también como Río+10. Asistieron representantes de 191 países y se acordó un Plan de Acción que incluía el compromiso de reducir el número de personas que no tienen acceso al agua potable. (© 1993-2005 Microsoft), (Microsoft ® Encarta ® 2012).

España participa de la Convención de Ramsar sobre humedales, con 49 designados hasta 2004, tiene declarados varios sitios naturales Patrimonio de la Humanidad y ZEPA (garantizados por la red Europea Natura 2000), y 27 reservas de la biosfera en Marzo de 2005, ha ratificado varios acuerdos ambientales internacionales, como el Protocolo de Kioto y el Tratado Antártico, y otros relacionados con la contaminación atmosférica, la biodiversidad, los cambios climáticos, las especies en peligro de extinción, los residuos y vertidos peligrosos, la vida marina, los ensayos nucleares. (© 1993-2005 Microsoft), (Microsoft ® Encarta ® 2012.).

El interés por la protección del medio ambiente en nuestro país esta centrado en la salud y bienestar del hombre, el cual es el agente causal de la continua degradación de medio ambiente y al mismo tiempo la víctima principal y el recurso máspreciado de la naturaleza, por ello en la Constitución de la República el artículo # 27 plantea que... *“El estado protege al medio ambiente, los recursos naturales del país. Reconocen su estrecha relación y vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para ser más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar, la seguridad de las generaciones actuales y futuras”*. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. (Constitución, 1992,p- 15).

Es necesario señalar que las sociedades de consumo son las responsables fundamentales de la atroz destrucción del medio ambiente. Ellas nacieron de las antiguas metrópolis coloniales y de políticas imperiales que, a su vez engendraron el atraso y la pobreza que hoy agotan a la mayoría de la humanidad.

Ellas consumen las dos terceras partes de los metales y las tres cuartas partes de la energía que se produce en el mundo. Han envenenado los mares y ríos, han contaminado el aire, han debilitado y perforado la capa de ozono, han saturado la atmósfera de gases que alteran las condiciones climáticas con efectos catastróficos que ya empezamos a padecer”.

La solución no puede ser impedir el desarrollo a los que más lo necesitan.

...“Si se quiere salvar la humanidad de esa autodestrucción, hay que distribuir mejor las riquezas y las tecnologías disponibles en el planeta, menos lujo y menos despilfarro en unos pocos países para que haya menos pobreza y menos hambre en gran parte de la tierra (Castro R. F Brasil en 1992),

La contaminación ambiental, como problema derivado del desarrollo e industrialización, es uno de los temas más debatido en la actualidad, sobre todo en los países desarrollados, en la mayoría de los cuales existen regulaciones gubernamentales que controlan el grado de contaminación producidos por las industrias. También el desarrollo de la humanidad ha arribado a una etapa en la que el hombre, principal impulsor de la Revolución Científico Técnica ha adquirido la facultad de transformar el entorno de múltiples maneras, por lo que resulta necesario

garantizar, tanto el aspecto natural como artificial del medio ambiente. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I.).

Entre los residuos líquidos que más afectan la vida, tanto animal como vegetal, se encuentran los de la industria azucarera y sus derivados, por sus elevados volúmenes, composición y propiedades altamente agresivas. La producción indiscriminada de estos residuos ocasiona severos desequilibrios ambientales que amenazan la integridad de los ecosistemas e incrementan el daño al patrimonio natural, social, económico y cultural de los habitantes del planeta: (ED. Científico técnico, 1989).

Nuestro país es uno de los mayores productores de azúcar en el mundo. Los residuos gaseosos de estas fábricas de producción de azúcar no provocan afectaciones de consideración, pero los líquidos, sobre todo, son preocupantes, por el alto nivel de materia orgánica que aportan, además, otros elementos químicos que pueden crear serias afectaciones, cuyas consecuencias pueden ser imprevisibles, para los cuales la salud y el bienestar del hombre es lo fundamental. (CITMA. 1990).

Cuba lleva a cabo programas importantes para la protección del medio ambiente, es por eso, que se desarrollan programas de estudios para el tratamiento de líquidos y sólidos residuales de estas producciones, con el fin de establecer procedimientos que permitan disminuir o reducir, hasta niveles permisibles, las cargas contaminantes de estas materias, sin involucrar excesivos costos de inversión, operación y mantenimiento (Guillermo N. A. 1982).

Actualmente y pese a los cambios que se operan dentro del Sistema Económico Internacional(SEI), de los que Cuba no puede estar ajena, le corresponde a la agro-industria azucarera continuar el desarrollo y la diversificación de la producción, para el cual se deberá, entre otros aspectos, elevar la eficiencia industrial de forma integral, apoyándose en los avances de la ciencia y la técnica y la estricta aplicación de la disciplina tecnológica, por ello, el Partido Comunista de Cuba(PCC), en su programa subraya la necesidad de acelerar aún más la asimilación del proceso científico técnico, al aunar los adelantos de la Revolución Científico Técnica con las ventajas del socialismo (Taiguamides, E.P. 1986).

La provincia de las Tunas, ubicada en la parte oriental de nuestro país, tiene como principal actividad económica la industria azucarera y sus derivados dentro de los que se encuentran, tres centrales azucareros, destilerías de alcohol, fábrica de levadura torúla, fábricas de tableros de bagazo, plantas de cera, fábricas de ron, planta de furfural y una de alimento animal. Esto ha traído como consecuencia que la industria azucarera se convierta en la principal fuente de contaminación del territorio, lo que ha provocado serias afectaciones a la flora y la fauna, principalmente a las especies acuáticas que habitan en ríos y mares. (INCA. MES. 1988).

La Industria Azucarera "Colombia", ubicado al sur de la provincia Las Tunas, que a pesar de tener un sistema de tratamiento, sus residuales van a parar al río Tana, provocando fuerte contaminación en muchas de sus partes, lo que trae como consecuencia serias afectaciones a la flora y a la fauna del lugar, también las aguas del río Tana, son aprovechadas mediante estaciones de bombeo, en el riego para la agricultura, como fuente de abasto a la Industria Azucarera en el proceso fabril, y por distintas personas que residen en los alrededores de este, para satisfacer diversas necesidades.

Con la construcción de la industria azucarera, no se diseñó un sistema de evacuación de sus aguas residuales de forma eficiente y sostenible, a través de lagunas de oxidación, lo que ha provocado durante largo tiempo la contaminación de una parte de la Cuenca Hidrográfica del río Tana (principal fuente de abasto de agua superficial de la Industria, y las comunidades habitacionales de su entorno que forman el ecosistema).

En las últimas décadas, la carga de contaminación se ha incrementado paulatinamente, provocando que esta situación requiera de una atención priorizada por los impactos negativos que tienen lugar en los ecosistemas del entorno, por la no existencia de un sistema eficiente de evacuación de los altos volúmenes de residuales líquidos derivados del proceso fabril durante la etapa de molienda, provocando que en ocasiones se vierten volúmenes de estos residuales al río Tana, incrementando los niveles de contaminación del ecosistema y violaciones de las normas establecidas sobre el cuidado y conservación del medio ambiente.

2.- TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

2.1.- Tecnología de producción de azúcar y sus derribados. Impacto sobre el medio ambiente.

Desde el siglo XVI y a través de procedimientos artesanales se obtiene azúcar aunque no con las características físico – químicas de la que se produce hoy, pues muchos cambios se han operado en la fabricación de azúcar para llegar a la tecnología actual, aún cuando el objetivo primordial sigue siendo el mismo, esto es, que una materia prima con alto contenido de azúcar, extremadamente susceptible a la fermentación y descomposición, se ha transformado por un proceso de concentración a un proceso final conservable que mantenga la principal cualidad del valioso ingrediente: la dulzura.

En Cuba, se logra la primera licencia para fabricar azúcar por España en 1576 aunque según se reporta no es hasta 1596 en que se instala verdaderamente el primer ingenio y con los años fue convirtiéndose poco a poco en uno de los principales países productores del mundo.

En las condiciones actuales la industria azucarera, producto a los altos niveles de mecanización en las labores de cultivo y cosecha de la caña de azúcar, los factores climáticos, las condiciones agroquímicas en que se desarrolla la planta y la asimilación de variedades más resistentes y productivas, ha tenido que enfrentar a una materia prima con características muy diferentes, siendo el criterio de muchos técnicos azucareros, de que los problemas industriales que estos cambios han traído aparejado se resolverían e incluso, los resultados serían mejores, si la caña de azúcar a procesar por la industria tuviera la calidad de décadas anteriores al disponerse de un equipamiento superior y la calificación más alta del personal encargado de esta actividad.

Esta posición resulta cómoda, si de lo que se trata es de buscar soluciones que permitan lograr resultados superiores, despojándose de falsas posiciones que lejos de enfrentar el problema lo agudizan y dar respuestas a consideraciones prácticas que a través de una continua posición resulta cómoda y de lo que se trata es de buscar soluciones que permitan lograr resultados superiores, despojándose de falsas posiciones que lejos de enfrentar el problema lo agudizan y dar respuestas a consideraciones prácticas que a través de una continua repetición se han convertido en una regla confirmada.

La materia prima que procesan nuestros centrales azucareros es la caña azúcar y el proceso de producción comprende diferentes etapas:

- Preparación de la caña.
- Extracción del jugo.
- Purificación del jugo.
- Concentración del jugo.
- Cristalización.
- Centrifugación.
- Peso y envase.

Por otra parte, en la industria azucarera esta basado el desarrollo económico de nuestra nación; de aquí la importancia que reviste, pues, aunque la producción de

azúcar de caña es el principal renglón que se extrae de esta industria, no es único que reporta riquezas al país.

Desde 1959, comienza a realizar estudios con el objetivo de incrementar los productos que se podían extraer de la caña de azúcar. Actualmente se obtienen un gran número de derivados, dentro de los que se pueden mencionar: papel, cartón, y fibras textiles a partir de la celulosa de la caña o bagazo, de las mieles que no cristalizan más azúcar, se obtiene la levadura, que es utilizada en la alimentación del ganado. Además, a partir del bagazo se están obteniendo tableros y maderas artificiales para la fabricación de muebles, furfural, la paja se utiliza como abono, el cogollo como alimento para el ganado, de la cachaza se extraen subproductos para fertilizantes y ceras, entre otros, que marcan la importancia de esta industria para el país.

Lograr la sostenibilidad en el desarrollo es la opción para enfrentar sus efectos, requiriéndose que las actividades económicas y sociales no afecten ni degraden irreversiblemente los recursos naturales, ecosistemas, riquezas y valores ambientales, tanto a escala provincial, nacional, regional o global. (García, A y Obaya, M. C. "Revista ICIDCA. Volumen XIX, No 2 1985).

La producción azucarera es la más importante del país y cuentan con una red de instalaciones industriales a todo lo largo y ancho de la isla, produciéndose grandes volúmenes de agua residuales que son vertidos, en la mayoría de los casos, en las lagunas de estabilización, las cuales funcionan con poca eficiencia o algunas que se utilizan en la fertirrigación. (Standard methods ,and Wastewater. 1971).

Los afluentes procedentes de la industria azucarera y sus derivados están constituidos por todos los desechos líquidos originados en las operaciones y en los procesos de fabricación. Los volúmenes aportados, sus propiedades y composición, dependerá no sólo del origen y procedencia de los afluentes, sino del grado de eficiencia en los procesos de fabricación y la metodología en los procesos industriales.

Las aguas residuales contienen millones de microorganismos y gran número de sustancias y compuestos orgánicos que al acumularse unos y transformarse otros afecta el medio ambiente.

El principal efecto adverso sobre las corrientes receptoras es provocado por las materias orgánicas que contienen, en particular las disueltas, que disminuyen el oxígeno disuelto en el seno del líquido receptor. Cualquier corriente puede utilizarse para arrastrar los residuales, siempre que los materiales descargados en el agua receptora no pongan en peligro el sistema ecológico de esa región. "Revista ICIDCA. Volumen XIX, No 2- 1985).

El impacto que sobre el medio ambiente tiene el vertimiento indiscriminado de esas aguas residuales es negativo ya que ocasiona grandes daños económicos y sociales, históricamente el hombre ha utilizado el ambiente para descargar los desechos de su actividad biológica, social e industrial, luego los residuales interactúan con el sistema natural y su impacto estará determinado por la capacidad del medio para asimilarlo de acuerdo con su magnitud, carácter físico químico. (García, A y Obaya, M. C. "Revista ICIDCA. Volumen XIX, No 2- 1985).

Cuando las aguas receptoras no tienen la capacidad suficiente para lograr una buena dilución de las sustancias orgánicas, se necesita un tratamiento antes de ser vertidas, porque su peligro no está en el efecto económico directo sino en el efecto

indirecto, ya que cuando se contaminan las aguas superficiales y/o subterráneas surge una amenaza de alcance impredecible para la salud del hombre, así como trastorno de la producción, la agricultura y la propia economía del agua' (*Salroca, D.F. 1995*).

Los recursos hídricos en nuestro país están afectados en cierta medida por la descarga de residuales procedente de los asentamientos humanos, la actividad agropecuaria e industrial, alguno de ellos con tratamiento deficiente. Si se tiene en cuenta que, nuestro principal renglón, es la industria azucarera, que aporta la mayor contaminación nacional mediante la elaboración de azúcar y sus derivados y que nuestro país, por ser una isla larga y estrecha, no posee grandes ríos, además de poseer una plataforma insular con cuantiosos recursos pesqueros, se hace necesario un riguroso control sobre aquellos efluentes que puedan contaminar sus aguas.

Los ríos poseen la característica de auto depurarse, lo que significa que junto con el consumo de oxígeno, producto de la respiración aerobia de las formas vivientes que en el subsisten, habrá una reoxigenación debido a la disolución de oxígeno atmosférico producto a la turbulencia dada por la corriente y la acción fotosíntesis de las algas presentes.

Durante las horas de sol la oxigenación será mayor que durante la noche. Esta es mucho más aguda cuando se trata de ríos poco caudalosos; la velocidad de reoxigenación del río dependerá, fundamentalmente, de la diferencia entre la concentración de oxígeno presente y la saturación de la temperatura prevaleciente.

Los programas de desarrollo económico y social que acomete el territorio, contienen elementos de protección del medio ambiente y desarrollo sostenible. En el programa provincial, en la parte relacionada con la protección de los recursos hidráulicos, la calidad del agua y los ecosistemas, se plantean dos elementos esenciales: la necesidad de estudiar siete ríos de la provincia que reciben la mayor carga de residuales de la industria azucarera y derivados, entre los cuales se encuentra el río Tana y la necesidad de minimizar el efecto negativo que produce esta industria.

2.2.- Contaminación de las aguas provocada por los residuos derivados de las industrias azucareras

Cuando el hombre primitivo comenzó a asentarse en las comunidades agrícolas, los ecosistemas del planeta mantenían su equilibrio y permanecían prácticamente iguales por largos periodos de tiempos, que transcurrió desde la comunidad primitiva hasta la sociedad esclavista y feudal. Según se generaliza, las diversas formas de producir hasta ese momento no influyeron en la contaminación del suelo, el agua, el aire, aunque el hombre vertía todos sus residuos en ellos.

El impacto del hombre sobre el medio ambiente se realizaba mediante diversos tipos de producción agropecuaria, pero este impacto fue prácticamente insignificante.

Con la Revolución Industrial la sociedad se desarrolló, asegurándose un aprovechamiento más amplio y profundo de la naturaleza, por lo que el avance de la tecnología llevaba el germen de la contaminación del medio ambiente y las aguas del planeta se convertían en el vertedero natural de las actividades del hombre.

Actualmente la acción del hombre sobre la naturaleza abarca todo el planeta, pero en este notable incremento de las actividades humanas, crece el peligro de

influencia incontrolable sobre el medio natural, tal como la contaminación del aire, el suelo y el agua, fundamentalmente como resultado de las actividades industriales, pues la disposición de residuales constituye una unidad antagónica del uso del medio acuático. Como el agua tiene una enorme capacidad para auto depurarse, se ha utilizado en este criterio para justificar el vertimiento de sustancias de desechos en ríos, zanjas, embalses, y en el mar.

Los recursos naturales son elementos y fuerzas de la naturaleza que el hombre puede aprovechar y utilizar. Estos recursos presentan fuentes de riquezas para la exportación económica, ejemplo: los minerales, los animales, el suelo y las plantas, que constituyen recursos naturales que el hombre puede utilizar directamente como fuentes de explotación. De igual forma los combustibles, el aire y el agua pueden ser utilizados como recursos naturales para la producción de energía, pero la mayor utilización de un recurso natural depende del conocimiento que el hombre tenga al respecto y de las leyes que rigen su conservación.

La conservación del medio ambiente debe considerarse como un sistema de medidas sociales, socioeconómicas y técnicas productivas dirigidas a la utilización racional de los recursos naturales, la conservación de los complejos naturales típicos, escasos o en vía de extinción, así como la defensa del medio ambiente ante la contaminación y la degradación. (Cuevas, J. 1982).

Cada ecosistema constituye un conjunto interdependiente de elementos que podemos dividir en dos componentes principales: el biótomo (hábitat de las distintas especies presentes en el área) y la biocenosis (conjunto de comunidades animales y vegetales que habitan en determinado lugar o biótomo).

Las especies animales y vegetales tienen distintos requerimientos de luz, humedad, temperatura, agua, suelo, que son características de un determinado tipo de biótomo. Las posibles alteraciones ocasionadas provocan una serie de impactos negativos sobre las comunidades de los organismos que constituyen la biocenosis.

El agua: al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. Constituye más del 80 % del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; desempeña un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y sirve de hábitat a una gran parte de los organismos. (Cuevas, J. R. 1982).

Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos y debido al aumento de las necesidades de ellas, por el continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger este recurso y evitar toda la influencia nociva sobre las fuentes de preciado líquido. (Funcase-Chile. 1995).

Es una práctica acostumbrada, el ubicar industrias y asentamientos humanos a la orilla de las corrientes de agua, para utilizar dicho líquido, y al mismo tiempo, verter los residuales del proceso industrial y de la actividad humana. Esto trae como consecuencia la contaminación de las fuentes de agua y, por consiguiente, la pérdida de grandes volúmenes de este recurso (CITMA 1996).

La contaminación del agua no es más que, la incorporación al agua de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos o aguas residuales.

Se habla de contaminación del agua cuando se han cambiado sus propiedades de tal manera que ya no puede ser utilizada sin causar problemas.

Existen dos tipos de desechos que contaminan las aguas;

Los desechos orgánicos, dentro de los que podemos señalar los de la industria azucarera, que aporta la mayor fuente de contaminación nacional. (*Diaz, B. R UCLV. 1987*), (*Sawyer, C.N. , And Mc Carty, P.I.*).

Los residuos gaseosos de estas industrias no provocan afectación de consideración, pero los residuales líquidos, sobre todo, pueden ocasionar serias afectaciones al medio ambiente (*Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.*).

Los desechos de la industria azucarera son biodegradables, es decir que pueden ser degradados (descompuesto) por microorganismos que viven en las aguas naturales. Gran parte de estos microorganismos necesitan oxígeno para la degradación. Este proceso es comparable con el ciclo de la sustancia alimenticia (*Chile. 1995*). (*CITMA. 1996*).

Se considera que la contaminación es alta cuando las cantidades de desechos orgánicos son tan grandes que los microorganismos no alcanzan para realizar toda la degradación o descomposición; el gran peligro que encierran estos desechos no degradados, es de ser transformadores de una gran carga de agentes infecciosos, capaces de originar enfermedades. Cuando hay demasiado desecho y poco oxígeno en el agua, la flora y la fauna mueren, produciendo cursos de agua sin presencia de vida.

Cuando los residuales son descargados en un medio acuático son atacados por microorganismos y se descomponen en sus constituyentes inorgánicos, asimilando el oxígeno disuelto de las aguas durante el proceso. Si esto ocurre en aguas receptoras con poco movimiento en su masa, puede ocurrir que el oxígeno demandado sea mayor que el contenido en el agua, y de esta forma, al agotar el oxígeno disponible perecen casi todas las formas de vida acuática que allí se encuentran (*Travieso, L. CNIC. 1995*).

El peligro de las aguas residuales no está en su efecto económico directo, sino en el efecto indirecto, ya que cuando se contaminan las aguas superficiales y subterráneas surge una amenaza de alcance impredecible para la salud de la población, así como trastornos en la producción, la agricultura y la propia economía del agua.

La ecología tiene como tarea fundamental el estudio de la interacción de las plantas, los animales y el hombre, con el ambiente que lo rodea. Sirve como base científica para ampliar de modo racional y a la vez, proteger los recursos naturales, así como para optimizar la interacción del hombre con su medio de vida. La contaminación de las aguas es una de las cuestiones más serias de la ecología. El equilibrio ecológico se altera hasta tal punto que el agua se torna peligrosa para la vida.

2.3.- Sistemas de tratamiento de los residuales de la industria azucarera

El tratamiento de los residuales de la industria azucarera y de sus plantas de derivados reviste gran importancia, ya que por una parte estos residuales o efluentes podrían considerarse como materias primas en producciones de gran valor, tales como biogás y los lodos fertilizantes o aplicados directamente, como componentes

de dietas de nutrición animal y para la fertilización o enmienda orgánica de los suelos, además del ahorro de agua que lleva implícito. Por otra parte, eliminar la contaminación que ocasiona, sirve de apoyo adicional a la investigación y al estudio de las diferentes opciones para el tratamiento y aprovechamiento más eficaz de los efluentes de esta industria.

En general se pueden plantear diferentes alternativas para el uso y reciclaje de las aguas residuales de la industria azucarera, dentro de ellas podemos mencionar:

- Obtención de proteínas unicelular.
- Utilización para la producción de gas combustible.
- Recirculación al proceso de aguas condensadas.
- Fertirriegos.

Obtención de proteína unicelular a partir de los residuales de la industria azucarera: tanto los residuales como sus derivados pueden utilizarse como sustratos para la producción de proteína unicelular y el efluente líquido resultante podría ser empleado en regadíos o para el mejoramiento del suelo, de ser aceptable a las características del mismo o de lo contrario someterse a un tratamiento adicional antes de verterse a un curso receptor.

Se han realizado estudios sobre la producción de proteína unicelular a partir de los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados, los que han corroborado la fiabilidad de efectuar este proceso con efluentes.

Los resultados desarrollados en este sentido, que para el residual azucarero con una Demanda Química del Oxígeno (DQO), de 14 278 mg/l y la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) de 5 889 mg/l se pueden someter a una sedimentación primaria que proporciona una eficiencia de remoción del 32 % para la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) y de 37 % para la Demanda Química del Oxígeno (DQO), y posteriormente una fermentación de los residuos utilizando una población mixta de levaduras (Y-900/CNIC) y bacterias presentes en el residual; seguidamente se efectúa una precipitación mediante hidróxido de calcio. El proceso anterior contribuye a lograr una máxima productividad de masa en el sistema y se obtiene así como una masa seca total con un 20 % de proteína y un 37 % de fosfato de calcio. La composición relativa de los aminoácidos es superior a la sugerida, aunque el contenido de fosfato de calcio es alto, resulta útil para la alimentación de gallinas ponedoras, existiendo la posibilidad de producir 50 000 T de biomasa por zafra con un costo mínimo.

Utilización para la producción de gas combustible: en los últimos años, se han desarrollado un grupo de investigaciones encaminadas a la caracterización y estudio de la degradación químico biológico de las aguas residuales industriales. Son muy variadas y novedosos los procesos que se encuentran aún en etapa de investigación desarrollo y en estudios de plantas piloto, que se debe conocer que aporte tendrían sus aguas residuales para evitar los daños de la inadecuada disposición. Es por ello que se han profundizado que el aprovechamiento de los lodos producido durante la sedimentación de las aguas residuales industriales, en la utilización de la fermentación alcohólica, en la alimentación de ganado y en la producción de biogás.

Utilización para la producción de biogás combustible. La producción de biogás a partir de los residuos de la industria azucarera y sus derivados es factible, ya que se

pueden sustituir cantidades considerables de fuel oil. A partir de estos es posible obtener una producción de biogás anual aproximadamente de 70.106 Nm³ de metano, equivalente a 52 000 t de petróleo, así como también un residuo digerido (abono).

Recirculación al proceso de aguas condensadas: las aguas condensadas son las que proceden de la recolección de los productos obtenidos en los diferentes equipos de calentamiento y evaporación de la fabricación. En ocasiones hay unos grandes desperdicios de estas aguas de alta calidad, que ocasiona pérdidas de recursos económicos e incrementan el caudal de aguas residuales, lo que se puede evitar dotando a los centrales azucareros de las instalaciones adecuadas que permitan almacenar y distribuir correctamente esta agua. Se plantea que el máximo uso de los condensados mediante una correcta recirculación, se puede lograr una eliminación total o parcial de las aguas crudas en los centrales azucareros.

La cantidad de condensados que se forman en el proceso de condensación se componen de:

El condensado de vapor de escape en los evaporadores.

El condensado asignado por el uso de vapor secundario del múltiple efecto en otros equipos, por ejemplo; en los calentadores primarios.

El condensado producto del uso del vapor de escape en calentadores rectificadores, tachos y otros consumidores. (*Espinosa, P.R. 1990*).

Según lo expresado anteriormente sobre el consumo de agua en la industria azucarera, el condensado recolectado tiene dos usos fundamentales de acuerdo con su calidad. Se recomienda que los condensados provenientes de los tachos, pre-evaporadores y primeros vasos del múltiple, se utilicen para alimentar calderas; mientras que los condensados de los calentadores y últimos vasos del múltiple, se utilicen para satisfacer las necesidades tecnológicas.

Utilización en el fertirriego: los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados son fuentes de contaminación ambiental por su contenido de materias orgánicas.

Estos residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo y potasio y otros nutrientes beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, constituyen valiosos recursos para regar y fertilizar la caña de azúcar y otros cultivos.

El Grupo Azucarero interesado en hacer uso adecuado de esos nutrientes y para eliminar la contaminación ambiental, ha establecido el fertirriego con residuales azucareros en todas las unidades de producción que dispongan de esas aguas y sea posible la instalación del sistema de fertirriego.

Para obtener los máximos beneficios económicos y lograr eliminar la contaminación ambiental, es necesario que el fertirriego se establezca tomando en cuenta normas y principios que son imprescindibles cumplir. Si esas normas y principios se desconocen y no se aplican los resultados pueden ser perjudiciales al suelo y a las plantaciones y se afectaría aún más el ambiente.

Con el objetivo de lograr que el fertirriego con residuales azucareros produzca los máximos beneficios se recomienda que su uso se realice luego de su total tratamiento con plantas específicas.

Se tomarán tres muestras durante el día en espacios de tiempo equidistantes (a las 6:00 am, a las 12:00 m y a las 6:00 pm) durante tres días consecutivos.

Para ello se utilizarán los criterios de (*Brasil 1948*). (*Richards 1954*), (*Israel sen y Hansen 1967*), (*Jackson 1970*) y (*Pizarro 1985*).

En Cuba, el desarrollo alcanzado por la industria azucarera y sus derivados en los últimos años ha hecho posible que el volumen de las aguas residuales haya aumentado considerablemente. Anualmente, 47 millones de metros cúbicos de aguas residuales de la industria azucarera son vertidos en el ambiente, lo que equivale al nivel de contaminación que produciría una población de 8 millones de habitantes. Ello, unido a la protección y preservación del medio, contribuyó de manera decisiva a que a partir de los años 80, se realizaran estudios encaminados al aprovechamiento de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados.

La contaminación influye directamente sobre la salud del hombre y en el deterioro de sus recursos naturales, por lo que deben aplicarse las medidas necesarias para disminuir los efectos y evitar que nuestro país atraviese por las grandes dificultades que sufren actualmente muchos países industrializados.

Es recomendable hacer un estudio de las aguas residuales de cada fábrica de azúcar, en el cual deben determinarse los volúmenes que se producen y su composición química. Este debe incluir las determinaciones de potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cloruro (Cl), carbonatos (CO₃), bicarbonatos (HCO₃), sulfatos (SO₄), materia orgánica, fósforo total (P), nitrógeno total (N) y la relación de absorción de sodio (RAS).

Las aguas residuales de la industria azucarera surgen por el conjunto de residuos líquidos de la materia prima, con restos de sustancias incorporadas al proceso de fabricación, más las aguas de desecho destinadas a la limpieza periódica de los órganos de fabricación. Que consume agua por dos vías diferentes: (*ver anexo IX*).

Agua vegetal: Es la que entra a la fábrica formando parte de la estructura de la caña de azúcar.

Agua cruda: Es la que entra al central procedente de fuentes tales como: pozos, ríos y presas.

El agua vegetal alcanza proporciones del 70 % del peso de la caña de azúcar. Cierta proporción de dicha agua es recuperada en el múltiple efecto y en los calentadores primarios en forma de condensado vegetal, esta denominación se debe precisamente al hecho de que proceden del agua contenida en la caña originalmente (*Cox. Ch. R. 1978*).

El condensado así obtenido puede a su vez ser clasificado como condensado vegetal contaminado o condensado vegetal no contaminado. El condensado vegetal no contaminado estará apto para ser utilizado como agua de alimentación de las calderas de generación de vapor, mientras que el condensado contaminado no será apto para este uso, porque provoca deterioro a dichos equipos, motivo por el que debe ser empleado como:

- Agua de imbibición en los molinos
- Agua de lavado en los filtros.

- Agua para la preparación de la lechada de cal.
- Agua para la purga de las templas en las centrifugas.
- Agua para la dilución de las mieles A y B.

Para estos consumos fundamentales se debe emplear condensado vegetal, pues de otro modo habría que emplear agua cruda, la que resultaría perjudicial al proceso tecnológico, debido a su contenido de sales y otras sustancias que en definitiva, van a parar a la superficie de los equipos de intercambio de calor, lo que favorece la formación de incrustaciones en ellos.

Del total del agua vegetal que entra a la fábrica formando parte de la caña y que dentro de la industria es utilizada para las necesidades del proceso tecnológico, se pueden encontrar.

- Pérdidas inevitables:
 - Agua que se va con el bagazo.
 - Agua que se va con las mieles.
 - Agua que se va con la cachaza.
 - Agua que se va en el azúcar.
 - Agua que se envía a las calderas como reposición de las pérdidas que se producen en el circuito de vapor.
 - Agua que se va hacia los condensadores.
- Pérdidas evitables: son las aguas que van a la zanja, usándose las procedente de diferentes fuentes externas como:
 - Reposición al enfriadero.

Enfriamiento de equipos tecnológicos como bombas de vacío, chumaceras de los tandem, turbogeneradores, cristalizadores, compresores, turbinas varias y sellos de bombas.

Generalmente la mayoría de estos consumos no constituyen pérdidas directas de agua, ya que las mismas se recirculan mediante circuito cerrado. El enfriamiento de las aguas constituye un servicio auxiliar del proceso tecnológico de fabricación de azúcar y tiene como función disminuir la temperatura del agua hasta una temperatura adecuada para ser reciclada y se producen pérdidas de agua por dos conceptos diferentes, por evaporación y por arrastre.

Las corrientes residuales más importantes que se originan en el proceso de fabricación de azúcar crudo son:

Aguas procedentes de la limpieza de los equipos: se originan en los evaporadores y clarificadores, ocasionalmente varían sus características y composición de acuerdo con el volumen de agua. Se dividen en dos corrientes fundamentales:

El ácido y la base utilizados para remover las incrustaciones.

El agua utilizada en el enjuague de los equipos, (esta agua presenta turbidez, color castaño ligero y bajo contenido de materias sedimentales).

Aguas de lavado y limpieza de los filtros de cachaza; son aguas muy agresivas, normalmente contienen impurezas adicionales presentes en el proceso de fabricación. El principal elemento contaminante es la cachaza. Su agresividad

aumenta en función de la concentración de la cachaza, presenta alta turbidez y color gris oscuro.

Rebozos y fugas del sistema de enfriamiento; surgen por rebozos del sistema de enfriamiento, por roturas de este y por fugas en el sistema de impulsión. Son aguas que aumentan su contaminación en la medida que son recirculadas, en virtud de los arrastres del jugo y de pases de este. Su concentración está en función del grado de eficiencia de los separadores; presenta color castaño ligero a oscuro, potencial de Hidrogeno (pH) neutro a ácido y ocasionalmente presencia de sólidos.

Agua de enfriamiento de equipos tecnológicos; son aguas utilizadas, en los puntos de apoyo de las chumaceras, sellos de bombas y otros. Arrastran residuos de lubricación y posteriormente, al escurrir por los pisos de la industria, se convierten en aguas residuales. Sus propiedades dependen del volumen empleado y de la cantidad de lubricantes que arrastren. No son altamente contaminantes desde el punto de vista de la materia orgánica. (*García, A y Obaya, M. 1985*).

Agua de dilución de cachaza.: se originan por la dilución de la cachaza para su conducción. Se utilizan en aquellas industrias donde no existe la recuperación y aprovechamiento de la cachaza, son aguas residuales muy fuertes, que presentan un alto contenido de sólidos, los cuales se depositan fácilmente y originan descomposiciones anaeróbicas.

Otras corrientes de residuales líquidos que se producen ocasionalmente:

Reboso de los tanques de agua vegetal: se producen en aquellas industrias en la que la capacidad de almacenamiento del agua vegetal no es grande y no se tiene buena manipulación de esta.

Limpieza de pisos: en ocasiones como consecuencia de cualquier fuga se procede a limpiar el piso con agua, aportándose de esa manera mayor contaminación a las corrientes residuales. (*García, A y Obaya, M. C.1985*).

Aguas residuales de alto contenido de fuel-oil: se origina por fugas y desperdicios de hidrocarburos por depósitos de almacenaje defectuosos.

Extracciones de la generación de vapor: es un volumen pequeño de alto contenido inorgánico.

La caracterización de un residual líquido trae aparejada la determinación de su composición, de los flujos y concentraciones máximas, mínimas y medias del mismo; de ahí que una tarea de esta índole puede llevar meses de trabajo cuando se desea muestrear bajo diferentes condiciones climáticas, épocas del año y variantes de producción.

La composición de los residuales líquidos industriales depende del tipo de industria en cuestión y aún así, pueden presentar grandes variaciones en dependencia de la tecnología empleada, materias primas, utilización de corrientes de desecho, etc. De aquí que sea prácticamente imposible generalizar. (*Sawyer, C.N., And Mc Carty, P.I.*).

Durante la caracterización de un residual líquido industrial deben efectuarse como mínimo los siguientes análisis, sólidos (todos), Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO), Demanda Química del Oxígeno (DQO), potasio (K), fósforo (P), potencial de Hidrogeno (pH), alcalinidad total (AT), acidez (A), ácidos volátiles, Oxígeno disuelto (OD), color. Constituye un procedimiento para conocer el balance material y de flujo

de todos los procesos de la industria que utilizan agua y producen residuales, así como la industria en su conjunto. Los resultados de la caracterización deben brindar información acerca de la fortaleza contaminante de cada corriente, así como las alternativas del tratamiento de cada una por separado o combinadas y de la posibilidad de su reúso.

El procedimiento recomendado para obtener la información necesaria para la caracterización de un residual y que al mismo tiempo sea confiable, puede resumirse en cuatro etapas:

Primera: Obtener el diagrama de flujo de los residuales.

Este se construye a través de la inspección de todas las operaciones del proceso y con la consulta del ingeniero de la planta, debe indicar los posibles puntos de muestreo y el orden de magnitud del flujo de la corriente de las aguas residuales.

Segunda: Elaborar el esquema de muestreo.

El muestreo óptimo es el continuo, con volúmenes que son una fracción del flujo. Sin embargo, esto casi nunca es factible. Otra posibilidad es el de las muestras integradas o compuestas con una frecuencia de muestreo que se establece de acuerdo con el proceso a muestrear. Algunos procesos continuos pueden muestrearse cada hora por periodo de 8, 12 y 24 horas.

Los análisis a realizar dependen de las características que este tenga y de su propósito. Ejemplo: el potencial de Hidrogeno (pH) debe medirse puntualmente, ya que es posible que la integración, resulte en muchos casos, una neutralización de elementos ácidos y básicos, perdiéndose una información muy valiosa.

Tercera: Balance de flujos y materiales.

Después de realizado el muestreo y los análisis, debe efectuarse el balance de flujo y materiales, tomando en consideración todas las fuentes de contaminación que sean significativas.

Cuarta: Variación estadística de los parámetros.

Esta información se obtiene al graficar en papel probabilística la frecuencia de ocurrencia.

Para conocer y cuantificar el volumen de aguas residuales aportado por la industria azucarera, debe construirse un medidor de caudales y una vez planteadas las medidas para lograr minimizar el volumen o caudal de las aguas residuales de la industria, es necesario tener en cuenta la segregación o clasificación de las corrientes, de manera que se lleve al sistema de tratamiento aquellas que verdaderamente requieran el mismo, teniendo en cuenta el grado de tratamiento que necesitaran (de acuerdo a su poder contaminante) y conducir las restantes, (no contaminadas), a cursos receptores directamente o para otros usos. (*Díaz, B. R. 1987*), (*Ed. Científico técnico 1989*).

De acuerdo con el origen y procedencia de las aguas residuales, estas se clasifican en:

Aguas residuales evitables: Son aquellas que surgen en la industria, independientemente de las medidas que se tomen, aunque son susceptibles de variaciones en los caudales y composición.

Limpieza de equipos u órganos de fabricación de azúcar.

Limpieza de equipos que originan la cachaza.

Aguas residuales no evitables: Son aquellas que existen en mayor o menor grado, en todas las industrias del país, en un mayor volumen y concentración que en otras y pueden ser eliminadas por la aplicación de medidas como:

- Rebozos y fugas del sistema de enfriamiento.
- Dilución de la cachaza seca para su conducción.
- Mieles finales, por derrames.
- Grasas, aceites, fuel-oil, por derrames y fugas entre otras.

Las aguas residuales evitables son de mayor interés al momento de diseñar el sistema de tratamiento, siempre que sean aplicadas todas las medidas mencionadas y podrán clasificarse como:

Aguas residuales débiles: surgen en aquellas industrias donde no existen sistemas de enfriamiento y aireación de las aguas empleadas como refrigerantes de evaporadores, evacuándose al mismo volumen utilizado. Estas aguas estarán en mayor o menor grado, contaminadas en la medida en que se eviten las fugas de jugos azucarados, los cuales las vierten en aguas residuales. La presencia de sólidos orgánicos aunque en pequeñas cantidades, implica su inmediata descomposición y el inconveniente que está relacionado con sus enormes volúmenes.

Aguas residuales evitables fuertes: se originan y proceden del proceso de fabricación e higienización de los locales de trabajo. Sus características y composición varían de acuerdo con el volumen de agua empleada en el lavado de los distintos equipos, el que deberá ser minimizado de acuerdo con lo planteado. (Ed. Científico técnico 1989).

Aguas residuales evitables muy fuertes: se originan en el lavado y limpieza de los elementos filtrantes de las estructuras donde se le extrae la humedad a la cachaza y del lavado y limpieza de otros órganos de fabricación de azúcar, que contienen grandes cantidades de cachaza. Son aguas residuales sumamente agresivas y normalmente contienen impurezas adicionales que existen en los procesos de fabricación. (ED, Científico técnico 1989).

Una vez conocida las características de las aguas residuales industriales y clasificadas, serán integradas al sistema de tratamiento en diferentes fases, de acuerdo al grado de contaminación que presenten. (Díaz, B. R. 1987).

2.4.- Tipos de tratamientos para las aguas residuales y parámetros de control

Los residuos domésticos, por sus propiedades menos agresivas, pueden ser eliminados por el ambiente sin que interfieran en la salud y en el buen desenvolvimiento de la humanidad; otros necesitan ser tratados, pues de lo contrario afectan a la naturaleza causando daños imprevisibles a la flora y la fauna incluyendo al hombre. (Díaz, B. R. 1987).

Todo análisis sobre residuales plantea dos alternativas que son por lo común, independientemente de la decisión final, aparecen íntimamente ligadas, o sea, su tratamiento y su utilización. (Díaz, B. R. 1987).

Al abordar la primera cuestión, se deben tener presente los objetivos que se persiguen con el mismo.

Separar y descomponer la materia orgánica de manera que el producto final del proceso no permita el desarrollo de microorganismos heterótrofos.

Destruir los microorganismos patógenos.

Reducir a niveles permisibles las sustancias o elementos tóxicos. (NC 93/2002).

Si se cumplen estos objetivos el producto final puede ser utilizado con fines agrícolas o industriales, o ser vertidos en una corriente receptora sin alterar el equilibrio ecológico.

Cualquier sistema de tratamiento puede incluir los siguientes procesos:

- Tratamiento preliminar.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Tratamiento terciario.

(Díaz, B. R 1987),(Ed. Científico técnico 1989.(Standard methods For.1971).

Tratamiento preliminar: tiene como objetivo proteger las instalaciones de depuración de residuales y reducir las condiciones que afectan la estética de los mismos, mediante estos se eliminan los llamados sólidos groseros: arena, piedra, papeles, madera, entre otros, estos sólidos por su consistencia pueden ser separados o desmenuzados con equipos de volumen relativamente pequeños. Los tratamientos preliminares o pre-tratamientos más comunes son:

- Rejas.
- Rejillas.
- Cedazos
- Trituradores o rasgadores
- Microfiltros (Benítez, E. 1984),

Tratamiento primario: estos procesos están encaminados a eliminar los sólidos suspendidos, y en algunos casos los coloides, de los residuales líquidos. Esta separación se produce normalmente mediante acción física diferencial de la gravedad al actuar sobre cuerpos de diferentes densidades. (Benítez, E. R. 1984).

Los métodos más importantes son:

- De sedimentación. (Benítez, E. R. 1984).
- De flotación. (Standard methods For. 1971).
- De coagulación. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I. Tercera Edición) (Chemetry for Mc Craw).

Tratamiento secundario: son esencialmente, procesos biológicos de oxidación (a excepción de las lagunas de oxidación anaerobias), donde la materia orgánica putrescible es descompuesta con la ayuda de biomasa en un medio controlado aeróbico, en compuestos estables de composición más sencilla, al límite de transformar muchos de los complejos orgánicos (en especial prótidos y glúcidos),

normalmente presentes en las aguas residuales, en dióxido de carbono, agua y compuestos simples nitrogenados (amoníaco y óxido de nitrógeno). (Verátegui, L. J, Mateo, B.M. 1990).

Dependiendo del grado de tratamiento deseado y de la disponibilidad de área para este, se pueden emplear distintos tipos de tratamiento:

- Por lodos activados.
- Por filtros biológicos.
- Por lagunas de estabilización.

Anaeróbico.

(Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I Tercera Edición). (Mc Craw). (Verátegui, L. J, Mateo, B.M.1980).

De todos los tipos de tratamientos mencionados anteriormente el más empleado en nuestro país es el de las lagunas de estabilización.

Una laguna de estabilización de aguas residuales líquidos: es una estructura simple para embalsar aguas, de poca profundidad entre 1 y 4 metros y con periodos de retención de magnitud considerable entre 1 y 40 días.

Cuando las aguas residuales líquidos son descargadas en lagunas de estabilización, se realiza de forma espontánea, un proceso conocido como auto depuración o estabilización natural en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Las lagunas de estabilización como método de tratamiento nos brinda la posibilidad de un tratamiento eficaz, cuyo costo de operación, inversión inicial y mantenimiento son lo más económico posible, presentando como único problema, la necesidad del terreno.

El diseño de las lagunas dependerá del objetivo que se persiga con respecto al residual en cuestión. El proceso de degradación del residual se lleva a cabo a través de la acción de microorganismos y durante este proceso se reduce en gran medida el número de organismos patógenos presentes en el residual. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I Tercera Edición), (Mc Craw). (Benítez, E. R. 1984).

Estas lagunas suelen estar en condiciones anaeróbicas debido a que la penetración de la luz es muy limitada (de 5 a 15 cm.) y reciben el nombre de lagunas facultativas.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias; las que reciben el efluente de una laguna primaria se llaman secundarias y sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, etc, las lagunas de más allá del secundario también se les suele llamar lagunas de acabado o pulimento, la descomposición orgánica del material residual, puede llevarse a cabo mediante dos vías: Es decir, con o sin presencia de oxígeno libre (Benítez, E. R. 1984), (Del Puerto, Q. C. 1989).

- La aeróbica.
- La anaeróbica.

Los procesos aeróbicos necesitan un suministro continuo de oxígeno y son métodos más eficaces para reducir el contenido orgánico de un material residual líquido. Los microorganismos aeróbicos tienen la facultad de sintetizar nuevo material celular a partir de los residuales que contiene materiales orgánicos complejos. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I Tercera Edición). (Benítez, E. R. 1984).

Por definición, la cantidad de oxígeno requerida para estabilizar el material orgánico en un residual líquido depende de la demanda bioquímica de oxígeno satisfecho durante el tratamiento. Esta Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) será la cantidad de oxígeno que debe ser suministrada a la laguna por vía fotosintética a través de compuestos que tienen oxígeno, tales como: nitratos, sulfatos y fosfatos, para degradar la materia orgánica.

Comúnmente los sólidos en suspensión o en estado coloidal se tratan por métodos aeróbicos y los productos de la descomposición son estables e inofensivos. (Del Puerto, Q. C. 1989).

Las lagunas de estabilización se dividen en tres.

- Aeróbica.
- Anaeróbica.
- Facultativa

(Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I Tercera Edición), (Benítez, E. R. 1984).

Lagunas aeróbicas: son aquellas en las que se degradan los residuales mediante la acción de microorganismos aeróbicos, fundamentalmente bacterias y algas, a través de procesos fotosintéticos que son los encargados de suministrar el oxígeno necesario para que los procesos metabólicos se realicen. Este tipo de lagunas se utilizan para degradar residuales de baja carga orgánica.

Las lagunas aeróbicas se dividen en:

De maduración.

Aireadas mecánicamente.

Lagunas anaeróbicas: son aquellas en las que la digestión no requiere oxígeno disuelto, ya que son las bacterias aeróbicas las que llevan a cabo la degradación del residual orgánico.

El valor de la carga orgánica para este tipo de laguna es de 3 kg/m^3 y normalmente es necesario aplicar un tratamiento aeróbico posterior. Su utilización es algo limitada, ya que si se operan mal crean serios problemas de olores. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I Tercera Edición), (Benítez, E. R. 1984).

Lagunas facultativas: Son aquellas en la que existe una zona aeróbica y una zona inferior anaeróbica. Se encuentran organismos aeróbicos, anaeróbicos y facultativos para llevar a cabo la depuración del residual. La carga orgánica oscila entre 20 y 35 $\text{g/m}^2 \times \text{día}$, con profundidades entre 1.8 y 2.3 m. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I).

En Cuba los meses de menor radiación son Diciembre y Enero con un valor mínimo calculado como un promedio de 4 años de $250 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$. Esta es una de las razones de las excelentes condiciones de los países tropicales para el funcionamiento de las lagunas facultativas. (Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I. Tercera Edición).

El empleo de las lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales que contengan compuestos orgánicos biodegradables está muy difundido por todos los continentes, siendo las más utilizadas en los impactos ambientales.

Las lagunas de estabilización constituyen un tratamiento adecuado en regiones donde:

Existan extensiones de tierra de bajo costo y no aptas para otros fines.

Haya alta incidencia de la luz solar.

No existan posibilidades de mantener en funcionamiento tratamientos intensivos de mayor complejidad tecnológica.

En estas condiciones tienen las siguientes ventajas:

Bajo costo de inversión y operación.

Condiciones muy simples de operación y mantenimiento.

Estabilidad en la operación.

Buena remoción de la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) o Demanda Química del Oxígeno (DQO) y patógenos (*Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I. Tercera Edición*).

Es preciso considerar que la Industria azucarera es una fuente poderosa de contaminación ambiental, por la elevada concentración de materia orgánica de sus residuales líquidos cuyo tratamiento es necesario para la protección del medio ambiente.

El tratamiento físico-químico, aplicado a la depuración de aguas residuales, comprende, generalmente una floculación y una precipitación seguida de una separación sólido líquido que se realiza por decantación o flotación (*Sawyer, C.N. And Mc Carty, P.I Tercera Edición.*) (*García C. C, 1995. P. 89 – 95*).

Además, el problema de contaminación que provoca la industria azucarera y sus derivados en el territorio, es altamente complejo por eso se recomienda la aplicación del Análisis Complejo de Procesos (ACP), para elevar la efectividad de los análisis parciales.

Como se ha planteado anteriormente los sistemas de tratamiento de aguas residuales líquidos pueden ser muy variados; en algunos casos pueden ser etapas muy simples, en otros casos será necesario un tratamiento más complejo y cuidadoso, por lo que el enfoque del tratamiento a emplear debe realizarse con la aplicación del análisis de proceso.

El Análisis Complejo de Procesos (ACP), consiste en un amplio análisis científico técnico - económico de un proceso existente o concebido en lo referente a las posibilidades de realización óptima de los objetivos previstos, por ello constituye un elemento importante para tomar decisiones más científicas y responsables. Es una vía cuantitativa, de la aplicación del mismo se extraen conocimientos metodológicos que permiten un incremento de la efectividad de los métodos de análisis parciales de procesos. (*Ed. Científico técnico 1989*).

Este análisis plantea la elaboración de objetivos económicos en cada industria de forma corriente entre los que se encuentran, de acuerdo a la experiencia acumulada, los siguientes:

Aumento de la calidad y cantidad de los productos elaborados.

Disminución de los consumos específicos y absolutos de materias primas y energía.

Ahorro de fuerza de trabajo.

En nuestro país se han realizado diversas investigaciones por instituciones científicas nacionales, con el propósito de resolver la problemática ambiental causada por los residuales líquidos. En los años de la década de los 80 se construyeron en casi todas las industrias azucareras, lagunas de oxidación aeróbicas o estabilizadores biológicos a un costo de \$ 500 000.00 por cada instalación sin tener en cuenta el precio del terreno. Los estudios realizados por las instituciones científicas han demostrado que en la práctica estos sistemas de tratamiento de residuales líquidos no han funcionado correctamente debido entre otras causas a la alta carga orgánica, volúmenes excesivos de las aguas residuales, con una variabilidad muy alta de sus componentes, lo cual ocasiona grandes fluctuaciones de potencial de Hidrogeno (pH) que afecta el desarrollo normal de la flora microbiana, encargada de la transformación biológica de la materia orgánica, provocando que el mantenimiento sea muy costoso, debido a la deposición de sustancias sólidas en el fondo de las lagunas de oxidación es muy elevado.

2.5.- Contaminación ambiental ocasionada por la insuficiente funcionabilidad del sistema de residuales líquidos de las industrias azucareras

La preservación del medio ambiente es un tema que viene ocupando a la humanidad desde hace bastante tiempo, muchas veces por una razón ética para salvar animales y plantas, otras como un sentimiento neorromántico de vuelta a la naturaleza, otras como un movimiento en contra de la contaminación, algunas otras como elemento de preservación de la salud o como disciplina científica derivada de la biología, y hasta como movimiento político, pero lamentablemente pocas veces como filosofía y como modo de vida.

Se habla de un divorcio hombre-naturaleza suscitado por una tecnología conquistadora, pero que desemboca poco a poco en la fragilidad creciente de una civilización que descuida las bases mismas a partir de las cuales podía desarrollarse" (*ibidem. Marzo 1977- p- 28*).

Algunos países han elaborado legislaciones que garantizan que contaminar sea más caro que no contaminar, lo cual si bien pudiera ser una solución para zonas desarrolladas, no puede extrapolarse al resto de las comunidades porque esta preservación suele limitar la oferta de recursos imprescindibles en estas áreas lo que suele provocar reacciones de rechazo. De cualquier modo, ya comienzan a utilizarse en la jerga jurídica, frases como "delito de lesa naturaleza", "Ecocidio", etc. de marcado carácter ambientalista.

2.5.1.- La contaminación debida a la industria

Pueden dividirse los factores de contaminación derivados de las industrias en directos e indirectos. Los indirectos se relacionan con eventos derivados colateralmente del proceso industrial propiamente dicho tales como la concentración de personas, la construcción inducida de vías de comunicación, la creación de asentamientos humanos en los alrededores, los derivados de la construcción civil,

etc. Entre los factores directos se destacan la contaminación de las aguas, suelos, del aire y los cambios en el entorno sonoro.

2.5.2.- Contaminación ecológica de la fabricación de azúcar

Para un análisis de lo que representa para el entorno la fabricación de azúcar de caña, es necesario primeramente indicar los cambios en el ecosistema resultantes de la construcción civil de la fábrica de azúcar: en una zona poblada de las llamadas "malezas", o con cultivos de diferentes tipo, con cierto grado de equilibrio ecológico, se destruye éste debido al proceso constructivo y la edificación propiamente. Los campos alledaños comienzan a ser invadidos por el cultivo de caña de azúcar casi exclusivamente, lo que trae cambios mucho más extensivos, por el trueque hacia un monocultivo, por una parte y por otra, por la aplicación más o menos masiva de fertilizantes, herbicidas, y en algunos casos riego y frecuentemente con la presencia relativamente abundante de maquinaria.

La aparición del ingenio condiciona también la formación de un asentamiento humano en los alrededores, con cierta concentración humana con sus desechos y su ciclo vital peculiar. Paralelamente se crea una red de carreteras, ferrocarriles y caminos con un flujo más o menos intenso de vehículos que emplean diversos tipos de combustibles, pero fundamentalmente combustibles fósiles.

Aún cuando la fabricación de azúcar no requiere teóricamente de fuentes de agua, en la práctica los requerimientos de este líquido son importantes y se hace necesaria la utilización de alguna fuente de abasto que depende de las condiciones específicas del lugar (de pozo, de lago, de río, etc.); agua esta que será contaminada con derivados del petróleo, materia orgánica proveniente del guarapo, etc.

El alto volumen de biomasa generado por la caña, así como las características del proceso agroindustrial revelan numerosas alternativas para utilizar subproductos y residuales sustitutos de los fertilizantes químicos tradicionales.

Es posible, en las condiciones actuales de nuestro país, controlar las emisiones originadas por la combustión en la industria azucarera sí, en primer lugar se toma conciencia de las necesidades de un control ambiental partiendo de la capacitación.

2.5.3.- Contaminación de las aguas

Se ha estimado que cerca de la mitad del consumo de agua en el mundo se emplea para el funcionamiento de las industrias (4,5 %) del total. Esto es una consecuencia de que el agua es actualmente imprescindible para el desarrollo de la civilización moderna, incluso más que para las civilizaciones antiguas para las que era de por sí decisiva. (1993-2005 Microsoft), (© Encarta © 2006).

La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves del siglo XX. La contaminación se divide en dos grandes grupos: la contaminación puntual y la no puntual. La primera procede de fuentes identificables, como fábricas, refinerías o desagües. La no puntual es aquella cuyo origen no puede identificarse con precisión, como las escorrentías de la agricultura o la minería o las filtraciones de fosas sépticas o depuradoras. Cada año mueren unos 10 millones de personas en el mundo por beber agua contaminada. (1993-2005 Microsoft © Encarta © 2012).

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal (1993-2005 Microsoft® Encarta® 2012).

Los lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a la contaminación.

El agotamiento de los acuíferos en muchas partes del mundo y la creciente demanda de agua producirá conflictos entre el uso agrícola, industrial y doméstico de ésta. La escasez impondrá restricciones en el uso del agua y aumentará el coste de su consumo. El agua podría convertirse en la crisis energética de comienzos del siglo XXI. La contaminación de las aguas dulces y costeras, junto con la sobreexplotación, ha mermado hasta tal punto los recursos de los caladeros piscícolas que sería necesario suspender la pesca durante un periodo de cinco a diez años para que las especies se recuperaran. Si no se desarrollan esfuerzos coordinados para salvar hábitats y reducir el furtivismo y el tráfico internacional ilegal de especies salvajes, muchas de ellas se extinguirán. (1993-2005 Microsoft® Encarta® 2006).

La industria azucarera está extendida a todo lo largo de nuestro país. Está formada por más de ciento cincuenta (150) centrales, doce (12) destilerías, once (11) fábricas de torula, y cuatro (4) fábricas de tableros. Como resultado de los procesos de fabricación de azúcares crudos y refinados y derivados existente, se ha detectado una gran potencialidad de contaminación ambiental, lo cual se enfatiza al localizarse ciento ochenta y cinco (185) focos contaminantes con las consecuentes afectaciones.

Para tener una idea de esta problemática y considerando sólo los efluentes líquidos, puede decirse que los centrales azucareros vierten anualmente 47 millones de m³ de aguas residuales con una Demanda Química de Oxígeno (DQO) entre 3 y 5 kg /m³.

En términos del indicador denominado "Población Equivalente" se ha determinado que la contaminación de los centrales azucareros equivale a la de 10 millones de habitantes.

Los residuales líquidos de los centrales azucareros se originan como resultado de las aguas de condensado, aguas de inhibición o maceración, aguas de enfriamiento y aguas de las limpiezas químicas con HCl y sosa cáustica que se realizan periódicamente para eliminar las incrustaciones en los evaporadores. Estas últimas revisten especial importancia porque aunque no son de gran magnitud comparadas con el resto, sus características químicas (pH, contenido de metales, etc), las hacen potencialmente muy contaminantes. En la actualidad se considera que como promedio, los centrales azucareros vierten entre 0,5 - 0,6 m³ de residuales /toneladas de caña molida.

Entre las soluciones que se han tomado para la disminución del impacto ambiental sobre las aguas en la industria azucarera, se encuentran:

El fertirriego: después de desarenados, desengrasados, y estabilizados en lagunas de estabilización, se han obtenido buenos resultados para el riego con los residuales líquidos.

El proceso UASB: (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) desarrollado en Holanda en 1970. Consiste en reactor de flujo ascendente equipado con un separador de gas/sólidos. En este reactor el tiempo de retención de sólidos depende fundamentalmente de la efectiva separación del gas y los sólidos; también tiene la característica de producir un lodo de forma granular (*Lettinga H.ASCE /San Fco, 1979*).

La tecnología ICINAZ: Formada por un reactor doble etapa (anaeróbico-aeróbico) con un patrón de flujo híbrido en el que se combinan el flujo pistón y la mezcla completa. La anaerobiosis es seguida por un proceso aeróbico y un pulido final de las aguas en una laguna de algas. Produce biogás y descontamina las aguas residuales en el orden de un 90 % de la Demanda Química de Oxígeno

Sistemas de lagunas: El sistema de lagunas de oxidación puede estar formado por lagunas aeróbica, anaeróbicas o facultativas debiéndose tener un control estricto de sus parámetros de diseño con vistas a garantizar un desarrollo adecuado de los procesos de biodegradación que tienen lugar en ellas. (*CENIC "Tratamiento de aguas residuales" Informe Interno. 1983*).

Entre las perspectivas futuras ya se encuentra constituido un grupo ministerial formado por expertos de diferentes organismos que han realizado un inventario nacional y la determinación de focos contaminantes así como la determinación de los recursos necesarios para acometer las soluciones ingenieras requeridas.

3.- CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE Y EVALUACIÓN LA CARGA CONTAMINANTE OCASIONADA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TANA.

Para cumplimentar el objetivo de esta investigación se siguió un procedimiento que incluyó la realización de encuestas, entrevistas a trabajadores, técnicos y directivos, así como observaciones, recepción y análisis de datos que permitió obtener los resultados de este trabajo.

Al final del mismo se realiza un resumen de recomendaciones para la toma de decisiones por parte de la dirección de la industria, con el objetivo de potenciar el trabajo y del proceso de gestión del sistema de tratamiento de los residuales líquidos de la industria azucarera Colombia, que afectan la flora y la fauna en la Cuenca Hidrográfica del río Tana.

3.1.- Reseña histórica y actual de la industria azucarera Colombia

En el año 1912, la zona tenía varios habitantes en las márgenes del río y sus alrededores, por interés de la compañía americana la Francisco Sugar Company de los hermanos Rionda, y con la necesidad de incrementar la producción azucarera se decidió construir un central en la finca La Jía que en aquel entonces tenía una producción ganadera, Elia Castellanos propietaria del lugar, cedió 2 Km² de tierra de su finca con la condición de que este llevara su nombre, la cuál fue aprobado por la compañía. Su propietario tenía oficinas en La Habana y los Estados Unidos.

En el propio año, comienza la construcción de la Industria, con la necesidad de la fuerza de trabajo fueron llegando diferentes trabajadores de distintas nacionalidades tales como: chinos, españoles, haitianos, jamaicanos, barbadinos y cubanos.

En el período comprendido entre 1912 y 1916 se fue conformando el batey del central que más tarde llevaría el mismo nombre, (Elia), que entonces pertenecía la provincia de Camagüey.

En noviembre de 1916 se prueban por primera vez las máquinas de la Industria, donde se producen 32 000 sacos de azúcar de 325 libras cada uno. Desde su fundación la producción básica estaba concentrada en el azúcar crudo y la secundaria eran las mieles; la materia prima empleada era la caña de azúcar convirtiéndose de esta forma en la principal fuente de empleo de la comunidad. (Arrieta, H. L. 1994).

Con el triunfo de la Revolución en 1961, se nacionalizan las industrias y suceden transformaciones específicamente en La Azucarera Colombia, que desde el año 2003, fue denominada Unidad Empresarial de Base (UEB). (Fabrica de Azúcar Colombia),

La Unidad Empresarial de Base Fábrica de Azúcar “Colombia” (UEB), se localiza al sur del macizo cañero de la provincia de Las Tunas, tiene una norma potencial de 400 000 @ de caña, que equivale a (4600 toneladas (tm) de caña / día), Está diseñado para moler 5 175 toneladas métricas (tm) de caña diarias en una zafra de 150 días y producir 75 000 toneladas métricas de azúcar, 2 700 tm de miel final y generar- 8Mw. /h.

La misión: consiste en alcanzar crecientes ingresos netos mediante la comercialización eficiente de las producciones de azúcar crudo de alta calidad como producto líder y mieles finales para la refinación, aprovechando el desarrollo tecnológico y las tradiciones azucareras, explotando de forma sostenible los recursos naturales y elevando el nivel de vida de los trabajadores.

La visión: reducir a plena capacidad las inversiones realizadas en el área de los derivados, así como modernizar las áreas energéticas, y avanzar en el mejoramiento tecnológico del resto.

Valores declarados: orgullo, esfuerzo, modestia, experiencia, y calidad.

Objeto Social: El objeto social de la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Azúcar Colombia) UEB), fue autorizado por la Resolución N° 757/2005 del Ministro de Economía y Planificación y precisado por la Resolución N° 13/2003 del Ministro del Azúcar. Producir y comercializar de forma mayorista y en ambas monedas azúcares y mieles a las Empresas Operadoras de Azúcar y sus Derivados y de Ingeniería y Servicios Técnicos Azucareros TECNOAZUCAR y otras autorizadas, de acuerdo con las regulaciones establecidas por el Ministerio del Azúcar.

Para realizar la caracterización del estado actual de la gestión de la calidad en la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Azúcar “Colombia”, se efectuó una evaluación de los ocho(8) principios de la gestión de la calidad, teniendo en cuenta aspectos relacionados con: el objeto social, las condiciones tecnológicas, las exigencias del mercado, la competencia, el grado de conformidad del cliente con las producciones de la UEB y partes interesadas y la evaluación del desempeño del capital humano.

Dentro de las medidas previstas por la dirección de la Revolución para reactivar la economía la mas importante es la transformación de la Empresa Estatal Socialista a través del Perfeccionamiento Empresarial, con el objetivo fundamental de incrementar al máximo la eficiencia y la competitividad sobre la base de otorgar las

facultades, establecer las políticas, principios y procedimientos que coadyuven al desarrollo de la iniciativa, la creatividad y la responsabilidad de todos los directivos y trabajadores sin que se desvincule la política y la estrategia económica proyectada de la situación actual, donde es necesaria la administración eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros con que cuenta el sector azucarero cubano.

3.2.- Caracterización de la unidad empresarial de base fábrica de azúcar

En este capítulo se abordan los principales elementos que caracterizan el estado actual del Análisis Complejo de Procesos (ACP), y el deficiente funcionamiento de la planta de tratamiento de residuales líquidos, en la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Azúcar “Colombia”, Se propone una alternativa de soluciones que incluye acciones de mejoras que permitan lograr un adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento de los residuales líquidos de la industria, para de esta forma atenuar sus niveles de contaminación y su no vertimiento en la Cuenca Hidrográfica del río Tana, estas acciones se manifiestan a través de la presentación de un proyecto de desarrollo local, que incluye la utilización de estos residuales en el riego del cultivo de la caña de azúcar.

La (U.E.B.) Fábrica de Azúcar está dividida en once (11) áreas para el proceso fabril, una brigada de limpieza, almacén, departamentos de Economía, Recursos Humanos y Dirección (*ver anexo I*).

A esta unidad organizativa de la industria se subordinan seis (6) centros de recepción para caña larga de corte manual o para caña de corte mecanizado que tributan a la fábrica. El estado técnico en que se encuentran es adecuado, Los centros a modo general tienen capacidad para procesar de 1 500 @/horas de caña con corte manual o 2 500 @/horas de caña con corte mecanizado

La UEB, esta dotada de un área de recepción y preparación de caña, (el basculador), la función de esta área es recibir toda la caña que llega a la fábrica por los distintos tiros, pesarla, prepararla para la molienda y mantener una alimentación estable al colchón del tandem, así se podrá garantizar la continuidad del flujo, manteniendo una cantidad uniforme de caña en la estera.

A continuación de esta área se encuentran los molinos, su función es moler la caña que recibe del basculador para extraerle la mayor cantidad del jugo y bagazo y entregarlo al proceso de fabricación de azúcar de manera estable con la calidad y eficiencia requerida.

A continuación a este proceso, está la de generación de vapor. Este sistema consta de una batería de calderas las cuales suman potencialmente 135 tm. de vapor / hora, con una presión que mueve dos (2) turbogeneradores de capacidad de 4 MW / h cada uno, y dispone de un sistema automatizado para el control de todas sus operaciones y variadores de velocidad.

El sistema de recolección de condensados está constituido por seis (6) tanques: dos (2) de ellos para agua contaminada a la que se le da uso tecnológico en el tandem y en fabricación, uno (1) de reserva y los tres (3), restantes para agua vegetal que se utilizan en alimentar las calderas pasándola primeramente por la desarenadora.

En el período de zafra se activa el sistema de condensado existiendo un laboratorio intermedio entre los equipos tecnológicos y las calderas cuyo objetivo es analizar el

condensado para detectar trazas de azúcar que pueden llegar al agua de alimentación y tomar todas las medidas pertinentes para proteger a las calderas y a los turbogeneradores de una contaminación.

En el área de fabricación de azúcar, se encuentran distribuidos los siguientes departamentos:

Purificación: esta sección debe recibir el jugo mezclado procedente de los molinos, procesarlo y entregarlo a evaporación clara, limpia, brillante y en condiciones óptimas para fabricar azúcar de alta calidad. Para ello es sometido el jugo a los procesos de alcalización, calentamiento, clarificación y filtración.

El jugo mezclado llega a la planta de alcalización con un pH de 5.5, en este medio ocurre la inversión de la sacarosa por lo que se necesita elevarlo rápidamente hasta 7.9 y 8.2, y obtener un jugo clarificado neutro y evitar el exceso de alcalización que aumentaría el color y destruiría los azúcares reductores, provocando el aumento en la miel final con el consiguiente incremento de las pérdidas en el proceso.

Evaporación: esta operación es por vaporización mediante la aplicación de calor, se extrae el agua natural contenida en el jugo que se exprime de la caña con parte del agua de inhibición que procede del sistema de clarificación. Esta sección clave en el proceso azucarero es la encargada de una parte del balance energético a la vez que evapora aproximadamente el 75% del agua que trae el jugo, aquí llega jugo claro y sale meladura con alrededor de 63-65^o Brix.

Cristalización: esta etapa tiene como función la producción y desarrollo de cristales satisfactorios de azúcar en los tachos, a partir del jarabe que la alimenta, después que la masa cocida se ha llevado a la máxima consistencia que se puede trabajar, se descarga a los cristalizadores en los cuales ocurre la cristalización en movimiento hasta que el licor madre llega a ser una melaza sustancialmente agotada. Esta sección es la máxima responsable de la calidad del azúcar y de las pérdidas de la miel final.

Centrifugado: los cristales contenidos en la masa cocida son separados de las melazas o jarabe que los rodea por la acción de la fuerza centrífuga hasta que queden libres de melaza. El centrifugado o purga es la operación encargada de terminar exitosamente el proceso de fabricación.

Almacenamiento (silo tolva): El azúcar crudo terminado al salir de las centrifugas pasa a la etapa de almacenamiento en el Silo Tolva. Este posee la capacidad para 420 Tm de azúcar y la descarga es por gravedad sobre los carros tolvas de ferrocarril que la transportan hacia la Terminal de Azúcar a Granel del Puerto de Guayabal.

Del resultado analizado en este epígrafe se puede elaborar la matriz DAFO, en la UEB, (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, y Oportunidades).

Debilidades:

Deterioro de algunos valores claves como, orgullo, y modestia, que no permiten una mejor integración de sus procesos.

Insuficiente producción de caña por bajo rendimiento agrícola que incide en el aprovechamiento de las capacidades instaladas.

Amenazas:

Deterioro progresivo de la infraestructura de viales, equipamiento, instalaciones vinculadas a la producción.

Paralización de la producción por un periodo largo que afecta su desarrollo e imagen

Fortalezas:

Existencia de un mercado nacional instalado con precios preferenciales que propician oportunidades de comercialización.

Existe voluntad para llevar adelante el reforzamiento de los valores.

Cuenta con elevado numero de profesionales con suficiente calificación para ofrecer mayor capacidad de interpretación.

Oportunidades:

Desarrollo de un mercado interno para el crecimiento de la economía Nacional.

3.3.- Caracterización de las funciones de un sistema de tratamiento de residuales líquidos de las industrias azucareras

Los estudios realizados por las instituciones científicas han demostrado que en la práctica los sistemas de tratamiento de residuales líquidos para su correcto funcionamiento deben cumplir entre otras, las siguientes premisas adecuadas a condiciones reales:

- Separación pluvial de las aguas residuales.
- Separación de los residuos ácidos y básicos del resto de los residuos y su descomposición en las lagunas.
- Conducción de los residuales líquidos hacia las lagunas de oxidación.
- Estaciones de bombeo para conducir los residuales hasta las lagunas de oxidación.
- Trampas de grasas.
- Desarenados o decantador preliminar.
- Construcción de explanación.
- Vasos comunicantes.
- Cisterna con bombas de succión.
- Tuberías de impulsión de los líquidos.
- Conductoras de líquidos independientes para ácidos y residuales.
- Sistemas de evacuación y conducción interna y externa.
- Lagunas de oxidación

Se ha demostrado que estos sistemas de tratamiento de residuales líquidos no funcionan correctamente, debido entre otras causas a la alta carga orgánica, volúmenes excesivos de las aguas residuales, con una variabilidad muy alta de sus componentes, lo cual ocasiona grandes fluctuaciones de potencial de Hidrogeno (pH), que afecta el desarrollo normal de la flora microbiana, encargada de la transformación biológica de la materia orgánica, la dificultad al realizar los

mantenimientos por la deposición de sustancias sólidas en el fondo de las lagunas de oxidación.

La caracterización de la funcionabilidad del sistema de tratamiento de residuales líquidos de la industria azucarera Colombia reflejó las siguientes insuficiencias fundamentales:

Tecnología obsoleta y deteriorada para el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento y manejo de los residuales líquidos.

Los separadores de arrastre de la industria se limpian solo al terminar la zafra, lo que trae mayor contaminación del agua y mayores pérdidas, (los mismos deben realizarse periódicamente).

Se producen derrames de jugos azucarados, mieles, cachaza, masas cocidas, como consecuencia de desajustes, salideros y rebozos.

Se emplea el condensado para alimentar calderas, filtros y como agua de imbibición, (no se utiliza agua tratada como esta establecido).

La caña deteriorada al no tener la calidad necesaria se muele como combustible y el jugo se bombea para la zanja.

Las trazas de azúcar fuertes en los retornos de los equipos del proceso de descargue al caer al piso también son vertidos a la zanja.

No se cumplen normas establecidas con la separación de las corrientes ácidas y básicas del resto de los residuales.

La capacidad de los equipos e instalaciones que conforman la planta de tratamiento de residuales no están en correspondencia con el volumen diario de la molida, la eficiencia industrial y el objetivo final, (por que su estructura funcional no corresponde).

Los depósitos para el almacenamiento de los residuales líquidos no tienen capacidad suficiente para evacuar todo el material que se produce teniendo en cuenta el esquema de limpieza establecido por la industria.(lagunas de oxidación).

Se realiza limpieza con una mayor frecuencia a la establecida por el MINAZ, debiendo realizarse cada vez que exista un paro de proceso fabril, o cambio de turnos no cada (4 u 8 horas).

Los conductores de residuales líquidos deben ser de un material apropiado y resistente a la corrosión(polietileno), actualmente son de hierro fundido

Ocurren pérdidas en los equipos de bombeo y conducción por desgaste y roturas de los mismos. Se producen pérdidas por rebozos.

Existen salideros de residuales líquidos por tuberías deterioradas y en mal estado.

Exceso en el consumo de agua en el proceso fabril que incrementa el volumen de residuales líquidos (superior a $0,50 \text{ m}^3/\text{Tn}$ de caña molida).

Deficiente recepción y evacuación de los residuales en las lagunas de oxidación por su alto índice de absorbimiento y deterioro de sus parámetros técnicos constructivos.

El elevado costo de mantenimiento por la acumulación de sustancias sólidas en el fondo de las lagunas de oxidación.

Una variabilidad muy alta de sus componentes, los cuales ocasionan grandes fluctuaciones de potencial de Hidrogeno (pH) que afecta el desarrollo normal de la flora microbiana.

3.4.- Caracterización de los residuales líquido de la unidad empresarial básica fábrica de azúcar Colombia

Esta caracterización de los residuales líquidos se hará al menos en tres momentos en el período de zafra. Los muestreos se harán en períodos representativos del proceso de producción: al inicio, (después de estabilizada la zafra), a mediados y en el período final. Para caracterizar las aguas residuales, que resultan ser de interés desde el punto de vista de su tratamiento según el proceso, no deben necesariamente estar contaminadas de sustancias tóxicas ni de metales pesados, porque ello no limita cualquier alternativa que se vaya a tomar en lo referente a su disposición final. (ED, Científico técnico 1989).

Para caracterizar el residual fue necesario determinar su composición a través de los parámetros que aparecen en la (tabla 1), y los flujos, encontrándose las concentraciones máximas, mínimas y medias de estas, empleando la técnica de cómputos:

Tabla 1. Para metros para caracterizar el residual líquido.

No.	Parámetros	Volumen (mg / lts)	Norma permisible
1	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	13 156	700 - 5000 mg/l
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	9 002	20 mg/l
3	Nitrógeno Disuelto(NT)	40,29	50 mg/l
4	Fósforo Disuelto (FD)	20,44	75 mg/l
5	Grasas	3,63	0
6	PH	5,85	4.9 - 6.1
7	Sólidos Totales (ST)	10 635	320 – 4 360 mg/l
8	Sólidos Totales Fijos (STF)	560	260 – 1 120 mg/l
9	Sólidos Totales Volátiles (STV)	10 547	660 – 3 550 mg/l
10	Sólidos Solubles Totales (SST)	4 222	300 – 2 500 mg/l
11	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	6 769	800 – 3 750 mg/l

Podemos apreciar en la tabla anterior que existen variaciones considerables en los diferentes parámetros: los indicadores, demanda química del oxígeno, nitrógeno disuelto, fósforo, y potencial de hidrogeno respectivamente (DQO, N, K, pH,) están por debajo a la norma permisible, por lo que se demuestra como afectan estos residuos líquidos contaminantes en la reducción de estos parámetros en el agua, lo cual interviene en el desarrollo de los microorganismos que son los encargados de liberar las aguas y depurarlas.

De estos valores, la relación de la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO), nitrógeno (N), potasio (P), es inferior a la normal, observándose que para los tratamientos esta agua residual deberá ser suplementada por sales ricas en nitrógeno, no así en fósforo, el cual se encuentra en exceso. El contenido de nitrógeno(N) es relativamente bajo,

3.5.- Muestreros realizados para el análisis de las aguas.

En la tabla 2, se analizan los cinco (5) puntos de muestreo de aguas en el río Tana, puntos 1 y 2 aguas arriba de la fuente de contaminación y los puntos 3,4 y 5 aguas abajo.

Tabla 2. Puntos de muestreo de las aguas del río tana.

Parámetros	Puntos de muestreos				
	1	2	3	4	5
PH	5.62	5.94	7.99	7.66	7.58
C.E. a 25°C	1120	15813	25813	25763	25763
NH ₃ (mg/lit)	0.154	0.154	0.154	0	0
NO ₂ (mg/lit)	0	0	0	0	0
At (mg/lit)	0	0,87	115.84	101.02	127.30
CO ₃ ²⁻ (mg/lit)	5.10	2.70	18,0	12,0	10,7
HCO ₃ ⁻ (mg/lit)	182	178	352	282	268
Cl ⁻ (mg/lit)	77	60	787	218	185
Ca ²⁺ (mg/lit)	10	17	23	31	35
Mg ²⁺ (mg/lit)	102	138	221	342	461
Na ⁺ y K ⁺ (mg/lit)	134	166	371	256	234
SST (mg/lit)	526	509	1678	733	685
OD (mg/lit)	1.2	1.5	0	0	0
DBO (mg/lit)	842	743	1816	1596	1681
T (°C)	25 °C	28 °C	42 °C	40 °C	38 °C

Puente de la cuba de los ferrocarriles nacionales.

Puente del pueblo que atraviesa el municipio.

Puente de la carretera de Colombia a Jobabo.

Puente de Caseta 1 a la Julia.

Río Tana en las proximidades de la laguna de oxidación.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede plantear que el agua que se emplea como abasto en el proceso de producción y en la agricultura, en la zona de succión de las bombas antes de los puntos (1 y 2) respectivamente, aguas arriba, sus constituyentes se encuentran dentro de los parámetros permisibles, debido a que en esa zona el agua que fluye proviene de la presa "Las Mercedes" y del propio río, sin embargo, en los puntos (3 y 4) respectivamente, aguas arriba como se observa en la tabla 1, las muestras analizadas alcanzan una alta carga orgánica, si comparamos los valores normales de conductividad eléctrica (CE), sólidos solubles totales (SST), la relación absorción de sodio (RAS) están muy por encima de esos valores, esto se debe a las condiciones de deterioro de los conductos por donde fluye el residual a las lagunas de oxidación, que cuando se rompe o se perfora un tubo, la zanja desemboca en el río entre los puntos (3y 4), esto ocurre con mucha frecuencia en la zona de estudio.

Las muestras analizadas en los puntos 1 y 2 aguas arriba de la fuente de vertimientos de residuales líquidos no tratados reflejaron valores de carga orgánica inferiores a los puntos aguas abajo, así como los valores de conductividad eléctrica (CE), sólidos solubles totales (SST) y la relación absorción de sodio (RAS).

Como puede observarse en la tabla anterior en los puntos 3, 4 y 5 aguas debajo de la fuente de vertimientos de la industria, próxima a las lagunas de oxidación, en las

aguas del río Tana, así como en el litoral; los resultados del muestreo reflejaron valores significativamente superiores a los puntos 1 y 2 aguas arriba, lo cual manifiesta la existencia de altas cargas de contaminación, fundamentalmente: la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) y valores muy bajos de oxígeno disuelto (OD), lo que justifica la existencia de malos olores donde fueron tomadas las muestras.

Esto provoca un elevado número de coliformes totales como consecuencia de las aguas azucaradas y el contenido de materia orgánica que las mismas contienen. Al adicionarse los residuos urbanos, que también son vertidas a estas aguas, se observa un incremento de coliformes fecales y totales debido a que el río Tana atraviesa el centro del pueblo, consecuencia a los residuales de las entidades económicas, los coliformes, desechos del estudio fotográfico aledaño al lugar.

El río cuenta con 45 Km. de largo y un ancho de faja de 20 metros, atraviesa el centro del pueblo y en varias ocasiones se ha desbordado ocasionado daños materiales en periodos lluviosos y ciclónicos, por tal motivo se decidió construir una presa de 25 200 000 m³ de capacidad para el riego de cultivos varios, plantaciones cañeras y como fuente principal de la Empresa Azucarera Colombia.

En cada uno de los puntos señalados se utilizaron muestras de aguas, que fueron tomadas en la mitad de la sección y a media profundidad y en sentido contrario de la corriente del río, midiéndose el pH, la temperatura y la conductividad, luego fueron trasladadas al Laboratorio Provincial de Hidroeconomía, donde se determinó la concentración de los macro componentes. (*Del Puerto, Q. C. 1989*).

Y otros indicadores en el Laboratorio Provincial de Higiene y Epidemiología con la previa utilización de los métodos estándar, y determinar los niveles de contaminación existentes, dentro de ellos podemos señalar: Oxígeno Disuelto (OD). Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Demanda química de oxígeno (DQO). Sólidos solubles totales (SST) Coliformes totales, y estreptococos fecales. Estos residuos están controlados debido a que, aunque no es una cifra apreciable vertida al río durante el año, son productos químicos de una alta agresividad para el entorno afectando el medio ambiente, la flora y la fauna. (*CITMA*).

El río Tana presenta niveles de contaminación, en muchas de sus partes que rebasan la tolerancia vital producto al flujo de residuales de las instalaciones fabriles y el avance sostenible del urbanismo en la comunidad.

La temperatura registraba en algunas zonas del río fue de 40°C, no coincidiendo con los parámetros permisibles de 25°C - 30°C, que provocando la migración de las especies que allí habitan.

Las especies de faunas tradicionales desaparecidas han sido: El Rana Toro, La Biajaca, El Miso, El Patico Florida, entre otros.

La evaluación de los valores de muertes de la biodiversidad de especies de la fauna a lo largo del cause del río Tana, en su porción inicial, intermedia y final reflejó valores diferentes uno con respecto al otro: en la porción inicial fue menor respecto a la porción intermedia y la porción final próximo al litoral costero fue mayor, por lo que el autor del trabajo considera que es la posible causa de la migración de las especies de sus hábitat trasladándose de un extremo a otro como mecanismo de defensa debido a la alta carga contaminante de los residuales líquidos vertidos.

Las muestras para el análisis bacteriológico son recogidas en frascos estériles, remitidos por el Laboratorio Provincial de Higiene y Epidemiología (LPHE). Se usan frascos de vidrio de 100 ml, de boca ancha y tapa de vidrio esmerilada, protegida por un papel estéril amarrado al cuello del frasco, no tocar la boca del frasco y mantener la tapa cubierta con el papel estéril, de manera que los dedos estén en contacto con la parte externa del papel, una vez destapado el frasco se sumerge con rapidez en el agua del río a unos 20 cm. de profundidad, con la boca dirigida hacia la corriente, cuidando que el frasco no toque el fondo, las paredes u orillas. Una vez extraído se tapa, dejando una burbuja de aire en el cuello del frasco. Las muestras se trasladan al laboratorio en un tiempo menor de seis (6) horas.

En Marzo de 1999 se iniciaron los análisis del proceso tecnológico y del diagrama del sistema de evacuación de las aguas de desechos de la industria, con el objetivo de definir los puntos de muestreo para realizar la caracterización de dichas aguas, se comprobó la temperatura (t) y en el laboratorio de la Industria, se realizó los siguientes análisis: potencial de Hidrogeno (pH). Sólidos totales solubles (STS), Sacarosa aparente (Brix), disolución azucarada (Pol). Relación entre la sacarosa aparente y sólidos solubles total (RSSST), presentes en la disolución azucarada en por ciento (%) (Pureza), y fueron trasladadas al Laboratorio Provincial de Higiene y Epidemiología, donde determinaron los indicadores de la contaminación, (ver anexoll).

En la investigación se analiza, el azúcar producido, la cantidad de caña molida y todas las incidencias ocurridas en el proceso tecnológico. (*Del Puerto, Q. C. 1989*).

El autor concluye que se realizaron un total de veinte cinco (25) muestras integradas, de ellas doce (12) valores puntuales, que implican un total de doscientas veinte (220) mediciones, y a cada uno de los análisis realizados se le determino la media maestral, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad.(ver anexoVI).

Con el objetivo de determinar la constante de degradación biológica se realizó un análisis de la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO), a los cinco y diez (5y 10) días, calculándolo por el método Rhame (*Díaz, B. R. 1987*).

En el análisis del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la industria, se necesitó verificar diferentes salidas: de Industria, primera laguna, segunda laguna, y tercera laguna de oxidación, determinándose los parámetros de: potencial de Hidrogeno (pH), Temperatura (t), Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO), Demanda Química del Oxígeno (DQO), Nitrógeno (N), fósforo (P),y evaluar experimentalmente cinco (5) puntos en la Cuenca Hidrográfica del río Tana, antes del comienzo del proceso fabril verificando los parámetros de:

- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Cloro(Cl^-),calcio (Ca^{2+}),magnesio (Mg^{2+}), carbonato(CO_3^{2-}), ácido carboxílico (HCO_3^-), determinados por valoración según la metodología planteada por (*Markowicz y Pulina*)
- Sulfato (SO_4^{2-}): Se determinó por normas comprendidas dentro del sistema nacional de protección del medio ambiente, basado en técnicas espectrofotometrías.
- Sodio (Na^+) y Potasio (K^+): Se determinó por diferencia.

- Nitrato (NO_3^-), Nitrito (NO_2^-), Nitrato de hidrogeno (NH_4^+), (contenido de nitrógeno), fósforo (P), Oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO), y Demanda Química del Oxígeno (DQO) según métodos estándar.
- Análisis bacteriológico, según las normas del Laboratorio Provincial de Higiene y Epidemiología. (LPHE) (Fagundo, C.J. 1998. P)

En el Laboratorio Provincial del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), se analizó las aguas del río Tana, la recogida de las muestras fue en frascos de color ámbar con un volumen de un (1) litro, las mediciones del nivel del agua de la zanja fueron hechas con la utilización de una regla graduada en centímetros, y calculada la altura promedio del nivel de las mismas en el vertedor, con este valor se determinó el gasto (Q), utilizando la tabla correspondiente a través de un vertedor de ángulo de 90° , realizándolas cada 30 minutos. (Meynell, P.J. 1976).

3.6.- Caracterización de las lagunas de oxidación utilizados para la evaluación de los residuales líquidos

Las lagunas de residuales líquidos, están proyectadas para dos días la chica y 21 días la grande, la capacidad de esta última está dado por la retención, debido a interrupciones de riego, por la lluvia y por estrategia de zafra, en tanto, la primera es para la decantación de sólidos y roturas imprevistas.

El área de las lagunas está protegida por un canal pluvial de cinturón, que evita que esta agua se mezclen con el residual líquido de las lagunas, a través de dos tomas se alimenta la estación de bombeo, por medio de una tubería de 200 mm de diámetro.

La estación de bombeo está compuesta por dos bombas (CRVL) que bombean $318 \text{ m}^3/\text{h}$, una básica y una auxiliar, se mantiene una trabajando y la otra de repuesto. La obra se dividió para su ejecución y construcción en: una trampa de grasa, un desarenado o decantador preliminar, una cisterna donde succionan dos bombas, dos conductos o tuberías independientes de 1 623 m de longitud para ácido y la otra de 1 200 m para el residual, una estación de bombeo, y tuberías de impulsión.

Tuberías de ácidos: Forman parte de la cisterna o registro, y del punto donde la industria entrega este residual y se extiende hasta la desembocadura. la laguna, tiene una longitud de 1 623 m, la conducción del residual caído se produce por gravedad a través de una tubería plástica de 200 mm de diámetro, el potencial de Hidrogeno (pH) es inestable alcanzando valores mínimos de 3.9 y máximos de 5.9 respectivamente, siendo estos valores recomendados.

Laguna de ácidos: esta laguna se proyectó para un volumen de retención de ácidos de 19 m^3 de agua, porque cada 11 días se efectúa el lavado del equipamiento industrial en el proceso fabril, lo cual ocasiona un gasto máximo de residual ácido y sosa cáustica de 7.47 l/s, descargándose en la laguna a través de una tubería de registro para que el líquido fluya por la misma de manera uniforme, estas baterías de registro funcionan interrelacionadas por tubos de 150 mm de diámetro. No se proyectó obra de desagüe o descarga para evitar que, por algún motivo, este residual tan peligroso se vierta, teniendo en consideración que las lagunas se encuentran muy próximos a la Cuenca Hidrográfica del río Tana.

Tuberías residuales y llenado: este conducto, parte de la cisterna o registro donde llega el residual industrial que sale de la fábrica y el bombeado, cayendo en la laguna por gravedad.

Fuente: el residual líquido llegará a la primera laguna receptora y decantadora de salida, donde pasa a una segunda laguna que la comunicación entre ambas es por un tubo y una válvula reguladora de 500 mm, posteriormente pasa hacia una tercera laguna a través de una tubería y válvula reguladora de igual diámetro a la anterior, que garantiza un flujo constante para dar continuidad hasta un regulador de capacidad de 25 000 m³, con una duración de nueve (9) días de retención.

3.6.1.- Evaluación de los niveles de remoción de las lagunas

De los resultados analizados en este epígrafe la tabla 3 refleja una comparación de los niveles de remoción en las tres lagunas de oxidación instaladas.

Tabla 3. Comparación de los niveles de remoción de las lagunas

Parámetros	Laguna 1		Laguna 2		Laguna 3	
	% de remoción		% de remoción		% de remoción	
	Real	Sistema	Real	Sistema	Real	Sistema
DBO	12.35	12.35	29.70	36.41	42.85	656.33
DQO	16.23	16.23	9.08	22.12	45.41	58.92
NT	0.85	0.85	3.21	4.07	2.60	6.80
PT	6.48	6.48	9.02	14.90	11.01	24.44
PH	7.01	6.80	6.90	6.90	6.8	6.8
T	26.75	24.39	29.40	24.21	29.80	20.0

En la tabla 3 se reportan los resultados de los análisis realizados en la evaluación de los niveles de remoción de las lagunas y del sistema en general, donde se observa que el por ciento de remoción de DBO en todas las lagunas es bajo, pues en la primera es de 12.35% lo que se debe a la elevada carga superficial con la cual opera. Si se tiene en cuenta que la carga de sólidos en suspensión en la alimentación del sistema de tratamiento es de 8,17 toneladas de sólidos suspendidos por día, esto puede ocasionar deposiciones en el fondo de la laguna que justifican el hecho de que el tiempo de retención en la 1^{ra} laguna sea pequeño. Según se pudo conocer, desde su construcción, a este sistema de laguna no se le ha realizado mantenimiento alguno hace más de cinco años, según lo establecido por el MINAZ.

Tomando como referencia una carga superficial permisible de 3,40 kg de DBO/ km² días a una temperatura de 20°C, que es la mínima en la zona, es posible que este sistema opere adecuadamente con un área de 1.56 km² que equivale a 229 veces superior a la real, repitiéndose en las restantes lagunas, por lo que el autor de esta investigación llega a la conclusión que la carga contaminante vertida en la Cuenca Hidrográfica del río Tana es elevada.

Para resolver esta problemática se requiere de un sistema de tratamiento de residuales más eficiente, pero en la actualidad no ha sido posible debido al bloqueo a que se encuentra sometido el país, la economía nacional no supera las necesidades para el logro de esta inversión, y se recomienda mantener el sistema

de lagunas de oxidación instaladas, pero cumpliendo las medidas de mantenimiento y reparación establecidas.

Con los datos analizados en este epígrafe se puede valorar la importancia de realización de innovaciones que contribuyan en el adecuado tratamiento de los residuales líquidos, para su eficiente evacuación y conducción hacia las lagunas de oxidación, así como avanzar en el campo de producciones más limpias.

El tratamiento más extendido en Cuba para esta agua residual lo constituyen las lagunas de estabilización. Las mismas son estanques donde se almacena el agua residual durante un tiempo determinado, a fin de que los microorganismos estabilicen la materia orgánica, para obtener un efluente claro, con una cantidad reducida de gérmenes patógenos y que respondan a los requerimientos de salud pública en el lugar donde se vaya a verter.

3.7.- Caracterización de los problemas fundamentales de contaminación ambiental por residuales líquidos en la cuenca hidrográfica del río tana

3.7.1.- Valoración de impactos ambientales más fundamentales de orden económicos

El vertimiento de las aguas residuales de la industria azucarera en el territorio ocasiona perjuicios que pueden valorarse desde el punto de vista económico, ecológico y social; es por ello que en la tabla II.4 aparecen las principales afectaciones.

Tabla 4. Principales afectaciones (pérdidas en CUC)

Afectaciones a las especies marinas	u/m	Cantidad	Precio por unidad	Pérdida total
escamas	TM	88.22	110,0	9 704,2
ostión	TM	194.67	500,0	97 335,0
ostión masa	TM	3.02	1998,0	6 033,9
azúcar perdida en residuales	TM	98.67	240,0	23 680,8
grasa copilla	Kg	1959.33	6.5	12 735,6
otras grasas	Kg	1.31	2.0	2,6
TOTAL				149 792,1

En la Empresa Camaronera, se reflejan pérdidas económicas superiores a \$291 181,07 en la producción de camarones, así como afectaciones significativas de especies de la fauna, tales como moluscos, ostiones, crustáceos, entre otras.

3.7.2.- Valoración de impactos ambientales fundamentales en la biodiversidad de especies de plantas del litoral del mar

Existe una gran afectación en los mangles costeros no calculados por la empresa forestal, además, se suma la tala indiscriminada que hacen diversos organismos y parte de la población para utilizarla como combustible.

El impacto de la contaminación ambiental en la deforestación de los manglares se manifiesta de forma siguiente:

La disminución de la población de manglares ha reducido la barrera natural que mantiene el equilibrio ecológico entre el mar y la tierra.

La deforestación de los manglares contribuye al aumento de la salinidad de los suelos.

La deforestación de los manglares ha disminuido el asiento de las larvas de ostiones en su período reproductivo.

La deforestación del litoral ha limitado el refugio de muchos organismos marinos en sus etapas de desarrollo sumergido en los primeros estadios del ciclo de vida.

Se ha observado una significativa afectación de los refugios de aves y lugares de nidificación.

El vertimiento de los residuales líquidos no tratados de la UEB fabrica de azúcar Colombia en las aguas del río Tana, ocasiona perjuicios que pueden valorarse desde el punto de vista económico, ecológico y social.

3.7.3.- Valoración de la influencia medioambiental en la calidad de vida de los habitantes del entorno

Los impactos ambientales negativos de los niveles de contaminantes en la población es recibida en el Reparto Cepero Bonilla con más 900 residentes y alguna capas más vulnerables, tales como una Casa de Amparo Filiar, un Hogar de Ancianos, una Escuela de niños Discapacitados, una Casa de Abuelos y un Consultorio Médico de la Familia.

Sumado a lo anterior es válido destacar que los focos contaminantes se encuentran localizados a menos de 80 metros del centro de la zona urbana, con incidencias directas sobre la población, unidades gastronómicas, de servicios, etc., además, la totalidad de los habitantes del Reparto utilizan para su consumo aguas del manto freático considerada con niveles significados de contaminación.

3.7.4.- Valoración de la influencia ambiental de los residuales líquidos en la biodiversidad del río tana

En el caso del río Tana la desaparición de especies muy tradicionales tales como: El Rana toro, La Biajaca, El Miso, El Patico Florida, Tila pía, Biajaca, Trucha, Carpa y Jicotea de agua dulce, entre otros; por otra parte, la contaminación de las aguas subterráneas no reguladas afectan el manto freático de la Cuenca Hidrográfica del río Tana, además como fuente de abasto de agua superficial más importante del territorio de la cual se benefician varios productores agropecuarios a lo largo de su cauce para regar sus áreas, por lo que sus aguas contaminantes contribuyen al proceso de desertificación que cada año aumenta sus niveles y el alto índice de consumo de agua de la industria en su proceso fabril que incrementa significativamente los volúmenes de líquidos contaminantes.

Sumado a lo anterior es válido destacar que los focos contaminantes se encuentra localizados a menos de 100 metros del centro de la zona urbana, con incidencias directas sobre la población, unidades gastronómicas, de servicios, etc.

Podemos señalar que los residuales sólidos como el bagazo contribuyen a contaminar las aguas naturales e interviene en la propagación de enfermedades transmisibles de origen intestinal, en ocasiones son disueltos por las aguas y arrastrados hasta las corrientes naturales de la cuenca hidrográfica del río Tana, contribuyendo a la rápida destrucción de la cadena alimentaria de peces y otros organismos acuáticos, por los elevados valores de Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO) en el agua.

El río Tana presenta niveles de contaminación, en muchas de sus partes que rebasan la tolerancia vital producto al flujo de residuales de las instalaciones fabriles y el avance sostenible del urbanismo del municipio. Se observa que en algunos puntos del río los niveles de contaminación rebasan la tolerancia vital producto del flujo de los residuales, en estos lugares se perciben olores desagradables como consecuencia de que se produce una oxidación anaeróbica del residual, esto ocasiona trastornos a la salud del hombre, tales como: mal estar, dolores de cabeza y producen enfermedades respiratorias crónicas

Las observaciones y evaluación de los índices de muertes de la biodiversidad de especies de la fauna a lo largo del curso del río Tana, en su porción inicial, intermedia y final reflejó valores diferentes uno con respecto al otro: en la porción inicial fue menor respecto a la porción intermedia y la porción final próximo al litoral costero fue mayor, por lo que el autor del trabajo considera que la posible causa sea la migración de las especies de sus hábitat de un extremo a otro como mecanismo de defensa ante los impactos de los residuales contaminantes. La consideración anterior la fundamenta un tanto el hecho de que el comportamiento de los valores de contaminación en las porciones evaluadas es inverso al de muerte de las especies.

Se destaca que otras empresas como La Acuícola, La Forestal y La Agricultura reportan afectaciones por el vertimiento de residuos líquidos en las zonas de estudios, pero no aparecen cuantificadas las pérdidas, lo que nos lleva a pensar que estos valores reportados podrían ser superiores.

En el texto aparece el aspecto de la contaminación ambiental, que es el tema central de nuestro trabajo. Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se propone la realización de las siguientes,

3.7.5.- Propuesta de alternativas de soluciones.

Se propone una alternativa de soluciones que incluye acciones de mejoras que permitan lograr un adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento de los residuales líquidos de la UEB fabrica de azúcar Colombia, para de esta forma atenuar sus niveles de contaminación y su no vertimiento en la Cuenca Hidrográfica del río Tana, estas acciones se manifiestan a través de la presentación de un proyecto de desarrollo local, que además incluye la utilización de estos residuales en el riego del cultivo de la caña de azúcar, lo que permitirá aumentar los rendimientos agrícolas actuales de 23,6 tn/ha, a no menos de 95 tn/ha.

La factibilidad económica del proyecto presentado refleja que a partir del segundo año de explotación paga la inversión inicial que asciende a 19 062,00 CUC y 67 391,00 MN. A continuación se muestra un resumen de la ficha técnica y descripción del presupuesto solicitado con un tiempo de duración de 12 meses.

Tabla 5. Resumen de la ficha técnica y descripción del presupuesto.

No	Descripción	Presupuesto	
		CUC	MN
1	Sistema de Bombeo	3 064,00	2 778,00
2	Trampas de grasas	2 748,00	1 835,00
3	Construcción de Desarenados	1 611,00	7 668,00
4	Construcción de explanación	1 578,00	3 893,00
5	Construcción de vasos comunicantes	1 102,00	2 542,00
6	Sistema de evacuación y conducción	1 099,00	3 675,00
7	Reconstrucción de lagunas de oxidación	2 860,00	42 000,00
8	Sistema de tratamiento	5 000,00	3 000,00
TOTAL		19 062,00	67 391,00

La valoración realizada permitió concretar que con la utilización del financiamiento solicitado se pueden realizar innovaciones que contribuyen en el adecuado tratamiento de los residuales, su eficiente evacuación y conducción hacia las lagunas de oxidación, así como avanzar en el campo de Producciones más Limpias.

De los resultados analizados en este epígrafe se puede proponer los resultados esperados de las alternativas de soluciones propuestas:

Logrado una mejora significativa en el funcionamiento del sistema de tratamiento de residuales líquidos derivados del proceso fabril después de desarenados, desengrasados y estabilizados en lagunas de estabilización, y su posterior uso en el riego de plantaciones de caña.

Logrado un eficiente sistema de evacuación y conducción de los residuales líquidos mediante una conductora de PVC hasta las lagunas de oxidación.

Eliminado los vertimientos y derrames de residuales líquidos no tratados hacia el río Tana.

Disminuido de la carga contaminante del ecosistema, fundamentalmente la Cuenca Hidrográfica del río Tana.

Logrado una mayor educación medio ambiental de los directivos y trabajadores de la industria a partir de los resultados de la caracterización de la funcionabilidad del sistema de tratamiento de residuales líquidos y la evaluación de la contaminación ambiental interna y externa de la industria.

Logrado una mayor protección y conservación de la biodiversidad de especies del ecosistema.

Logrado la utilización de los residuales líquidos conducidos desde la fábrica de azúcar mediante una conductora de PVC hasta las lagunas de oxidación.

4.- CONCLUSIONES.

- El impacto que sobre el medio ambiente tiene el vertimiento indiscriminado de las aguas residuales es negativo ya que ocasiona grandes daños económicos y sociales.
- La contaminación producida por la Unidad Empresarial de Base (UEB) fabrica de azúcar Colombia en la Cuenca Hidrográfica del río Tana afectó significativamente su biodiversidad, fundamentalmente el litoral del mar, tales como moluscos, ostiones, crustáceos, entre otras que reflejaron pérdidas económicas en la Empresa Camaronera.
- Con una correcta gestión del conocimiento y la innovación en la solución de los problemas del territorio, se puede contribuir significativamente en protección y conservación del medio ambiente, así como una mejor calidad de vida en el municipio.
- Es necesario seguir profundizando en los métodos de evaluación de impactos, causas, consecuencias y alternativas de soluciones.

5.- BIBLIOGRAFIA

- Arrieta, H. L. "Trayectoria de la industria azucarera en Colombia antes y después del triunfo de la Revolución". Trabajo de diploma Instituto Superior Pedagógico. Las Tunas 1994.
- Babbitt, H. E. Baumann, E. R. "Alcantarillado y tratamiento de aguas negras." P- 532.
- Benítez, E. R. "Tratamiento de aguas residuales." CENIC. La Habana. 1984.
- Castillo, J. C. "Informe de la Ecological Society Of. América y del comité internacional para el desarrollo sostenible." Chile. 1991
- Castro, R. F. "Conferencia en ala ONU sobre medio ambiente y desarrollo" Granma. La Habana. 1992.
- Contaminación Ambiental. CIDA. Chile. 1978.
- Control de los fertirriegos de los residuales en los CAI azucareros. MINAZ. La Habana 1978.
- Cox, Ch. R. Práctica y vigilancia en las operaciones de tratamiento de agua. La Habana. Ed. Ciencia técnica. 1978.
- Cuevas, J. R. Los recursos naturales y su conservación. Ed. Pueblo y Educación. . La Habana 1982. 44 p.
- Decreto ley 118. CITMA. La Habana. 1990
- Del Puerto, Q. C. Higiene del medio ambiente Ed. Pueblo y Educación. . La Habana 1989.
- Desarrollo histórico de la industria azucarera en Colombia (material Mecanografiado). Museo municipal. 1992.
- Díaz, B. R. Tratamiento de agua y aguas residuales. UCLV. 1987
- Dirección General de Cultura y Educación. Capacitación decente. Desarrollo de temas de los contenidos básicos comunes. (Módulo 6) Buenos Aires. 1995.
- L.J."Fertirriego con residual azucarero. Revista Cañaveral. Vol. 3 No. 2. La Habana Abril – Junio. 1997.
- El agua sustento de vida. Chile. Funcase. 1995.
- Escurrimiento medio anual en la desembocadura de los ríos de la provincia las tunas (T.C.I). Las Tunas. 1992.
- Espinosa, P.R. "Sistema de utilización del calor." La Habana. 1990
- Estrategia para minimizar los principales problemas ambientales. CITMA. 1996
- Estructura, organización y funciones del sistema nacional del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales y el órgano rector. CITMA. La Habana. 1990
- Fagundo, C.J. "conferencia sobre Geoquímica e Hidroquímica de aguas naturales". CNIC. La Habana. 1986. P- 6

- Fair, Gever y Okun. “Purificación de aguas y tratamiento y reconocimiento de aguas residuales” La Habana. Ed. Revolucionaria 1986.
- Ferrer, H “Aprovechamiento de residuales.” Revista juventud técnica No 26 La Habana Octubre – Noviembre. 1985 P. 49- 57
- Filtración, una alternativa para la eliminación de la contaminación por aguas residuales de las refinerías de las industrias azucareras. Revistas ATAC. 1989
- Fuentes, E. J. Castillo, J. C. “Prioridades de investigación en ecología para alcanzar una biosfera sostenible”. Revista Chilena de Historia Natural. Chile. 1991
- García González, J. R. “Se envenena el ambiente.” Revista Juventud Técnica No.218. La Habana Enero 1986 p. 45- 47
- García, A y Obaya, M. C. “Caracterización de corrientes residuales líquidas en las industrias azucareras. “Revista ICIDCA. Volumen XIX, No 2 1985
- García, C. C, y otros “Tratamiento químico como tratamiento terciario de efluente de diferentes estaciones depuradoras de aguas residuales.” La Habana Ed. IUECA 1995. P. 89 – 95
- González, M. V. “Caracterización físico química del CAI Melanio Hernández.” Trabajo de diploma. UCLV.1990.
- González, S. E. Utilización del ACP en la intensificación de la producción en distintas industrias en Cuba. Tesis para optar por el grado científico de Dr. En Ciencias Técnicas Sta. Clara. 1885
- Grupo de estudios ambientales “Tratando sobre residuos” Revista manejo de desechos. México 1993. P. 49- 56
- Guerra, R. G. “comportamiento de las aguas residuales en el CAI Hermanos Almejeira frente a su tratamiento combinado.” (T: D) Departamento de Tecnología Química. UCLV, 1995
- Guerrero, L. “Tratamiento de las aguas residuales de la planta de cera de CAI Jesús Menéndez” ICIDCA. 1988
- Guía Metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Centro de publicaciones Mopt. MADRID. 1996
- Guillermo, N. A. “Aguas residuales y su tratamiento” . Ed. Ciencia y Técnica. La Habana. 1982.
- Guillermo, N. A. Lea, S. M. “Biogás de los residuos de la industria azucarera” Ed. Cuba azúcar. La Habana Jul. – Sep. 1984
- Hardenbergh, W.A.Rodie, E.B. Ingeniería sanitaria. La Habana . 1964.
- Hardenbergh, W.A.Rodie, E.B.Ingenieria sanitaria La Habana.1972.
- Hayse, R. B. Desechos residuales industriales
- Hernández, F. C manejo y disposición de residuales peligrosos en Cuba. XXIII Congreso iberoamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana 1992.
- Herrera, R. Z. Aplicación de análisis Complejos de procesos a la problemática de contaminación de residuales líquidos de la industria azucarera. Tesis para optar por el grado científico de master en análisis científico para la industria química. UCLV. 1996

- Higiene del medico Ed. Instituto cubano del libro. La Habana 1974.
- Historia de la Empresa Azucarera Colombia. PCC municipal. 1992
- Hoel, “Estadísticas elementales” Ed. Revolucionaria. La Habana. 1979.
- Hoel, P. “Principios de tecnología azucarera” Ed. Pueblo y educación la Habana 1979
- Hugot, E “Manual para ingenieros azucareros” Ed. Pueblo y Educación La Habana 1988.
- Identificación de los principales problemas ambientales. CITMA 1996.
- Informe de la asamblea de balance sobre Medio Ambiente. CITMA. Las Tunas .1993.
- Informe técnico. Consumo de agua de la industria azucarera Departamento de generación de vapor. MINAZ. La Habana 1990.
- Informe: Conferencia nacional sobre salud, y desarrollo sostenible. La Habana 1995.
- Informe: traspaso de zonas geográficas para áreas protegidas. Las Tunas 1995.
- Jenking, G. H. “Introducción al la tecnología del azúcar”. Ed. Ciencia y Técnica la Habana 1971.
- Kafarov, V. Problema científico actual de la ingeniería química. Revista Control cibernética y automatización. No. 13 Vol. 4. 1974. P. 47-57.
- La conservación de la flora y la fauna en el contexto del sistema nacional de áreas protegidas. Material mecanografiado Las Tunas 1995
- La industria de los derivados de la caña de azúcar Ed. Científico técnico La Habana 1989.
- Labadie, J. M. “Conferencia sobre indicadores de la contaminación”. Ed. Científico técnico La Habana.
- Labadie, J. M. Comunicación personal. ISPJAE. La Habana. 1994.
- Labadie, S. J. Darviguí, M. V. Estudios de los efluentes Héctor Molina Riaño. T. D. Facultad de ingeniería química .JSPJAE. La Habana 1994.
- Lea, S. M. Y otros “Diferentes modelos de biodigestores y posibilidades de su uso en la industria azucarera” revista Cuba Azúcar. La Habana Abril- Julio, 1984 P. 44-47
- Lehniger, A. L. “Bioquímica”. Ed pueblo y Educación La Habana 1982
- López, F .A “Azúcar de caña” Manual de práctica de fabricación de azúcar de caña. Ed. Científico Técnica La Habana. 1998.
- Los desechos y el Medio Ambiente. Chile. 1995.
- Macado, H.Y. Espinosa, S.O. “Estudio de las aguas de la Provincia de Las Tunas.” (T.D) ISP Pepito Tey. Las Tunas. 1992.
- Menéndez, C. “Instituto de estudios de los residuales industriales líquidos.”
- ISPJAE. La Habana.1994.

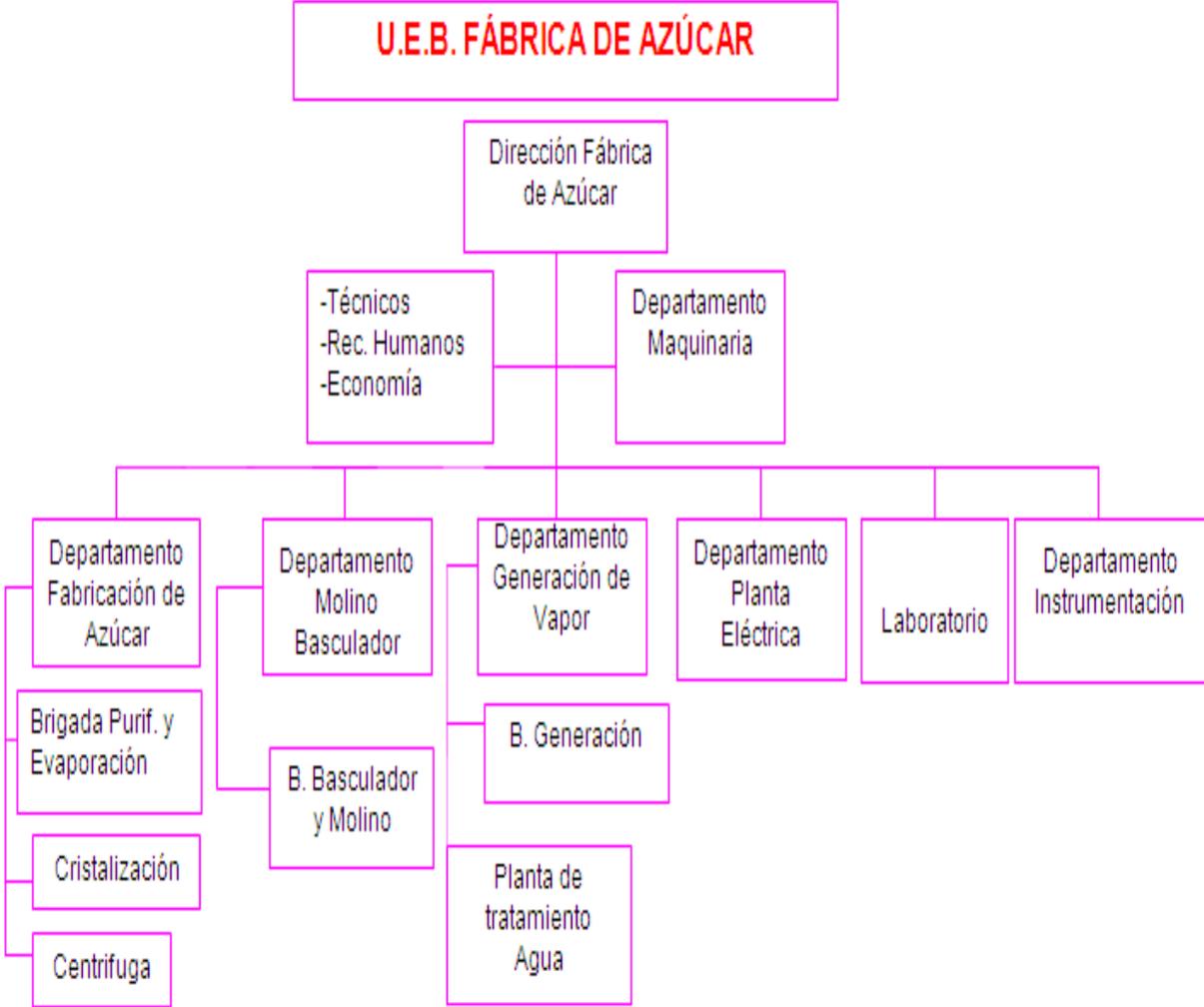
- Menéndez, C. "Tratamiento biológico de residuales líquidos" ISPJAE La Habana.1992.
- Menéndez, C.I. "Introducción al estudio de los residuales líquidos."(folleto) ISPJAE. La Habana.1982.
- Menéndez, G.C. Pérez, O.J. "Proceso para el tratamiento de aguas residuales industriales." ISPJAE. La Habana.1996.
- Metcalf and Eddy, Inc. Wastewater. Engineering collection. Treatment. Disponas McGraw-Hill.
- Meynell, P.J. Methane planning digester. Prim-press. Great Breaim.1976
- Midiendo la contaminación orgánica biodegradable. Revista capacitación docente. (Modulo 6) Argentina 1995.
- Miguel, P. A. "Uso de los residuales Líquidos azucareros en el riego." Revista Cañera No.4. 1997.
- NC 93-02 215. Atmósfera. Opacidad aparente del humo. La Habana, 1986.
- Ortiz, F. "Contrapunteo Cubano de tabaco y el azúcar." Venezuela 1987
- Partido Comunista de Cuba. Programa. Ed. Política. La Habana. 1987
- Principio del trabajo ambiental hasta el año 2000. CITMA. 1996
- Reyes, S.J. Circulo de interés científico técnico para el estudio del entorno escalar del CAI Antonio Guiteras. Trabajo de Diploma. ISP Pepito Tey. Las Tunas. 1995
- Rivas, M.G. "Tratamiento de aguas residuales." (Fotocopia del libro). La Habana s/n- P. 305-308, 380-387, 398.409.
- Romero, T. "Historia de la contaminación." Revista contaminación y Medio Ambiente 1995. p7 – 14.
- Sainz Peña, C.I Olano, V.D. "Características hidrológica de la Provincia de Las Tunas. ISP Pepito Tey. Las Tunas. 1996.
- Salroca, D.F. "E I ABC de los fertilizantes y su manejo en la caña de azúcar." Revista Cañaveral No. 3. 1995
- Santibáñez, M.C. "Tecnología Azucarera." Ed. CNCA. La Habana. 1983
- Sarles, R. W. "Microbiología general aplicada" Ed. Instituto cubano del Libro. La Habana 1970.
- Sawyer,C.N. And Mc Carty, P.I. "Chemetry for environmental engineering. Tercera Edición." Mc Craw – Hill Book Co.
- Sistema de disposición de residuales. IPROYAZ. La Habana. 1990
- Situación de los embalses en Las Tunas. INRH. 1995
- Spencer, G.L. Meade, G.P. "Manual de azúcar de caña" Ed. Revolucionaria. La Habana 1974.
- Stocker/Seag. "Química Ambiental. Contaminación del aire y el agua." España 1995
- Suárez, G Romero, T. "Contaminación del Medio Ambiente" Ed. Científico Técnico La Habana. 1995

- Taiguamides, E.P. "Recuperación de energía de los excrementos animales." Revista Mundial de Zootecnia. 1986
- Travieso, L. "Residuales industriales y/o energía." Dpto. De contaminación ambiental. CNIC.1995
- Utilización agrícola de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados. La Habana. INCA. MES. 1988.
- Verátegui, L. J, Mateo, B.M. "El biogás como alternativa Energética para las zonas rurales" p 57-63. – Boletín energético. No. 14.1980.
- Villa fuerte, M "Estudio de la etapa de la extracción de cera cruda." Trabajo de Diploma. UCLV. 1995.
- Yero, R. E. "Monografía del municipio de Colombia." Las Tunas. 1992.
- Israelsen, D.W, Principios de Aplicaciones del Riego, D.W Israelsen, V.E. Hansen. - La Habana: Ed. Revolucionaria. 1969.
- Jackson ,M. L. Análisis Químico del Suelo M. L. Jackson - La Habana: Ediciones Revolucionarias . 1970.
- López Ritas, J. El Diagnóstico de Suelos y Plantas - J. López Ritas. - Madrid: Ediciones Mundi Prensa. 1967.
- Pizarro F. - Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos - F. Pizarro. - Madrid: Ed. Agrícola España. 1985.
- Richards, L.A, Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. Agriculture Hand Book (Washington) 60. 1954.
- Anónimo. "El hombre y su medio". ibidem. Marzo 1977 p. 28.
- Lettinga, H. "National Conference on Enviromental Engineering" ASCE /San Fco. Jul. 1979)
- Guillermo, N. A. " Aguas residuales" La Habana ICINAZ., 1979
- Guiot, S. R. "Biotechnol Bioengineering" Vol. 27 No 6.
- Microsoft ® Encarta ® 2012. © 2008-2011 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

ANEXOS

ANEXO I

ORGANIGRAMA DE LA UEB FÁBRICA DE AZÚCAR COLOMBIA



ANEXO II

Características de las aguas residuales de la industria azucarera.

Indicadores	Valores
Temperatura	38 - 42 °C
pH	4.9 - 6.1
DQO	700 - 5000 mg/l
Sólidos totales	320 - 4360 mg/l
Sólidos disueltos	800 - 3750 mg/l
Sólidos en suspensión	120 - 220 mg/l
Sólidos fijos	260 - 1200 mg/l
Sólidos volátiles	660 - 3550 mg/l
Sólidos disueltos volátiles	660 - 3060 mg/l
Sólidos solubles azucarados	300 - 2500 mg/l
Sólidos sedimentales	0.3 - 28 mg/l
Nitrógeno	50 mg/l
Fósforo	75 mg/l
Potasio	50 mg/l

ANEXO III

Datos del sistema de tratamiento	
Norma potencial perspectiva del central	5 175 t/d
Cantidad de aguas residuales	465 750 m ³
Norma de riego total	3 981 m ³ /ha.
Total de área beneficiada	117 ha.
Gasto de residual azucarado	37 l/s
Gasto de la estación de bombeo	52 l/s
Carga real total	17 m
Gasto de residuo ácido	7.47 l/s
Tubería de ácido Hofo y diámetro	150 mm
Tubería de impulsión HPC 7 kg/cm ² y diámetro	200 mm

ANEXO IV

Resultado del análisis químico de los residuales líquidos

Parámetros	Concentración (%)
Ácido acético	1.5
Nitrato amoniacal	2
Acetato amoniacal	1
Fluor osterich	0.5
Formaldehído	2
Amino fenol	3
Hidróxido de potasio	2
Hidroquinona	1
Carbonato de potasio	2
Sulfato de hidroxidamina	1
Sulfato de metil difelamina	2.5
Hisotioalorina	1

ANEXO V

Análisis indicadores de la contaminación del residual integral

Parámetros							Nivel de sólidos				
	DQO Mg/l	DBO Mg/l	N Mg/l	P Mg/l	Grasas Mg/l	pH	ST Mg/l	STF Mg/l	STV Mg/l	SST Mg/l	SDT Mg/l
X	13156	9002	40.29	20.44	3.63	6.85	10633	560	10547	4222	6709
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
CV	0.280	0.265	0.267	0.28	0.367	0.019	0.221	0.231	0.213	0.220	0.223
Xmin	4619	2947	13.51	4.67	1.38	6.60	1349	269	4449	1818	1822
Xmáx	4311	25200	120.18	60.58	15.2	7.30	26461	1449	25012	9928	16533
σ_{n-1}	8800.3	5379.1	24.24	12.92	2.99	0.13	5536.5	291.07	5249.29	2089.82	3457.11
Carga t/d	50.96	32.92	0.147	0.075	0.013		40.61	2.04	38.56	15.43	25.17
Población		387242	9778	18889						128630	
PE/TMC		73.41	1.85	3.58							
PE/TM azúcar		761	19.20	37.12							
Nomenclatura	N- Número de muestras						PE/TMC- 24.4				
X- Valor medio	σ_{n-1} - Desviación										
X min.- Valor mínimo	CV- Coeficiente de variación						PE/TM _{azúcar} - 253				
X máx.- Valor máximo	PE- Población equivalente										

ANEXO VI**Indicadores de la contaminación del residual líquido**

No.							Nivel de sólidos				
	DQO Mg/l	DBO Mg/l	N Mg/l	P Mg/l	Grasas Mg/l	pH	ST Mg/l	STF Mg/l	STV Mg/l	SST Mg/l	SDT Mg/l
1	14646	6642	28.98	15.69	3.91	6.70	6642	312	14013	2415	3911
2	15275	10234	43.69	22.40	2.40	6.70	14664	651	12804	5598	9067
3	14964	9577	44.49	21.96	2.62	6.80	1349	688	6014	5137	8356
4	41311	25200	120.18	60.58	4.27	7.10	10046	528	9517	3801	6244
5	19357	12769	31.16	20.09	2.76	7.10	7208	365	6843	2786	4422
6	14728	10337	43.47	21.60	2.76	7.20	4684	245	4449	1818	4367
7	28109	17091	80.27	21.20	3.69	7.10	26461	1449	25012	9928	16533
8	12092	7980	33.11	17.73	15.20	6.60	6116	269	5847	2294	3822
9	4619	2247	13.51	8.09	10.44	6.70	7548	377	7172	2882	4667
10	6372	3759	19.07	9.38	2.89	6.80	10090	497	9592	3868	1822
11	8956	6143	30.58	13.11	2.62	7.00	6614	304	6310	2481	4133
12	5229	3582	32.22	20.89	2.31	6.60	13506	620	12886	5106	8400
13	23898	14099	65.38	35.02	2.76	6.80	20781	1047	19735	7848	12933
14	14160	9629	41.33	20.76	1.60	6.70	7663	472	8191	3307	5356
15	7407	5259	19.42	10.84	5.29	6.80	20912	1031	19880	3956	12956
16	9750	6435	28.49	14.31	4.49	6.60	15061	770	14291	5745	9311
17	7392	4597	33.33	18.89	3.20	6.90	15132	668	14464	5732	9400
18	2628	17137	72.27	38.44	3.42	6.90	12136	699	11466	4647	7489
19	15808	9801	46.18	20.93	1.96	6.70	12968	685	12283	4923	8044
20	22168	14432	64.76	34.71	2.18	6.80	9512	455	9056	3645	5867
21	7168	4938	23.64	5.87	2.04	7.00	5298	287	5011	2009	3289
22	7392	3844	21.60	10.84	2.31	6.60	6511	296	6215	3044	3467
23	10678	7389	31.20	15.64	2.04	6.90	6501	346	6155	1919	4582
24	8750	3467	16.80	8.44	1.38	6.60	6025	301	5729	1214	3711
25	9036	7759	22.22	4.67	2.18	6.80	11404	656	10752	4342	7067

ANEXO VII

Parámetros de operación de las lagunas de oxidación

Parámetros	<i>Laguna 1</i>	Laguna 2	Laguna 3
Carga orgánica $\left(\frac{\text{Kg DBO}}{\text{M}^2 \text{ día}}\right)$	47576	40990	27976
Carga superficial en la laguna $\left(\frac{\text{Kg DBO}}{\text{M}^2 \text{ día}}\right)$	6.98	0.51	0.34
Área (m ²)	3027	36044	36044
Tiempo de retención (día)	1.38	16.43	16.43
Profundidad (m)	1.08	1.50	1.50

ANEXO VIII

Características de los efluentes en las diferentes áreas el proceso fabril

N	I Basculador-Molinos				II Purificación				III Evaporación Cristaliz.				IV Centrifugación				V Salida del central			
	Q l/s	Bri x	Pol	Pza.	Q l/s	Bri x	Pol	Pza.	Q l/s	Bri x	Pol	Pza.	Q l/s	Bri x	Pol	Pza.	Q l/s	Bri x	Pol	Pza.
1	5.3 3	0.3 1	0.1 4	45	4.8 8	0.0 6	0.0 2	33	4.5 3	0.1 2	0.0 6	50	4.0 9	0.0 5	0.0 2	40	18.8 4	0.3 1	0.1 5	48
2	5.8 2	0.1 5	0.0 3	20	4.0 9	0.0 6	0.0 2	33	4.5 3	0.0 6	0.0 3	50	4.8 8	0.3 1	0.1 5	48	19.3 3	0.0 6	0.0 3	50
3	4.5 3	0.1 7	0.0 4	23	4.5 7	0.0 7	0.0 3	42	4.0 9	0.1 1	0.0 5	45	4.5 3	0.1 7	0.0 8	47	17.6 9	0.3 1	0.1 0	32
4	6.8 0	0.1 1	0.0 3	27	3.7 3	0.1 7	0.0 8	47	4.0 9	0.0 4	0.0 2	50	6.2 7	0.3 0	0.1 4	47	21.0 2	0.2 1	0.0 7	33
5	5.8 2	0.0 6	0.0 2	33	6.2 7	0.1 6	0.0 3	42	4.5 3	0.0 2	0.0 1	50	4.8 8	0.0 3	0.0 1	33	19.3 3	0.0 2	0.0 1	50
6	6.8 0	0.0 7	0.0 1	14	5.3 3	0.1 2	0.0 6	50	3.7 3	0.0 1	0.0 8	50	5.3 3	0.1 7	0.0 8	47	22.1 3	0.0 2	0.0 1	50
7	6.2 7	0	0	0	7.2 9	0.0 6	0.0 3	50	4.5 3	0.4 0	0.1 0	25	4.5 3	0.0 5	0.0 1	20	20.6 7	0.0 6	0.0 2	33
8	4.0 9	0.0 5	0.0 2	40	5.8 2	0.1 1	0.0 5	45	5.3 3	0.3 1	0.0 9	29	3.7 3	0.1 1	0.0 5	45	20.4 4	0.0 6	0.0 2	33
9	5.8 2	0.1 0	0.0 5	50	4.5 3	0.0 7	0.0 3	42	6.2 7	0.1 8	0.0 3	17	4.8 8	0.1 5	0.0 3	20	22.8 0	0.1 1	0.0 4	36
10	6.2 7	0.1 7	0.0 3	18	5.8 2	0.2 1	0.1 0	47	4.0 9	0.1 4	0.0 7	50	3.7 3	0.0 2	0.0 1	50	18.6 2	0.1 7	0.0 6	35
11	6.8 0	0.0 5	0.0 1	20	4.5 3	0.0 3	0.0 1	33	3.7 3	0.0 5	0.0 2	40	4.5 3	0.2 1	0.1 0	48	20.8 9	0.0 2	0.0 1	50
12	4.8 8	0	0	0	6.2 7	0.3 1	0.1 5	48	4.0 9	0.1 1	0.0 3	27	3.7 3	0	0	0	17.2 4	0.1 2	0.0 6	50
13	6.2 7	0.1 0	0.0 2	20	5.8 2	0.1 8	0.0 6	33	5.8 2	0.1 5	0.0 6	40	4.5 3	0.0 5	0.0 3	60	21.1 6	0.0 6	0.0 2	33
14	5.3 3	0.0 3	0.0 1	33	5.3 3	0.3 0	0.0 3	10	4.0 9	0.2 3	0.0 9	39	4.0 9	0.1 7	0.0 8	47	21.0 7	0.0 3	0.0 1	33
15	4.5 3	0.1 1	0.0 5	14	4.8 8	0.2 1	0.0 3	14	3.7 3	0.1 9	0.0 4	21	3.7 3	0.0 8	0.0 4	50	17.6 9	0.0 5	0.0 2	40
16	4.5 3	0.1 1	0.0 3	27	5.8 2	0.1 4	0.0 4	28	3.4 7	0.1 4	0.0 3	21	4.5 3	0.3 1	0.1 5	48	18.7 1	0.0 4	0.0 2	50
17	4.8 8	0.0 7	0.0 1	14	4.8 8	0.2 8	0.0 7	25	4.0 9	0.0 8	0.0 4	50	3.4 7	0.3 1	0.1 5	48	17.2 4	0.1 4	0.0 7	50
18	6.2 7	0.0 4	0.0 1	25	3.7 3	0.1 7	0.0 8	47	4.0 9	0.1 2	0.0 3	25	4.0 9	0.1 5	0.0 9	60	18.2 7	0.1 1	0.0 5	45
19	5.8 2	0.1 5	0.0 2	13	4.4 7	0.1 2	0.0 6	50	4.4 7	0.4 5	0.1 5	33	4.3 3	0.0 5	0.0 2	40	18.1 8	0.1 1	0.0 5	45
20	4.5 3	0.1 1	0.0 3	27	4.0 9	0.4 1	0.1 0	24	3.0 7	0.3 3	0.1 3	39	2.7 6	0.1 1	0.0 3	27	18.0 9	0.0 8	0.0 4	50
21	5.8 2	0	0	0	3.0 7	0.1 5	0.0 3	20	3.4 7	0.1 8	0.0 5	23	3.4 7	0.0 8	0.0 1	12	14.4 4	0.1 4	0.0 7	50
22	4.8 8	0.1 1	0.0 2	18	3.0 7	0.1 2	0.0 5	42	3.0 7	0.0 8	0.0 3	37	4.0 9	0.0 3	0.0 1	33	14.8 9	0.1 2	0.0 3	25
23	5.8 2	0	0	0	4.0 9	0.3 5	0.1 0	28	4.0 9	0.0 4	0.0 1	25	4.5 3	0.0 8	0.0 3	37	16.0 4	0.0 6	0.0 1	17
24	5.8 2	0.0 3	0.0 1	33	4.5 3	0.2 1	0.0 7	33	3.0 7	0.1 5	0.0 4	27	3.7 3	0.1 7	0.0 4	23	18.9 8	0.0 4	0.0 1	25
25	4.8 8	0.0 5	0.0 2	40	4.0 9	0.1 8	0.0 3	17	3.7 3	0.1 6	0.0 3	50	3.4 7	0.3 1	0.0 7	22	16.4 4	0.1 1	0.0 3	27
X	5.5 4	0.1 0	0.0 3	22.8 8	4.8 0	0.1 7	0.0 5	29.4 1	4.1 5	0.1 6	0.0 5	31.2 5	4.3 0	0.1 4	0.0 6	38.0 8	18.8 1	0.0 9	0.0 4	39.4 8
Xmi n	4.0 9				3.0 7				3.0 7				2.7 6				14.4 4			
X máx	6.8 0				7.2 9				6.2 7				6.2 7				22.8 0			

ANEXO IX

Esquema de evacuación de las aguas residuales

