



Universidad de Holguín
“Oscar Lucero Moya”
Facultad de Ingeniería Industrial

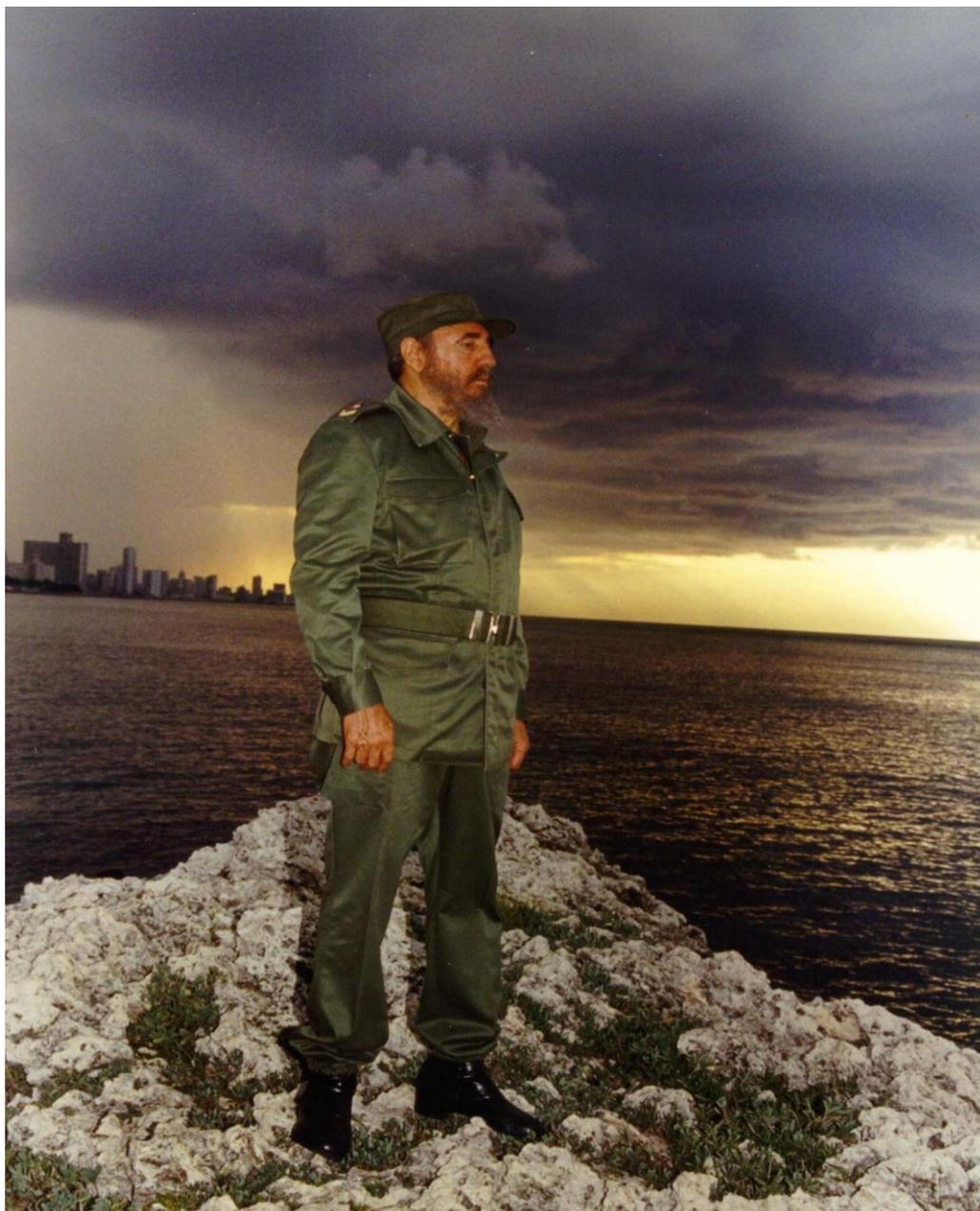
TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Aprovechamiento de los residuales de la producción de azúcar de la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”.

Autor: Maikel Hernández Alzar.

Tutor: Ing. Orlay Rodríguez Cabrera.

Mayo / 2013



“Utilícese toda la ciencia necesaria para un desarrollo sostenido y sin contaminación. Páguese la deuda ecológica y no la deuda externa. Desaparezca el hambre y no el hombre”.

Fidel Castro Ruz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

- **A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por hacer realidad nuestros sueños, de convertirnos en verdaderos profesionales.**
- **A mi tutor Orlay Rodríguez Cabrera por su apoyo, interés, sacrificio y paciencia en todo momento.**
- **A nuestros profesores por sus aportes para la vida profesional venidera.**
- **A todas las personas que de una manera u otra hicieron posible la materialización de este trabajo.**

DEDICATORIA

Dedico esta investigación:

- **A mis familiares y demás seres queridos que han contribuido a mi desarrollo profesional.**
- **A mis compañeros de estudio por estos maravillosos años de la carrera.**
- **A todos los profesores que han hecho todo lo posible por brindarnos sus mayores conocimientos.**
- **A mi tutor Orlay Rodríguez Cabrera que me ha dado todo su tiempo, apoyo y dedicación.**

RESUMEN

El presente Trabajo fue realizado en la UEB Atención a Productores “Urbano Noris Cruz”, con el objetivo de elaborar un plan de acción que le permitirá a la organización el aprovechamiento de los residuales líquidos generados en la producción de azúcar crudo, para así evitar contaminaciones a las aguas subterráneas y terrestres del territorio.

Además se aborda el diagnóstico que se le realizó a la misma a través de las observaciones, entrevistas a los directivos, revisiones bibliográficas, análisis documental y otros, al proceso productivo y a las instalaciones de la fábrica de azúcar, detectándose que existe un bajo aprovechamiento de los residuales y contaminaciones a las aguas del territorio por estos, por lo que se propone un plan de acción para disminuir los residuales líquidos o darle un aprovechamiento en el fertirriego de las plantaciones cañeras de esta entidad. Todas estas herramientas y técnicas constituyen un conjunto coherente de elementos que permitirá la mejora continua del medio ambiente en la organización y en las zonas aledañas a esta, y con ello el nivel de desempeño de la misma.

ABSTRACT

The present Work was carried out in the Sugar Company "Urbano Noris Cruz", with the objective of elaborating an action plan that will allow to the organization the use of the residual liquids generated in the production of raw sugar, stops this way to avoid contaminations to the underground and terrestrial waters of the territory.

In the second chapter the diagnosis is approached that was carried out to the same one through the observations, interviews to the directives, bibliographical revisions, documental and other analysis, to the productive process and the facilities of the factory of sugar, being detected that it exists a low use of the residual ones and contaminations to the waters of the territory for these, for what intends an action plan to diminish the residual liquids or to give him an use in the watering of the plantations of cane of this company. All these tools and techniques constitute a coherent group of elements that will allow the continuous improvement of the environment in the organization and in the near areas to this, and with it the level of acting of the same one.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Introducción.....	1
Capítulo I. Fundamentación teórica relacionada con el aprovechamiento de los residuales de la agroindustria azucarera.....	4
I.1 Los problemas ambientales y el hombre.....	4
I.2 Caracterización de los principales residuales de la agroindustria azucarera.....	6
I.3 Uso de los residuales de la agroindustria azucarera en el mundo	10
I.4 La política nacional sobre medio ambiente y desarrollo sostenible.....	15
I.5 Situación del medio ambiente y el aprovechamiento de los residuales en la industria azucarera cubana.....	20
I.5.1 Situación actual.....	21
I.5.2 Residuales líquidos de la producción de azúcar crudo.....	24
Capítulo II. Elaboración de un plan de acción que permita el aprovechamiento de los residuales en la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”.....	30
II.1 Caracterización global de la empresa.....	30
II.2 Caracterización del proceso productivo de la UEB Atención a Productores Urbano Noris. Análisis de los residuales líquidos.....	32
II.3 Elaboración del plan de acción para el aprovechamiento de los residuales líquidos de la UEB Atención a Productores” Urbano Noris”.....	39
Valoración económica social.....	49
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	51
Bibliografía	

Anexos

INTRODUCCIÓN

Los problemas que en la actualidad afectan al medio ambiente¹ son cada vez más graves y causan preocupación a toda la humanidad, por lo que es necesario adoptar enfoques, estrategias, acciones, medidas e iniciativas inmediatas, tanto nacionales como internacionales dirigidas a su solución. La protección del medio ambiente se ha convertido en una prioridad, en una necesidad de primer orden para garantizar el desarrollo económico y social y, sobre todo, para la salud y supervivencia de la especie humana.

El nivel de conciencia y de desarrollo alcanzado hace el llamado de alerta, es necesario actuar con rapidez pues comienza a ser insostenible la sociedad creada, el consumismo, el uso de fuentes de energías agotables, la destrucción de los pulmones del planeta, la infertilidad de los suelos por la mala manipulación de los mismos, la posibilidad de una guerra en la que se utilicen armas nucleares y la poca disponibilidad de agua potable clasifican como los más grandes llamados de alerta, desgraciadamente no todos los han escuchado.

La protección del medio ambiente se ha convertido en una necesidad actual que requiere de una concientización de los riesgos que se corren al no tomar las medidas que detengan el deterioro del medio.

Cuba, con un sistema político comprometido con el cuidado y mantenimiento del medio ambiente, también es afectada por problemas ambientales. Aquí quedan por combatir situaciones acuciantes: degradación de los suelos, deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos, contaminación de las aguas terrestres y marinas, la deforestación y la pérdida de diversidad biológica, entre otras. Estos, de no corregirse perjudicarán, en relativamente corto plazo, la capacidad productiva de la economía y la calidad de vida de los cubanos.

¹ Entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones (ISO 14004, 2004).

Aparejado al desarrollo científico aparecen nuevas tecnologías impulsadas por la creciente producción y con ello hacer frente al incremento de las necesidades de la población. En el afán de solucionar esta problemática incorrectamente se vierten infinidad de sustancias que provocan daños considerables al entorno.

En este sentido, se puede señalar que la Industria Azucarera se ubica dentro de las que inciden de forma negativa respecto al medio ambiente. Los esfuerzos por alcanzar la sostenibilidad en la Agroindustria Azucarera abarcan todo el ciclo productivo, desde la preparación del suelo hasta el tratamiento, disposición y utilización de los residuales de la industria resultantes del proceso de fabricación de azúcar crudo, disminuyéndolos progresivamente hasta reducirlos a niveles permisibles para el ambiente, potenciando sobre todo su aprovechamiento. Una gran parte de estos residuales no reciben el tratamiento adecuado, lo que provoca la existencia de múltiples focos de contaminación en el país provocado por muchas de estas industrias azucareras.

La reorganización de la industria azucarera y derivados implicó el cierre de la mitad de los ingenios y el desplazamiento de parte del personal, permitió mejorar la gestión ambiental y reducir sus fuentes contaminantes. Ese reajuste dejó activas 71 empresas azucareras, menos de la mitad de las que había hasta ese momento, para una producción no mayor de cuatro millones de toneladas anuales de azúcar, 14 mieleras, 25 agropecuarias, 13 destilerías y 11 fábricas de levadura torula (*Candida utilis*).

Entre los mayores problemas ecológicos de la producción de azúcar, figura la descarga de grandes cantidades de aguas residuales en el mar, ríos y cuencas subterráneas. Se calcula que los 157 ingenios existentes a mediados de los años 70 vertían entonces anualmente al entorno un promedio de 36 millones de metros cúbicos de aguas residuales. De ahí que desde esa época se entendió la importancia que tenía para el país resolver ese problema.

El municipio Urbano Noris no está exento de esta problemática y cada día se suman un mayor número de empresas en el enfrentamiento a este fenómeno, de ahí la necesidad de investigar este tema.

En consecuencia a esta situación problemática antes mencionada se plantea el siguiente problema científico de la investigación: ¿cómo contribuir a un mejor aprovechamiento de los residuales generados en la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”?

El objeto de investigación será: los residuales del proceso productivo de la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”. El objetivo general de esta investigación es: Elaboración de un plan de acción que permita el aprovechamiento de los residuales de la UEB Atención a Productores “Urbano Noris” para lograr disminuir los efectos negativos al medio ambiente; y el campo: aprovechamiento de los residuales generados en la producción de azúcar. Para un mejor desarrollo del trabajo se han elaborado las siguientes preguntas científicas.

- ¿Cuáles son los fundamentos teóricos que sustentan esta investigación?
- ¿Cómo ha evolucionado esta problemática en la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”?
- ¿Cómo elaborar un plan de acción que permita el aprovechamiento de los residuales en la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”?

Se formularon las siguientes tareas científicas:

- Elaborar la fundamentación teórica que sustenta esta investigación.
- Diagnosticar el estado actual del aprovechamiento de los residuales en la producción de azúcar en la UEB Atención a Productores “Urbano Noris”.
- Elaborar un plan de acción que permita el aprovechamiento de los residuales en la UEB Atención a Productores Urbano Noris.

En el trabajo realizado se puede destacar como novedad científica el siguiente aspecto:

- ❖ Una propuesta de plan de acción para el aprovechamiento de los residuales generados en el proceso productivo de la UEB Atención a Productores Urbano Noris.

Para el desarrollo del Trabajo se utilizaron algunos métodos como son:

- Métodos teóricos: Análisis, síntesis, inducción y deducción, método histórico y lógico.
- Empíricos: Observación, análisis documental, entrevistas.
- Método de la generalización.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

I.1 LOS PROBLEMAS AMBIENTALES Y EL HOMBRE.

El desarrollo acelerado de la explotación de los recursos naturales y la producción industrial, para satisfacer las crecientes necesidades de cada país y de la humanidad en su conjunto, hacen que el equilibrio medioambiental esté afectado y se convierta en un problema que requiere del concurso de gobiernos e instituciones internacionales.

La protección del medio ambiente se ha convertido en una necesidad actual que requiere de una concientización de los riesgos que se corren al no tomar las medidas que detengan el deterioro del medio.

Uno de los obstáculos más serios que la humanidad enfrenta hoy día es la contaminación de su medio natural. El deterioro de los ecosistemas naturales, sostenedores de la vida en el planeta, representa un altísimo costo para el desenvolvimiento de la sociedad, específicamente porque afecta sus bases fundamentales: la continua pérdida de los recursos naturales y los graves efectos sobre la salud humana.

Las causas se han querido encontrar en el incremento significativo de la población y en la utilización de una tecnología inadecuada, que se caracteriza por el escaso o nulo equilibrio que su aplicación proyecta sobre el medio natural.

Para reducir la degradación medioambiental y salvar el hábitat de la humanidad, las sociedades deben reconocer que el medio ambiente es finito. Los especialistas creen que, al ir creciendo las poblaciones y sus demandas, la idea del crecimiento continuado debe abrir paso a un uso más racional del medio ambiente, pero que esto sólo puede lograrse con un espectacular cambio de actitud por parte de la especie humana. “El impacto de la especie humana sobre el medio ambiente ha sido comparado con las grandes catástrofes del pasado geológico de la Tierra; independientemente de la actitud de la sociedad respecto al crecimiento continuo, la humanidad debe reconocer que atacar el medio ambiente pone en peligro la supervivencia de su propia especie”.²

La contaminación ambiental no es una característica inherente al progreso, sino por el contrario, está muy lejos de ello, si bien no es posible eliminarla totalmente, sí es factible atenuar los niveles que ha alcanzado en la actualidad, aunque lo anterior sólo se logrará con una actitud enérgica de todas las instituciones de la sociedad. La pérdida de la calidad de los recursos naturales a consecuencia de las actividades mal orientadas del hombre, es un hecho comparable a simple vista. Es globalizado el hecho de encontrar, sectores de la población que se mantengan alejados de la amenaza y también es creciente cada día el costo que deben asumir las organizaciones económicas por la contaminación.

Uno de los elementos que más ha llamado la atención a los científicos, investigadores y otras personalidades es el hecho de que, a medida que se han ido desarrollado las industrias, la degradación de la capa de ozono, los vertimientos de sustancias tóxicas, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad, entre otros, están haciendo insostenible la vida en el planeta.

El Grupo Nacional del Azúcar, que comprende la producción de azúcar crudo y refino, las destilerías, fábricas de torula e instalaciones para el procesamiento de derivados como son las fábricas de tableros de bagazo, plantas de cera y otras, es el sector de mayor incidencia en la contaminación de las aguas terrestres y costeras en término de materia orgánica biodegradable. Durante el proceso productivo de esta industria se obtienen subproductos de gran valor económico, que cuando no son aprovechados en todas sus potencialidades constituyen una considerable carga contaminante dispuesta al medio ambiente como residual o desechos. Estos subproductos pueden ser utilizados por la propia industria azucarera y derivados o en la producción agropecuaria como principales receptores, aunque otras ramas de la economía como las industrias básica, farmacéutica y alimenticia también los emplean en sus producciones.

²"Medio ambiente," Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

I.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES RESIDUALES DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA.

La mayoría de los nutrientes que llegan al ingenio con los tallos cosechados aparecen en los residuales y subproductos derivados del proceso de obtención de azúcar. Dos terceras partes del nitrógeno y del fósforo y casi todo el potasio, se localizan en la miel y el bagazo. De esos subproductos, la miel y el bagazo se emplean como materias primas en nuevos ciclos de producción, al final de cuyo proceso quedan los siguientes materiales: ceniza, vinaza o mosto de destilería y residual de elaboración de levadura torula. Estos materiales, junto con la cachaza, ceniza, los residuales agrícolas de la cosecha (RAC) y las aguas residuales de la producción de crudo representan una fuente económica significativa por su valor como fertilizantes o para producir energía, como es el caso de los RAC; sin contar su valor como fuentes de agua y materia orgánica y los efectos beneficiosos en la conservación y el mejoramiento de los suelos. A esto se añade el daño que se evita al medio ambiente si se vertieran indiscriminadamente, debido a su alta carga contaminante. Si se cumple la recomendación de Reynoso (1862) al resumir las ventajas de la fabricación de abono para la fertilización de los cañaverales a partir de los residuales de la industria azucarera: “Del ingenio no debe salir más que azúcar o su derivado el aguardiente”.

CACHAZA:

La cachaza es un residual del proceso de clarificación del guarapo, que incluye materias terrosas e impurezas orgánicas. Su composición es variable, en dependencia del lugar, del tiempo de producida, de las sustancias empleadas en la fabricación del azúcar y de otros muchos factores. No obstante, de modo general, se pueden considerar las cifras medias mostradas en la tabla 1:

Tabla 1: Composición de la cachaza.

COMPONENTES	CONTENIDO EN CACHAZA	
	Base seca (%)	Con humedad de 75 % Kg. /ton. De cachaza
Materia orgánica	45.0	112.50
Nitrógeno	2.5	6.25
Fósforo	2.8	7.00
Potasio	0.4	1.00
Calcio	4.0	10.00
Magnesio	0.6	1.50

Fuente: Revista CubaAzucar Abril – Junio /2002

La cachaza aumenta los contenidos de fósforo, nitrógeno y calcio en el suelo y muy poco el de potasio. Aumenta el pH de los suelos ácidos y disminuye la acidez tóxica y total. Un beneficio importante de la cachaza, es su efecto sobre las características físicas del suelo³. Aunque difícil de cuantificar, algunos autores consideran que este aspecto es tanto o más importante que los aportes químicos o biológicos.

Se recomienda preferentemente para suelos ácidos, arenosos, pobres en materia orgánica y en fósforo, compactados o con elevados niveles de salinidad.

CENIZA:

El principal componente de la ceniza es el óxido de sílice, seguido, en proporción comparativamente pequeña, por compuestos de potasio, fósforo, aluminio, hierro, calcio y magnesio.

Los efectos beneficiosos de la ceniza sobre el rendimiento de la caña de azúcar, se atribuyen a mejoras en las propiedades físicas del suelo, como aireación y drenaje, y al aporte de elementos como potasio, fósforo y calcio en suelos insuficientes de esos nutrientes. Aporta de seis a ocho kilogramos de fósforo por tonelada y entre siete y diez de potasio. Por su abundancia en compuestos de sílice estimula la solubilización del fósforo del suelo y atenúa su fijación. Se recomienda aplicar 30 toneladas por

³ Peña E. La Cachaza como sustrato en Organopónicos. En: Segundo Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana, 1995.

hectáreas, en suelos cuyos contenidos sean críticos en esos elementos, con un efecto residual de cuatro años.

VINAZAS O MOSTO DE DESTILERIA:

Los mostos o vinazas constituyen el principal residual líquido de la fermentación de la fabricación de alcohol. Por cada hectolitro de alcohol producido, se obtienen 1,6 m³ de vinaza.

La composición es muy variable, pero como promedio cada metro cúbico de vinaza aporta: 1,8 Kg. de nitrógeno, 1,5 Kg. de fósforo y 4,5 Kg. de potasio, por lo que la aplicación de 60m³ por hectárea garantiza los nutrientes necesarios para la fertilización de la caña.⁴

RESIDUALES AGRÍCOLAS DE LA COSECHA (PAJA DE CAÑA):

En una zafra se producen millones de toneladas de materia seca que de ser recuperadas en centros de limpieza y acopio y usarse a plenitud, pueden sustituir miles de toneladas de petróleo que se consumen en la producción de azúcar y destilerías a partir del bagazo.

La paja es el resultado del secado de las hojas de la caña de azúcar, producto de los factores esenciales en el desarrollo de esta planta, el crecimiento y su maduración, por lo que se puede enunciar que es una fuente de energía, pues siempre que haya caña ha de estar presente la formación de la paja de caña. El estimado de este residual en el campo está conformado aproximadamente de un 15 a un 20 % del peso de la caña, de ahí que su volumen sea elevado. De este por ciento, una parte queda en la primera etapa, en el corte de la caña, formando parte del suelo y luego descomponiéndose en abono, al mismo tiempo que evita el posterior desarrollo, después del corte, de hierbas y malezas en el campo. La segunda etapa del proceso es en los centros de acopio y limpieza de la caña, lugares estos donde queda de un seis a un diez por ciento del peso de la caña cortada en paja.

⁴ Dirección de Riego y Drenaje. AzCuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Metodología.

Utilización de los residuales de la industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar. La Habana, Enero 1998.

La aparición de ésta como materia extraña en las fábricas de azúcar, oscilando entre valores del cuatro al siete por ciento del peso de la caña, afecta sensiblemente la eficiencia del proceso industrial.

La quema de este residual en los centros de limpieza y de acopio provoca una considerable inyección a la atmósfera de CO₂, provocando el aumento de la contaminación sin beneficio alguno para el hombre, creándose el problema de emisiones en múltiples locaciones simultáneamente, haciendo más difícil la eliminación de estos gases del medio y del no empleo útil de la paja de caña.

AGUAS RESIDUALES DE LA PRODUCCION DE AZUCAR CRUDO:

En el proceso de fabricación de azúcar crudo se producen alrededor de 0.6 metros cúbicos de residuales líquidos por tonelada de caña molida. Las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados constituyen la mayor fuente contaminante del país; por su contenido de DQO (Demanda Química de Oxígeno), por los volúmenes que se producen (más de 25 millones de m³ / año) y por el número, ubicación y dispersión de los focos contaminantes⁵. Diversas experiencias, obtenidas en Cuba a lo largo de 20 años de trabajo, han permitido comprobar que si las aguas residuales se aplican de forma adecuada, el suelo puede ser un buen receptor y purificador de las mismas; mejorando además sus propiedades físicas, biológicas y agroquímicas. 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.

Utilizando estos residuales de manera correcta y dándole un aprovechamiento económico se evitarían daños al medio ambiente, es por eso que en todo el mundo se trata de aprovechar estos al máximo.

I.3 USOS DE LOS RESIDUALES DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA EN EL MUNDO.

Actualmente en el mundo se están desarrollando nuevas tecnologías para dar un uso racional a una gran cantidad de residuales que al no ser convenientemente reciclados o

⁵ Ministerio del Azúcar: (2002): Metodología. Utilización de los residuales de la Industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar, 15 p.

procesados causan severos daños medioambientales y ecológicos. Diariamente se generan gran cantidad de residuales agroalimentarios que son cada vez más difíciles de recoger y tratar. Algunos autores han propuesto la utilización de estos residuales para la producción de determinados aditivos alimentarios o para la obtención de etanol como alternativa al uso de sustratos no renovables. Los residuales y subproductos de la industria azucarera son relativamente contaminantes, al mismo tiempo que contienen una gran cantidad de nutrientes orgánicos e inorgánicos que permiten su reciclaje en la elaboración de productos de alto valor añadido, estos residuales pueden ser aprovechados mediante su transformación proporcionando un valor agregado al cultivo y representando una alternativa para la obtención de aditivos alimenticios de gran importancia. Entre los principales residuales de la industria azucarera se encuentran, los residuales fibrosos que son el bagazo de caña de azúcar y los residuales agrícolas cañeros, que se incluyen dentro de los recursos de biomasa, que es el recurso energético más versátil disponible. Otro de los residuales procedentes de este proceso son las melazas o mieles finales que son el subproducto de la fabricación o refinación del azúcar crudo a partir de la cual ya no es posible cristalizar azúcar adicional bajo métodos corrientes, la melaza es ampliamente utilizada como materia prima para las fermentaciones tales como la producción del etanol o ácido láctico debido a su abundancia y bajo precio comparado con otras materias primas disponibles.

La producción del ácido láctico por fermentación es interesante debido a la perspectiva de usar las materias primas baratas. Las fuentes de carbono para el proceso de fermentación del ácido láctico pueden ser la glucosa, la maltosa, la sucrosa o tales materias primas como melaza y suero de queso o algunos subproductos agrícolas.

Los modernos conceptos acerca de la agricultura sostenible y de la necesidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales han situado a la orden del día el problema de la preservación de los recursos hídricos en las áreas geográficas donde éstos son escasos. De ahí la necesidad de lograr la máxima eficiencia en el aprovechamiento del agua en la agricultura.

Con relación a lo anterior, el riego con aguas residuales ofrece amplias perspectivas. Al respecto, Hylsky (1975) señala que frecuentemente las aguas de desecho son consideradas como un estorbo del cual hay que deshacerse rápidamente; sin tener en cuenta su utilidad desde el punto de vista económico. De acuerdo con Aidárov et al. (1985), las aguas residuales, por su composición, poseen un gran valor fertilizante para los cultivos.

Las aguas residuales del proceso de producción de azúcar y sus derivados constituyen la mayor fuente contaminante de esta industria por su contenido de DQO (Demanda Química de Oxígeno). Es por ello que diversas instituciones han venido implementando acciones que garanticen la disposición de dichos residuales líquidos y la disminución de la contaminación a ellos asociada (Paneque y Monzón, 1999). Una alternativa económica y técnicamente viable para resolver el problema de estos residuales sin necesidad de grandes inversiones es su utilización en el riego y la fertilización de las plantaciones cañeras aledañas a la industria.

La producción de caña de azúcar en Brasil, es de más de 310 millones de toneladas, cultivado en aproximadamente cuatro millones de hectáreas. Esto representa una producción de bagazo de caña, del orden de aproximadamente 100 millones de toneladas, con lo que se produce más de 20 millones de toneladas de cadáver bovino sólo con este residual de la agroindustria y así se incrementan más productos de origen animal de calidad superior en la mesa de los brasileños. Los residuales originados de la caña de azúcar en este país, normalmente coinciden con el periodo de escasez de forrajes en algunas regiones, debido a las ocurrencias de sequías cíclicas y periódicas. Esta enorme cantidad de biomasa producida en las industrias de azúcar y destilerías, se utiliza como alimento básico para el rumiante, en la ausencia de pastos, si es debidamente tratado y correctamente administrado en la alimentación animal.

En Brasil, el 1% de la tierra cultivable produce casi el 50 por ciento del combustible que se consume en el país", según Marcos S. Jank, presidente de la Asociación de la Industria Brasileña de la Caña de Azúcar (UNICA), "y hay una superficie de terrenos degradados siete veces mayor que sirve para el cultivo de caña". Además agrega: "La energía de la biomasa se usa en la época seca cuando el combustible es utilizable, así

que es una fuente complementaria a la hidroeléctrica, que alcanza su máximo durante la época de lluvias".

Además del bioetanol que mezcla con sus gasolinas la petrolera Esso, por ejemplo, del procesado de la caña también se obtiene el edulcorante usado por Coca - Cola para sus refrescos y la vinaza, con el que se produce electricidad suficiente para cubrir el 3% de la demanda total de Brasil, un país con más de 180 millones de habitantes. En Brasil se ha trabajado bastante con la vinaza. Dantur (1996) plantea que en dicho país la vinaza constituye una alternativa importante para abastecer los suelos de potasio. Esta se aplica con cisternas económicamente hasta distancias que superan los

30 km. desde la destilería o zona de embalse, debido a que con menos volúmenes del efluente se reemplaza un fertilizante mineral del tipo NPK de elevado costo (Pérez et al., 1996). Po, citado por Marinho (1982) demostró en Sao Paulo que la aplicación de vinaza con pipas es económica hasta un radio de 34 km. Da Gloria et al. (1978) encontraron incrementos de materia orgánica en los suelos con las aplicaciones de vinaza. Samuels (1980), con dosis de 30 a 45 m³ / ha sin aplicar fertilizantes obtuvo altos rendimientos en planta y 1er retoño. Diluida con el agua de riego evitó la necesidad de usar fertilizantes potásicos. Matiazo y Da Gloria (1980) plantearon que la materia orgánica contenida en el efluente aumenta el fósforo en el suelo y disminuye la acidez. Una dosis de 35 m³ / ha de vinaza con pipa dio mejor resultado que la fertilización mineral. Ferreira y Botelho (1997), en estudios efectuados en condiciones de invernadero, encontraron que un suelo hidromórfico presentó mayores variaciones en los valores de CE por unidad de dosis de vinaza aplicada, seguido del podzólico y del aluvial. Estas variaciones son muy poco acentuadas en suelos con mayores tenores de arcilla.

En Argentina, Scandalariis et al. (1995) plantean que la vinaza a 25 toneladas por hectárea tiene un efecto favorable sobre el crecimiento de la caña.

El río Guayabal afluente del río Catamayo, de la provincia de Loja, Ecuador; utilizado para la agricultura de la zona, se encuentra contaminado por diferentes agentes; se ha detectado como principal fuente de contaminación el vertido directo de desechos

industriales generados por una industria azucarera, que según aforos realizados son de un caudal medio de 138,35 lt./seg. Esta empresa azucarera funciona en el sector del valle de Catamayo, y aguas abajo del punto de vertido producen contaminación en los componentes suelo, aire y agua especialmente. Ocupan grandes caudales en cada uno de los procesos industriales, y al no existir un tratamiento adecuado de los mismos, limita a los habitantes del sector a utilizarla para la agricultura y pesca. Para mitigar los impactos producidos al ambiente, se realizó el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Finalmente el agua residual industrial tratada, se depositará al río Guayabal, siendo apta para ser utilizada en fertirriego, ya que cumple con las normas del MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador).

Siguiendo las tendencias ambientales mundiales el Gobierno Colombiano aprobó el proyecto de Ley 693 de 2001, en el que se estableció que a partir de septiembre de 2005 la gasolina colombiana deberá tener oxigenantes para disminuir las emisiones nocivas ambientales, especialmente las tóxicas (monóxido de carbono). Para cumplir con esta normativa se estableció el uso del 10% de etanol en la gasolina (CORPODIB, 2002).

Uno de los subproductos a explotar como nuevo negocio es la vinaza, que es el principal desecho en la producción del etanol, y que se utilizará como abono orgánico en cultivos de todo tipo. Con la proyección de siete destilerías que se establecerán en el valle del río Cauca se tendrían 1, 350,000 litros de alcohol carburante por día con la generación anual de cerca de 568,500 m³ de vinazas. Con este supuesto, el aporte de potasio sería de aproximadamente 13,758 toneladas por año (Quintero, 2004); gran parte de esta vinaza se utilizara como fuente de potasio para reemplazar el cloruro de potasio en la fertilización de la caña de azúcar.

Los altos contenidos de materia orgánica en la vinaza y su aplicación en residuales de cosecha o en subproductos obtenidos en la elaboración del azúcar incrementan la actividad microbiana que acelera el proceso de descomposición y reduce el tiempo de la preparación de abonos orgánicos; igualmente, aumentan los contenidos de potasio, calcio y azufre en el abono orgánico. En este sentido, en el Ingenio La Cabaña

(Colombia) se han logrado algunos avances en la fabricación de un abono orgánico granulado preparado a partir de una mezcla de cachaza y cenizas enriquecida con vinaza.

La aplicación de todos estos residuales de la producción de azúcar en el mundo esta en aumento, sobre todo por el gran interés que se tiene en muchos países de evitar la contaminación del medio ambiente.

I.4 LA POLÍTICA NACIONAL SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Cuba presenta una fértil labor científica a favor de la Naturaleza y del Hombre a través de toda su historia. Esta se expreso de forma individual por científicos connotados hasta 1959 y desde entonces la preocupación por el desarrollo y conservación del ecosistema adquirió una dimensión institucional dentro de las políticas del Estado.

En los últimos años, el concepto de Medio Ambiente, anteriormente manejado en ámbitos académicos y científicos, se ha extendido al marco popular y estatal. La protección y conservación del Medio Ambiente se ha entronizado en la gestión socioeconómica y cultural del país para concebir no solo la atención, cuidado y mejoramiento del entorno sino, además, la calidad de la vida que en él se desarrolla.

El proyecto de desarrollo socioeconómico, iniciado por el Gobierno Revolucionario incluyo medidas en favor del Medio Ambiente, que se caracterizan en dos periodos, uno de 1960 a 1980, y el segundo desde este año a la actualidad.

En 1992, Cuba respaldó la Declaración de Río, la Agenda 21 y firmó el Convenio de Diversidad Biológica y la Convención Marco sobre Cambio Climático, en la Conferencia Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, Brasil, donde Fidel Castro Ruz, presentó la posición cubana ante los problemas ambientales mundiales y las vías para resolverlos.

En Cuba la protección del medio ambiente figura en el artículo 27 de la Constitución de la República donde se reconoce al Estado como máximo protector del medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico social sostenible para hacer más racional la vida humana, y asegurar la

supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. La ley del Medio Ambiente o ley No. 81 tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país. En mayo de 1998, el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) dio a conocer las bases para la proyección estratégica del sistema de ciencia e innovación tecnológica de Cuba. En su misión, el Sistema se plantea “constituir un elemento dinamizador del desarrollo socialista y sostenible del país [...] mediante la generación, transferencia, asimilación, adaptación, difusión, uso y comercialización de conocimientos científicos tecnológicos” [La Ciencia y la Innovación tecnológica en Cuba, p. 11], para contribuir decisivamente a: elevar la eficiencia de la economía nacional, aumentar la calidad de vida de la población, incrementar y diversificar la exportación y la generación de divisas, sustituir importaciones, desarrollar la cultura productiva que aplique la ciencia y la tecnología, crear condiciones para crear y asimilar nuevas tecnologías y otros objetivos. El documento establece la necesidad de planificación de las actividades científico – tecnológicas sin contradicciones con las necesidades crecientes de utilización del estudio del entorno que faciliten la introducción competitiva en el mercado de los resultados finales de las investigaciones. Complementariamente, el documento establece que “la innovación tecnológica tiene que ser parte consustancial de las estrategias de los sectores productivos y de servicios y de sus empresas” [La Ciencia y la Innovación tecnológica en Cuba p 30]. En el mundo contemporáneo, lo anterior sólo se logra eficientemente por las empresas si se utilizan los mecanismos de inteligencia corporativa. A ese fin, el Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica, cuenta con varios recursos. Más reciente en la estrategia del gobierno cubano por elevar la superación de la población se imparten clases y conferencias a través de medios audiovisuales, para ello se editan tabloides especiales como material de consulta, dentro de estos se encuentra el suplemento “Introducción al conocimiento del Medio Ambiente”, en el mismo, al hacer referencia al desarrollo

sostenible, se señala que “una integración adecuada de los factores económicos, sociales y ambientales – son los que pueden expresar un nivel de desarrollo – es la única forma, no precisamente como se dice de salvar el planeta, sino de conservarlo en las condiciones que posibiliten la existencia de la especie humana”.

Las políticas ambientales tradicionales que han prevalecido para el control de la contaminación han ido desde ignorar el problema, a la dilución como forma de reacción, hasta el control de la contaminación a través del tratamiento de residuales y emisiones al final del proceso o “al final del tubo” y donde comienzan a aparecer algunos niveles de reuso y reciclaje.

Más recientemente, se ha ido introduciendo una nueva forma para la solución de los problemas ambientales a través de la prevención de la contaminación cambiando la política de las llamadas soluciones “al final del tubo” (causantes de grandes costos) por la reducción de los residuales y emisiones en el mismo lugar donde se generan a lo largo del proceso productivo o de servicio.

El ordenamiento y la búsqueda de solución a los problemas del medio ambiente, sobre todo a los de conservación, están ligados al concepto de desarrollo. Por tanto, el establecimiento de una política ambiental nacional y de las estrategias para el desarrollo sostenible, no pueden hacerse al margen de los elementos históricos, culturales, económicos y sociales, ni fuera del contexto internacional que lo define y en ocasiones también condiciona. Lo anterior es especialmente válido para nuestras condiciones, debido al proceso histórico, económico y social por el que se ha transitado, y por su vinculación y efectos productivos sobre el medio ambiente. Nuestro país tiene que luchar por mantener los logros y conquistas sociales alcanzadas, en los que han tenido en cuenta todos estos elementos. Desde los inicios del período colonial, y ya en este siglo, bajo la condición impuesta de república mediatizada, el desarrollo económico se logró alcanzar sustentado principalmente en la producción agrícola extensiva con un uso y manejo inadecuado de los suelos y una extensa destrucción de las áreas boscosa.

La aplicación de nuevos conocimientos adquiridos y los resultados científicos

alcanzados han permitido evaluar gran parte del potencial de los recursos naturales existente en el país, aplicar cada vez mejor la gestión en el manejo de los recursos de agua y suelo, rehabilitar y restaurar ecosistemas afectados, aplicar nuevas tecnologías para el aprovechamiento de residuales y desarrollar nuevas vacunas y medicamentos.

Una atención adecuada a los afluentes que genera cada proceso productivo y el conocimiento de las posibles vías de contrarrestar sus efectos permite conjugar de forma armónica el desarrollo industrial con la protección de los recursos naturales. Una forma distinta de gestionar la tecnología para enfrentar el problema ambiental es el enfoque de producción más limpia (P+L), el cual prevé la contaminación en su punto de generación.

El concepto de P+L se define como “la forma de producir que requiere (...) sean consideradas todas las fases de vida de un producto o de un proceso con el objetivo de prevenir o minimizar el riesgo (...) para los humanos y el medio ambiente” Su aplicación estimula la innovación de procesos que utilicen al máximo los recursos y no produzcan más impacto residual que el asimilable por el eco ambiente (Rigola, 1998).

Según el artículo 478, del capítulo VII, del Decreto 281, Sistema de gestión Ambiental: “La empresa debe aplicar adecuadamente los principios de producción más limpia y consumo sustentable siguientes:

- Uso eficiente de materias primas, insumos, agua y energía, mostrando índices de consumo adecuados. Ahorros alcanzados por unidad de producto o servicio.
- Medidas tomadas para prevenir y minimizar la generación de los residuales (sólidos, líquidos y gaseosos). Efectividad lograda en la reducción de los mismos. Especial atención a los desechos peligrosos.
- Caracterización de los residuales generados. Por ciento de residuales reusados y reciclados respecto al volumen generado.
- Adecuado tratamiento y disposición final de los residuales generados no reusados y reciclados.

Lo que le permitirá:

- Prevenir o al menos reducir, la generación de residuales en todas las etapas del

proceso, con el fin de eliminar o reducir los residuales que necesitan ser tratados y dispuestos al final del proceso.

- Mediante la prevención de la contaminación en la fuente que la genera, se minimizan los costos de tratamiento y de disposición final.
- Optimizar la utilización de los recursos, ajustando el consumo de materias primas, otros insumos, agua y energía a lo estrictamente necesario, lo cual conlleva una reducción de los desechos que se generan.
- Sustituir en la medida de lo posible, las materias primas e insumos peligrosos (tóxicos, inflamables, corrosivos, etc.), lo que contribuye a la minimización de la generación de desechos peligrosos, cuyo tratamiento y disposición final suele ser costoso e incluso, no disponer en el país de las tecnologías requeridas para ello.
- Los residuales que sean generados deberán ser aprovechados, mediante su re- uso y reciclaje.
- Los residuales que no puedan aprovecharse deberán someterse al tratamiento adecuado antes de su disposición al medio.

En Cuba, la industria azucarera es una de las mayores contaminantes debido a la gran cantidad de residuales que genera.

I.5 SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA AZUCARERA CUBANA.

El Grupo Nacional del Azúcar es el organismo encargado de dirigir, ejecutar y controlar la política del Estado y gobierno en cuanto a las actividades de la agricultura cañera, la industria azucarera y sus derivados, logrando el desarrollo sostenible de sus producciones y servicios, con el objetivo de contribuir a la seguridad alimentaria y alcanzar crecientes ingresos netos para el país.

I.5.1 SITUACIÓN ACTUAL

El Grupo AzCuba cuenta con 71 empresas azucareras, 14 mieleras y 25 agropecuarias, 13 destilerías y 11 fábricas de torula. La industria azucarera y sus derivados generan unos 230 mil m³ de aguas residuales por día. Con una producción de 4 millones de toneladas de azúcar se producen 1260 miles de toneladas de cachaza, 439 mil de ceniza y 10080 mil de bagazo, pudiendo producirse más de 2.5 millones de toneladas de compost por zafra.

A todo esto se agrega una deficiente gestión ambiental por parte de las fuentes generadoras, fundamentalmente en cuanto a caracterización, segregación de sustancias nocivas y tratamiento de dichos residuales. También inciden en la contaminación de las aguas terrestres y marinas, los residuales de combustibles y lubricantes que se generan en las empresas de transporte y talleres de maquinaria agrícola pertenecientes al sector.

Aún cuando en la industria azucarera se emplea bagazo como combustible en la producción de vapor, hay que tener en cuenta que no toda la masa se recicla, lo que condiciona la necesidad de restituir al suelo las cenizas de las calderas, la cachaza, etc., lo cual disminuye este efecto aunque no lo resuelve totalmente.

La cachaza, que significa hasta un 4 % de la caña molida, posee un elevado contenido de materia orgánica, en el orden de los 30 Kg. /m³ en término de demanda química de oxígeno. En ocasiones estos residuales van a fuentes superficiales de agua. La aplicación directa de la cachaza fresca como agente fertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, permitirá la sustitución de volúmenes importantes de fertilizantes inorgánicos. La experiencia acumulada recomienda aplicar una dosis de 25-60 ton/ha cuando se aplica al surco y de unos 50-150 ton/ha para la preparación del suelo. La sustitución del fertilizante inorgánico representará una disminución de los costos de fertilización; sin embargo, la transportación y aplicación en los campos conllevan un determinado costo, lo cual requiere de un análisis casuístico en la entidad, con el fin

de indicar los resultados económicos de su utilización. Es de destacar que los estudios realizados acerca de la aplicación directa de este material, han arrojado como resultados un efecto fertilizante residual de 3 a 5 años y el aumento en los rendimientos agrícolas. Las experiencias en la elaboración y aplicación de compost en Cuba, con el empleo de la cachaza, han indicado una disminución de los requerimientos de fertilizantes minerales de aproximadamente un 50%. La dosis de aplicación de 20-25 ton/ha ha permitido aumentar los rendimientos en alrededor de un 15%. Se pueden producir unos 50 Kg. de compost por cada tonelada de caña procesada.

En Cuba se han desarrollado algunas producciones para alimento animal que utilizan los residuales de la producción azucarera y alcoholera. Uno de estos alimentos, denominado GICABU, emplea cachaza en proporción de 4:1 y presenta un valor de energía metabolizable de 1.8 mcal/Kg. de materia seca. Puede sustituir hasta un 15% de ésta en una dieta de producción de leche y del 45-60% de una dieta de mantenimiento. Otro alimento, denominado GARANVER, se obtiene empleando la cachaza, los residuales ácidos y alcalinos de las operaciones de limpieza de equipos, el bagacillo y una determinada proporción de urea. Cada 100 Kg. de este alimento contiene 70 Kg. de cachaza. En este proceso se obtienen volúmenes significativos de una mezcla orgánica biodegradable elaborada a partir de desechos azucareros del ingenio (REINAZ) con características apropiadas para mejorar los suelos agrícolas a la vez que se puede reducir al mínimo el vertimiento de residuales azucareros al entorno.

La cachaza presenta un contenido de ceras que puede ser extraído industrialmente para su posterior uso. También reviste interés para la producción de medicamentos. Actualmente se realizan estudios para definir su uso mediante emulsificación en el recubrimiento de cítricos.

Actualmente la propia Industria Azucarera y la de sus derivados consumen alrededor de 19 millones de toneladas de bagazo, para satisfacer el 74% de la demanda energética del Grupo Nacional, incluyendo todas sus actividades. Del 1,5 millones restantes, la mayor parte se destina a la producción de papel y tableros.

De los 6 millones de toneladas de residuales agrícolas cañeros separados, alrededor de 1,8 millones se destinan a alimento animal y compostaje, unas 200 mil toneladas, principalmente paja, se utilizan como combustible y 4,3 millones aún se queman sin provecho en los centros de acopio y limpieza.

En diversas localidades del país, la calidad del aire es deficiente, provocado fundamentalmente por la incorrecta ubicación de la industria con respecto a la comunidad o viceversa. Se cuenta en la actualidad con 85 centrales que utilizan como combustible el bagazo durante la época de zafra y al concluir la cosecha, las refinerías continúan el proceso consumiendo ciertas cantidades de combustible fósil. Los gases de combustión que se emiten a la atmósfera al utilizar biomasa son menos contaminantes, liberan cantidades de hollín y otros gases, como NO₂. Otra fuente de emisiones de gases es la quema de la caña, que aunque reducido hasta cerca del 10 %, se producen por accidentes y delitos. Esta práctica también se realiza en ocasiones para quemar los residuales de la cosecha en los campos de retoño y en los centros de limpieza para disminuir los volúmenes de paja que se acumulan en los mismos, acción esta que afecta el entorno y causa molestias a los asentamientos poblacionales de la periferia.

La miel final, debido a su alto contenido de azúcares, tiene un considerable precio en el mercado internacional, por lo que actualmente constituye un producto importante de la industria azucarera. En Cuba ha sido ampliamente utilizada en la producción de alcohol etílico, levadura torula y como alimento animal directamente. La producción de torula ha tenido el inconveniente de la baja productividad del proceso, los altos costos de energía y el volumen elevado de residuales contaminantes pues, según la literatura consultada, en la planta anexa al Complejo Agro industrial "Perucho Figueredo", el consumo de fuel-oil alcanza 664 Kg. / tonelada de levadura seca, se necesita evacuar un flujo de calor de 2,74 Mw. y el costo del producto es de 701 pesos por tonelada. El bagazo y la cachaza contienen altos niveles de compuestos lignocelulósicos y baja digestibilidad, usarlos directamente en la alimentación animal no permite aprovechar todas sus potencialidades. El aprovechamiento de estos residuales en la alimentación animal

debe superar estos inconvenientes. Alcanzar un contenido elevado de proteína verdadera (cercano al 10 % MS), con pocos residuales contaminantes y con un costo que compita en el mercado nacional e internacional, es actualmente uno de los retos más importantes del proceso de diversificación de la industria azucarera. Una de las vías para lograrlo es la fermentación en medios sólidos, técnica ampliamente utilizada en la producción de alimento animal.⁶

En la segunda mitad de la década pasada surge en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) la propuesta de una tecnología para enriquecer el bagazo con proteína unicelular. Consistía en una fermentación espontánea del bagazo embebido en jugo de caña enriquecido con urea y sales minerales ricas en fosfatos.

La mayoría de los proyectos de las 14 plantas montadas en el país mostraron serias deficiencias en su etapa de producción. Tenían dificultades por mal montaje y por la propia concepción de la tecnología. Estas dificultades dieron lugar a altos costos de producción, desaprovechamiento de las capacidades y baja calidad del producto final.

En los trabajos de perfeccionamiento de esa tecnología surge un producto denominado Bagarip, que es una mezcla de residuales de la producción azucarera, enriquecida con proteína unicelular por fermentación en medio sólido (FMS). Sus principales componentes son: bagazo, cachaza miel final, una fuente de nitrógeno inorgánico, sales minerales y una cepa de levadura forrajera. Su tecnología de fermentación supera muchas de las limitaciones planteadas a la Saccharina. Los estudios realizados sobre el Bagarip hasta 1995 se centraron fundamentalmente en la definición del producto y en pruebas de sondeo a gran escala para establecer su comportamiento productivo, así como el efecto en los animales de interés económico.

I.5.2 RESIDUALES LÍQUIDOS DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR CRUDO.

Los residuales líquidos se originan como resultado de las aguas de condensado, aguas de inhibición o maceración, aguas de enfriamiento y aguas de las limpiezas químicas con ácido clorhídrico y sosa cáustica que se utilizan periódicamente. Estas

⁶ Pérez, Z. F.; J. Scandalariis y N. Dantur. 1996. Aprovechamiento agrícola de los residuos de la agroindustria de la caña de azúcar. Parte III: Evaluación económica de sistemas de manejo. Avance Agroindustrial, julio 1996. p. 37 – 41.

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. Para tener una idea de la problemática y considerando solo los efluentes líquidos, se puede decir que los centrales, vierten anualmente millones de metros cúbicos de aguas residuales con una demanda química de oxígeno (DQO) entre 3 y 5 Kg. /m³. En la actualidad, se considera que como promedio, vierten entre 0,5 y 0,6 m³ de productos residuales por tonelada de caña molida. (Mondi et al., 2001).

Los mayores problemas de contaminación que se producen en la agroindustria azucarera y sus derivados, corresponden a la emisión de residuales líquidos provenientes fundamentalmente de los centrales productores de azúcar crudo, refinerías, fábricas de torula y destilerías, en un total de 130 fuentes generadoras de estos residuales. Estas empresas se hallan diseminadas por la mayoría de los municipios del territorio nacional, incidiendo en mayor o menor grado, una parte de ellas, en las cuencas hidrográficas, bahías, zonas costeras y aguas terrestres interiores, afectando además los suelos aledaños a canales, cuando estos están en mal estado.

A lo anterior se le suma el excesivo consumo de agua en varias centrales y plantas de derivados que trae como consecuencia un mayor volumen del residual generado, que llega a alcanzar mas de 200 mil m³ en las condiciones actuales, equivalente a lo generado por una población de 4.3 millones de habitantes. Los esfuerzos realizados para ahorrar agua en los centrales han permitido reducir el índice de consumo promedio de 1,69 a 0,72 metros cúbicos por tonelada de caña molida en los últimos cuatro años, para un ahorro de 34,9 millones de metros cúbicos del líquido que no se extrajeron de sus fuentes de abastecimiento.⁷

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, 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.

⁷ <http://www.tierramerica.net/index.html>

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 afectaría aún más el medio ambiente.

Para poder utilizar los residuales líquidos en el fertirriego, tanto la industria como los especialistas de la actividad agrícola tienen que conocer la calidad del agua con la que se está regando. La industria, para que se tomen las medidas pertinentes en el proceso y se garantice un residual libre de grasas, cachaza y otros residuales así como que el pH sea neutro, y la agricultura, para que una vez conocidas las características, pueda decidir si ese efluente puede ser utilizado en el riego o no.

En el estudio de las aguas residuales⁸ se deben determinar los volúmenes que se producen y su composición química. Este debe incluir el pH, conductividad eléctrica (CE), la relación de absorción de sodio (RAS), cantidades de calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, materia orgánica, fósforo y nitrógeno.

Estos análisis para la determinación de la composición química de los residuales se deben realizar en tres momentos durante el periodo de zafra: al inicio, mediados y al final de la misma. A partir de los resultados de la composición química de los residuales, se hará una evaluación para determinar su calidad para el riego.

Como complemento a esta información, se hará un muestreo de la fuente de abasto de agua del central. La toma de estas muestras deberá coincidir con las fechas en que se hace la caracterización de las aguas residuales y se realizarán las mismas determinaciones, excluyendo los análisis de materia orgánica, nitrógeno y fósforo.

Como aspectos adicionales se establece:

- Que las aguas de crudo y refinería se evalúen como aguas de riego, con el mismo rigor que se hace para un agua de pozo, río o presa.
- Para decidir si el agua residual puede aplicarse a suelos con características específicas, plantado de caña de azúcar, se tendrán en cuenta los criterios de la tabla 2.

⁸ “Aguas cuya calidad original se ha degradado en alguna medida como consecuencia de su utilización” (Decreto- Ley 138: De las aguas terrestres. Artículo 3)

Tabla 2: Criterios de evaluación para las aguas residuales que se utilizarán en el riego:

Criterios	Conductividad eléctrica (CE) (mmOhm/cm.)	Sales solubles totales(SST) ppm	Relación de absorción de sodio(RAS)	pH
Buena	< 1.50	< 960	< 4	6-7
Regular	1.50 - 1.80	960 – 1150	4 – 7	5 – 6 7 – 7.8
Mala	1.80 – 2.40	1150 – 1530	7 – 10	4 – 5 7.8 – 8.4
No se debe utilizar	> 2.4	> 1530	> 10	< 4 > 8.4

Fuente: AzCuba - INICA. 1999. Metodología para la utilización de los residuales de la industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar.

Cuando se caractericen las aguas residuales y los valores de conductividad eléctrica, pH, y relación de absorción de sodio no coincidan de forma simultánea con una de las cuatro categorías establecidas en la Tabla 2, entonces el criterio de evaluación para su aplicación estará determinado por el contenido del elemento que se considere determinante en las modificaciones físico químicas que puedan producir esas aguas en el suelo al cual se destinen. Además se calculará el valor fertilizante del residual, por sus contenidos en materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

En todas las empresas azucareras que se utilicen los residuales para el riego de la caña se establecerán los campos control, que consisten en utilizar dos campos, uno donde se apliquen los residuales y el otro donde se riegue con agua de pozo u otra fuente que se disponga, según el sistema y posibilidades que se tengan o campo de secano, si no existe agua para el riego. Al campo control se le aplicará fertilizante químico. En ambos

campos se realizarán las actividades correspondientes, incluyendo la cosecha y todos los controles indicados. Estos campos servirán de patrón para las evaluaciones de suelos y rendimiento.

La utilización de fuentes orgánicas en los suelos a partir de restos o desechos de la industria azucarera es una tecnología que se ha perfeccionado en los últimos años, donde se ha editado una amplia información científica. En Cuba es a partir de la década de los 80 en el siglo XX que se comienza a emplear estos residuales en beneficio de la Agricultura cañera, destacándose como pioneros los Complejos Agroindustriales Arquímedes Colina de la provincia de Granma y el Mario Muñoz de Matanzas en los que se han logrado resultados positivos en la actividad.

Diversas experiencias, obtenidas en Cuba a lo largo de 20 años de trabajo, han permitido comprobar que si las aguas residuales se aplican de forma adecuada, el suelo puede ser un buen receptor y purificador de las mismas; mejorando además sus propiedades físicas, biológicas y agroquímicas. Por efecto del fertirriego con aguas residuales se obtiene un efecto acumulativo de los nutrientes o elementos en el suelo; aumenta la materia orgánica, el fósforo y el potasio; y se incrementan significativamente los rendimientos del cultivo. Los resultados obtenidos por el INICA (Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar) durante los años 1986 – 2006 demostraron la factibilidad de la aplicación de las aguas residuales utilizando indistintamente el riego

por gravedad o por aspersión; garantizándose el aprovechamiento de 600 mil m³ de aguas de desecho de la producción azucarera; el ahorro de más de 30 mil toneladas de fertilizantes minerales y el incremento de los rendimientos agrícolas en un rango de 15 a 26 toneladas por hectárea de caña (ECIRDCA, 1990). Según reportes del INICA a partir de los resultados obtenidos con el fertirriego en 8 centrales azucareros de las provincias Granma y La Habana, el rendimiento promedio por cosecha del cultivo se incrementó hasta en 60.7 toneladas por hectárea en comparación con las áreas no irrigadas con residuales líquidos (Paneque y Monzón, 1999).

Además de las bondades ya señaladas, el fertirriego con aguas residuales trae consigo beneficios sociales; ya que al emplear los suelos como receptores de dichas aguas se

elimina la contaminación que éstas provocaban al medio ambiente, las localidades se libran de los malos olores y son controlados los insectos perjudiciales que anteriormente afectaban a la población.

A partir del tratamiento anaeróbico de los residuales líquidos de la empresa azucarera es posible producir biogás y utilizar los lodos residuales como fertilizantes. Determinadas cantidades de cachaza pueden ser añadidas a los residuales líquidos para aumentar el contenido de materia orgánica y mejorar el rendimiento de la producción de biogás. El lodo obtenido se puede emplear como fertilizante por su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

El Grupo Nacional cuenta con una Estrategia Ambiental para poder alcanzar y cumplir los compromisos y metas que dicta el CITMA, lo que conlleva a seguir trabajando en el reordenamiento de la industria azucarera como una necesidad del país para lograr alcanzar un estadio superior en la protección del Medio Ambiente y el uso racional de los recursos naturales, con el consecuente uso eficaz de los recursos financieros y materiales de que se dispone.

En la UEB Atención a Productores Urbano Noris, no se aprovechan estos residuales en el fertirriego de sus plantaciones cañeras, debido a que no tienen concebido un plan de acción o proyecto para la utilización de estos, razón por la cual se vierten al medio ambiente contaminando las aguas subterráneas y las aguas del río Cauto.

Es de gran interés por parte de la dirección de esta entidad que se elabore un plan de acción para la utilización de los residuales líquidos en el fertirriego, por lo que la realización de esta investigación se centrará en la elaboración de este.

CAPÍTULO II: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE ACCIÓN QUE PERMITA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUALES EN LA UEB ATENCIÓN A PRODUCTORES “URBANO NORIS”

II.1 CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA EMPRESA:

La construcción de la empresa Azucarera Urbano Noris Cruz se inicia en 1917 por la Compañía Azucarera Central Canarias, siendo su primera zafra la de 1919-1920, bajo la presidencia de Rafael Domínguez y en 1921, producto de la baja de los precios del azúcar en el mercado mundial, se origina una crisis económica que provoca que el “Chase National Bank” se apodere del central y lo opere a partir de este momento a través de la compañía Fidelity Sugar Company, la cual se mantiene durante más de 20 años.

Con vistas a realizar la zafra de 1970 se llevó a cabo un fuerte programa de inversiones, que trajo como consecuencia la nueva ampliación del central, convirtiéndolo en uno de los tres grandes colosos del país, junto al Antonio Guiterras y al Uruguay.

Este plan incluyó la instalación de un nuevo tándem checoslovaco Skoda, con una capacidad de molienda de 600 mil arrobas diarias, una termoeléctrica compuesta de ocho calderas de 10 mil libras y cuatro turbogeneradores de tres MW cada uno, todos alemanes, seis baterías de 36 centrífugas alemanas, cinco clarificadores y cinco filtros, tres tachos y tres cuádruples, un nuevo enfriadero, y muchas otras inversiones inducidas; todo ello permitió llevar a 1100 000 arrobas diarias la capacidad de molienda.

A partir del año 2003 se comienza la electrificación del tándem checoslovaco Skoda, que inicialmente trabajaba con turbinas de vapor. En el año 2007 se comienza la instalación de dos calderas nuevas, de un plan de tres a instalar, con una capacidad de 80 toneladas de vapor por hora, las cuales se encuentran trabajando en estos momentos con muy buenos resultados.

Al ser nacionalizado este central, los trabajadores acordaron ponerle el nombre de Urbano Noris Cruz, que había sido trabajador de las centrífugas y destacado dirigente sindical nacido el 24 de enero de 1902 y que falleció el 11 de abril de 1959 después de dedicar toda una vida al servicio de sus compañeros.

Esta empresa, perteneciente al Grupo Nacional del Azúcar, está formada por: Servicios agrícolas, transporte especializado, servicios generales, construcción, derivados y fábrica de azúcar. Está integrada además por 13 UBPC, cuatro granjas estatales y siete CPA. La plantilla aprobada de la Empresa es de 2789 trabajadores, la cual está cubierta con 2776 y está desagregada como lo refleja la tabla 3. La estructura organizativa se muestra en el anexo 1.

Tabla 3: Resumen de la plantilla:

CATEGORÍA OCUPACIONAL	CANTIDAD DE TRABAJADORES
Dirigentes	73
Técnicos	226
Obreros	2101
Trabajador de servicio	225
Trabajador administrativo	153
TOTAL	2778

Dentro del objeto social de esta entidad se encuentra:

-  Producir y comercializar de forma mayorista y en ambas monedas azúcares a las empresas operadoras de azúcar y sus derivados y de ingeniería y servicios azucareros (Tecnoazúcar) de acuerdo a las regulaciones establecidas por el Grupo AzCuba.
-  Producir y comercializar de forma mayorista y en ambas monedas subproductos tales como miel, cachaza, bagazo, residuales agrícola de la cosecha, cenizas y otros, provenientes de la agroindustria azucarera. En el caso de los productores cañeros sólo en moneda nacional.
-  Producir y comercializar de forma mayorista y en ambas monedas derivados tales como alcoholes, levaduras, gas carbónico, rones, licores, vinos, refrescos, metano, acetileno, agua destilada, fertilizantes orgánicos, alimento animal y

otros, provenientes de la agroindustria azucarera. En el caso de los productores cañeros sólo en moneda nacional.

- Producir y comercializar de forma mayorista y en ambas monedas energía eléctrica para el sistema de la Unión Eléctrica.
- Producir y comercializar de forma mayorista y en moneda nacional, semillas de caña y medios biológicos para el control de plagas y enfermedades en las plantaciones agrícolas.
- Producir y comercializar de forma minorista a los trabajadores en moneda nacional productos agropecuarios y otras producciones complementarias de la agroindustria azucarera.

Misión: Garantizar la producción y comercialización de los diferentes tipos de azúcar de caña, energía eléctrica y derivados, así como la eficiente operación del transporte ferroviario y los centros de recepción y beneficio de la caña, las plantas de derivados, el transporte automotor y los talleres de reparación y mantenimiento, con progresiva disminución de los costos y con calidad competitiva, con una correcta gestión de los recursos humanos, para alcanzar crecientes ingresos netos y lograr un papel destacado de la producción azucarera en la economía del país y en la preservación del medio ambiente.

Visión: Poseer clientes estables, que conozcan nuestra presencia, eficiencia y eficacia en los servicios que brindamos. Producir azúcar de alta calidad y ser el preferido en nuestra meta.

II.2 CARACTERIZACION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA UEB ATENCIÓN A PRODUCTORES URBANO NORIS. ANALISIS DE LOS RESIDUALES LIQUIDOS.

Se define como azúcar crudo, al obtenido directamente a partir del jugo de la caña sin aplicar procedimientos o aditivos especiales para su blanqueo. En estas condiciones se obtiene por un proceso casi tradicional el azúcar crudo, que es básicamente una materia prima para refinerías u otros procesos que así lo requieran. Se realizaron observaciones al proceso productivo de la UEB Atención a Productores Urbano Noris para valorar los residuales que se generan en este (anexo 2).

La preparación de la caña es la primera operación que se realiza en la fábrica y tiene como objetivo fundamental romper así su corteza exterior y llegar hasta las celdas donde se encuentra contenida la sacarosa para facilitar su extracción.

Generalmente la caña es sometida a un proceso de preparación por medio de la acción de dos juegos de cuchillas picadores, que golpean ininterrumpidamente sobre el colchón en la estera de caña. El diseño de estas cuchillas es muy versátil, aunque los más populares en Cuba por sus resultados son los del tipo diente de sierra, el número de machetes dependerá del ancho de la estera.

Estas cuchillas picadoras de caña son accionadas por motores o turbinas que le imprimen velocidades que van desde las 600 hasta las 900 r.p.m. y se sitúan de forma tal que la distancia libre entre la punta de la cuchilla y la estera sea en la primera alrededor de cuatro pulgadas (100 mm) y la segunda hasta un mínimo de 1.5 pulgadas (32 mm).

Posteriormente el colchón de caña así preparada se alimenta a una desmenuzadora o molino desmenuzador, culminando así el proceso de preparación, en otras latitudes se utiliza con muy buenos resultados desfibradoras de martillos antes del molino desmenuzador.

La segunda operación que se realiza es la extracción de jugo que se lleva a cabo en la planta moledora. El tándem se integra de forma genérica con cuatro a seis unidades de molida. En la industria azucarera cubana se han generalizado los alimentadores forzados de cuarta maza en busca de una mayor eficiencia en la operación del tándem.

En la planta moledora se produce el fenómeno de la extracción de pol⁹, por la aplicación del principio de flujo a contracorriente a partir de utilizar el jugo más diluido para macerar la fibra rica. La fuerza motriz del proceso es la diferencia en la concentración de azúcar entre las celdas rotas y el jugo macerante. En la Fig. 1 se muestra un gráfico ilustrativo del funcionamiento de la operación de extracción de jugo en el tándem.

⁹ "Valor obtenido por la polarización simple y directa en un sacarímetro de una solución de peso normal" Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Capítulo 1.

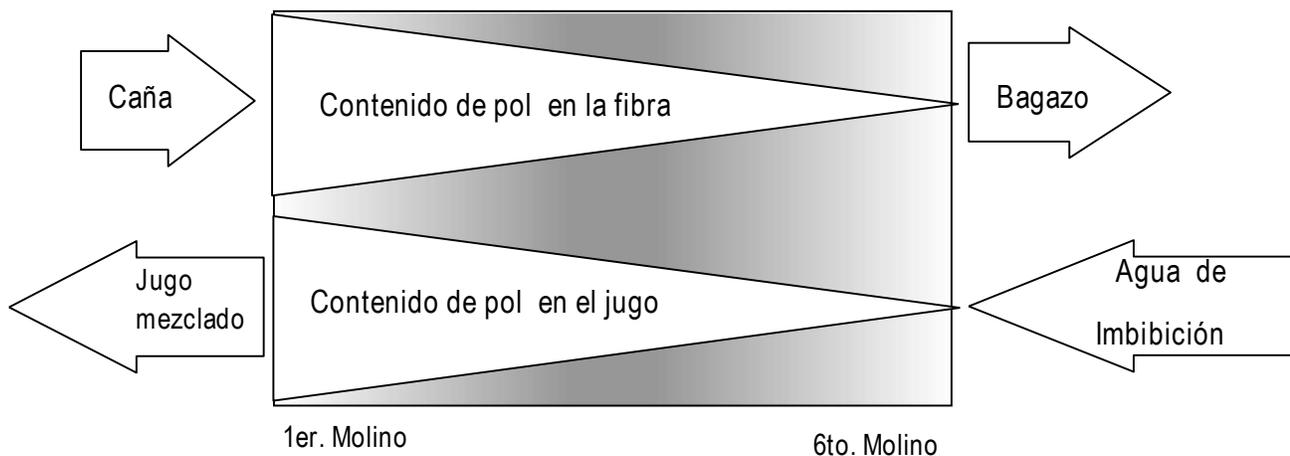


Fig. 1 Funcionamiento de la extracción de jugo.

La acción se combina con la aplicación de altas presiones en los molinos de forma tal que se logre un alto grado de extracción. La temperatura de la maceración, que es el proceso en el cuál el bagazo se satura de agua o jugo generalmente a alta temperatura¹⁰, e imbibición, el cual es el proceso por el cuál se añade agua o jugo al bagazo para que se mezcle con el jugo existente en éste y lo diluya¹¹, cataliza la extracción por concepto de incrementar la solubilidad del azúcar y además de ello mantiene protegido al tándem contra el desarrollo de microorganismos. Las aguas que se usan en esta operación se denominan agua de maceración y agua de imbibición y son las primeras aguas que se incorporan al proceso, las cuales proceden de la fuente de abasto de agua del central.

La desmenuzadora tiene que realizar el 60 % de la extracción, el 40 % restante en las subsiguientes unidades de molienda; quedando para las dos últimas la función de sacado del bagazo.

Con esta tecnología se logra mejorar la extracción tanto de pol como de jugo, pero con ello también se incrementa significativamente el contenido de No Azúcares que entran a

¹⁰ Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Capítulo 13.

¹¹ Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Capítulo 13.

la fábrica y ello incide desfavorablemente en la clarificación y por ende en la calidad del azúcar.

La eficiencia del tándem se evalúa a partir de la extracción de pol y de jugo mezclado. Resulta decisiva para la eficiencia global del proceso pues lo que el tándem no sea capaz de extraer se va a las calderas con el bagazo e irremediablemente se pierde. La extracción de jugo mezclado oscila en el rango de 90 al 100 %, en dependencia del flujo de agua de imbibición y de la fibra de la caña.

Del molino se obtiene jugo mezclado y el bagazo en una proporción del 27 al 30 % en caña. El bagazo se quema en las calderas para producir vapor; en instalaciones bien diseñadas, con buen estado técnico se puede obtener hasta 2.1 toneladas de vapor por cada tonelada de bagazo.

La purificación de jugos es la tercera operación de este proceso y tiene por objetivo fundamental, alcanzar la mayor separación posible de impurezas presentes en el jugo logrando que en su mayoría salgan en forma de cachaza seca a partir de las siguientes operaciones:

1. Alcalización: se denomina así al proceso mediante el cual se encala el guarapo, por medio de la adición de lechada de cal diluida, en una proporción que va desde 500 y hasta 650 gramos de cal por tonelada de caña molida, o de sacarato, preparado previamente por medio de meladura y lechada de cal concentrada¹².

Este proceso de encalamiento se puede realizar de una vez, en frío o en caliente o en dos etapas, una pre alcalización en frío con la rectificación en caliente. Esta forma se denomina fraccionada y es por sus resultados la más utilizada por los ingenios. Este proceso se conoce como cal - calor - cal, por la aplicación sucesiva de las operaciones que le dan su nombre. Luego de éste procedimiento el jugo pasa al tanque flash, donde iguala su temperatura a 100 °C, para posteriormente ingresar al clarificador a temperatura constante.

2. Decantación del jugo: Es la operación de ingeniería a la que se somete el jugo en los clarificadores, después de alcalizado, para completar la reacción de

¹² Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Capítulo 1.

formación y sedimentación de los flóculos de fosfato tricálcico. Para lograr una perfecta separación en dos fases, la primera jugo claro y la segunda cachaza¹³. Los lodos del clarificador, son llevados a un mezclador donde se le adiciona bagacillo como medio filtrante, en proporción suficiente como para formar una torta con buenas propiedades físico mecánicas. El proceso de agotamiento de la torta se lleva a cabo en los filtros rotatorios al vacío. El contenido de bagacillo en la mezcla debe estar en el orden de los 6 a 8 Kg. por tonelada de caña, lo que representa de un 10 a un 15 % en peso de la torta. Estos lodos se caracterizan por tener un pH en el entorno de 6.0 a 6.7 y una relación sólido líquido del orden del 50 %. Su proporción es del orden del 18 al 29 % en relación con la caña. En el filtro se le adiciona agua condensada contaminada caliente, alrededor de los 75 °C, para agotar lo más posible a la torta de cachaza. Debe mantenerse este valor de la temperatura y controlar su volumen para que la dilución del jugo de los filtros no sobrepase el 25 %. De esta operación se obtiene, cachaza y jugo filtrado.

El jugo de los filtros retorna al tanque de mezclado directamente. Es posible clarificarlo de forma independiente, este proceder mejora mucho el área de purificación y condiciona una mejor eficiencia, pues con esta tecnología se eleva considerablemente su pureza y se logra aproximar a la del jugo clarificado. Luego se decide en función de su calidad si se puede correr hacia los evaporadores o se retorna hacia el tanque de jugo mezclado.

La evaporación es la cuarta operación del proceso en la que se evapora del 73 al 75 % del agua presente en evaporadores a simple y múltiple efecto. Con este proceso se logra concentrar el jugo desde 15.5 hasta 65 °Brix¹⁴. Se consideran equipos a simple efecto a los vapor cell y pre evaporadores; como múltiple efecto a los dobles, triples, cuádruples y quíntuples efectos. En el caso de la empresa azucarera Urbano Noris se utilizan en esta área los evaporadores cell y los cuádruples evaporadores. De la correcta operación de la estación de evaporación dependerá el que el ingenio pueda

¹³ Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Capítulo 1.

¹⁴ Es una forma de expresar la concentración de una solución, definida en este caso como el por ciento de materias sólidas disueltas indicadas por un hidrómetro "Brix" u otro dispositivo densimétrico. Manual de operaciones para la producción de azúcar crudo. Capítulo 1.

asumir la molidora horaria, pues los tachos no podrán procesar la meladura floja correspondiente a ella; también determinará la máxima recolección de los condensados para la reposición necesaria del agua de alimentar las calderas y para usos tecnológicos.

El destino de las aguas condensadas o de retorno de cada vaso depende del grado de contaminación de cada una de estas corrientes atendiendo a las siguientes especificaciones:

Aguas condensadas puras hacia el tanque de alimentar calderas: integradas por condensados directos de los equipos primarios de evaporación, de los primeros y los segundos vasos del cuádruple y condensados de calentadores de jugo clarificado protegidos por sistemas adecuados de detección de azúcar¹⁵.

Aguas condensadas que pudiesen ser enviadas a las calderas: Está integrado este grupo por condensados del tercer vaso de los cuádruples.

Aguas condensadas para usos tecnológicos. Son aguas que por su procedencia pueden estar contaminadas y que constituyen los condensados de menor temperatura por lo que se recomiendan exclusivamente para usos tecnológicos. Este grupo está conformado por: condensados del cuarto vaso de los cuádruples.

Atendiendo al balance de agua de la empresa existe la alternativa de unir los condensados de los dos últimos vasos, con flasheo intermedio y destinarlos exclusivamente a usos tecnológicos, como el lavado del azúcar comercial, aguas de imbibición en el tándem y el lavado de la torta en los filtros de cachaza.

En los tachos y equipos auxiliares se continúa la evaporación, ahora más lenta hasta obtener el grano de azúcar cristalizado.

En la fabricación del de azúcar existen tres esquemas básicos de producción, a partir de los que se desprenden diferentes y múltiples variantes de operación en función de la calidad del azúcar a obtener, estos esquemas son los siguientes: esquema de tres masas cocidas, es el más tradicional y simple, esquema de dos masas cocidas y esquema de doble semilla. En esta empresa se utiliza el esquema de las tres masas cocidas por ser el más tradicional y simple. Las cristalizaciones se realizan por el

¹⁵ Conductímetro, doble tanque, etc.

método de semillamiento completo.

La centrifugación es la quinta operación y es la última etapa de purificación, quizá la de mayor trascendencia, toda vez que se logra separar el cristal de azúcar de su licor madre. Las masas cocidas de agotamiento, se centrifugan en máquinas continuas, a las que se le han realizado algunas adaptaciones para mejorar su operación e incrementar las posibilidades de producción de una semilla de alta calidad. Entre estos aditamentos están el calentador de contacto directo y el distribuidor de masa.

El secado es la última operación que se realiza en la producción de azúcar crudo. Se realiza con equipos que extraen parte de la humedad para obtener valores que garanticen una conservación más adecuada del producto terminado.

La mayor fuente de agua residual proviene de la limpieza de los evaporadores, la cual se realiza cada diez días como promedio, por medios químicos, recurriendo a medios mecánicos solamente en casos excepcionales en que los agentes químicos no sean lo suficientemente eficaces y siempre se aplican como complemento de los anteriores.

Se utilizan como productos químicos básicos los siguientes:

1. Sosa cáustica en bloques fundidos o en escamas con un 98 % de pureza.
2. Ácido muriático, ácido clorhídrico de grado técnico, con un contenido aproximado del 32 % de ácido clorhídrico puro.

Se utilizan como agente complementario y solo en los casos que así se decida con la aprobación del Departamento de Tecnología de la Delegación Provincial del Grupo, los siguientes:

1. Soda, carbonato de sodio.
2. Bifluoruro de sodio

Exceptuando los casos previamente definidos, las limpiezas de forma general se ejecutan por medio de la aplicación de sosa cáustica y ácido clorhídrico, siendo este el método utilizado para la limpieza de los cuádruples en la UEB Urbano Noris:

Limpieza por el procedimiento convencional: Se define como el procedimiento convencional en que la limpieza se efectúa tomando en los vasos del evaporador una cantidad suficiente de solución de agentes químicos hasta cubrir la placa superior de la

calandria y haciéndola ebulir estáticamente.

Una vez liquidado el jugo se procede al enjuague mediante aspersion de agua durante 10 a 15 minutos para eliminar así los residuales de materias azucaradas, para este procedimiento se utiliza agua potable de los pozos de alimentación de la fábrica, o en su defecto del enfriadero. Esta agua se desecha después de cada operación de enjuague y se descarga a la conductora que transporta los residuales hasta las lagunas de oxidación. La empresa cuenta con tres embalses o lagunas para el depósito de estos residuales, las cuales se comunican entre sí. En el año 2006 se realizó una inversión en el sistema de conducción de los residuales hasta las lagunas, por lo que se eliminó la zanja abierta por tuberías de fibra de vidrio. Desde las lagunas hasta las áreas donde se va aplicar el fertirriego, el residual se transporta por tuberías en mal estado y por canales, lo que ocasiona que varias veces estos tengan escape por roturas y el residual vaya a parar al canal El Piojo. Este canal desemboca a un embalse conocido como Palmas Altas, en el cual se concentran todas las aguas de escurrimiento del municipio, lo que permite que el residual pierda un poco su carga contaminante. Este embalse es controlado por una compuerta no muy segura, lo que trae como consecuencia que en ocasiones hallan salideros de las aguas y estas se unan al canal Camazán, el cual pasa cerca, y vayan a parar al río Cauto, debido a que la distancia entre este canal y el río es de solamente cinco kilómetros. En el tramo donde se transporta el residual por canales hacia las áreas cañeras, por el mal estado de estos canales y por la acción de algunos pastoreadores de animales de esta zona, provocan salideros y el residual va a parar a un área en la que existen varios sumideros cársicos, lo que trae como consecuencia la contaminación de las aguas subterráneas. El no darle uso a estos residuales en el fertirriego en la empresa azucarera, provoca que se acumulen grandes cantidades, principalmente en el embalse de Palmas Altas, y con las lluvias ocurren desbordamientos de este y como consecuencia van a parar al canal Camazán y de este al río Cauto. El agua de la cuenca de La Felicia, área aledaña al municipio y fuente de abasto de la población y de la fábrica, por el alto contenido sal que presenta, según estudios del Grupo de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, no se considera

como potable y una de las causas de esto en las frecuentes contaminaciones estas por los residuales de la empresa azucarera.

Para la caracterización del proceso se realizó una consulta de información especializada nacional y foránea. Se le realizó una entrevista a los directivos (anexo 3) para constatar el nivel de conocimiento que poseen sobre los temas de la contaminación ambiental y sobre el uso que se le da en la empresa a los residuales generados en el proceso, constatándose que tienen conocimiento sobre temas ambientales, pero no conocen de que en la empresa se esté aplicando una estrategia para darle el aprovechamiento adecuado a estos residuales.

II.3 ELABORACION DEL PLAN DE ACCIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUALES LIQUIDOS DE LA EMPRESA AZUCARERA URBANO NORIS.

El plan de acción propuesto para el uso de los residuales líquidos de la industria en la fertirrigación de las plantaciones cañeras de esta empresa azucarera se elaboró tomando como base la consulta de información especializada nacional y foránea, la experiencia de los especialistas de la rama agrícola de esta empresa así como las características de sus residuales, de sus suelos y del sistema de normativas para el riego diseñada para sus áreas de cultivo.

El área de fabricación de azúcar es el área que más residuales produce, debido a todo el proceso productivo que en esta se realiza. Su misión principal es la producción de azúcares y mieles de alta calidad, por lo que su objeto principal es organizar y controlar el proceso productivo de fabricación de azúcar crudo sobre la base de un uso racional de los recursos y eficiencia industrial que le permita una disminución de los costos y una calidad en la producción que garantice competitividad en el mercado. Esta organización esta diseñada sobre la premisa de la cooperación entre las divisiones estructurales con que cuenta la misma desde el basculador hasta los almacenes de azúcar. Se realizaron observaciones al área de la fábrica detectándose salideros de agua y derrames de cachaza.

Se realizó una tormenta de ideas con los especialistas del grupo técnico de la fábrica y se llegó a la conclusión de que los residuales líquidos generados en el proceso de

fabricación de azúcar que revisten mayor importancia son los siguientes:

1. Aguas contaminadas de las limpiezas de los evaporizadores.
2. Residual del baldeo de los equipos tecnológicos.
3. Derrames de líquidos azucarados por salideros y dificultades en las bombas.
4. Baldeos de pisos, producto a los salideros y derrames.
5. Derrame de aguas sobrantes en el proceso.

Para la elaboración de este plan de acción se tomaron en cuenta la estrategia ambiental nacional, la estrategia para los residuales del Grupo AzCuba, la metodología para la utilización de los residuales en el fertirriego de las plantaciones cañeras, metodología para la introducción de producciones más limpias en los sectores productivos, así como criterios de los expertos y experiencia en el trabajo con vista a dar solución a los residuales generados en el proceso industrial del azúcar crudo.

MISIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN:

Garantizar que el plan de acción para el aprovechamiento de los residuales de la UEB Atención a Productores Urbano Noris, posibilite la disminución de los residuales generados en el proceso y darle un aprovechamiento a estos, preservando el medio ambiente y asegurando producciones competitivas.

VISIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN:

Los residuales líquidos pasarían a ser un aporte económico importante por la sustitución de fertilizantes químicos y el mejoramiento de los suelos, lográndose una significativa reducción de las cargas contaminantes emitidas al medio ambiente.

Durante el diagnóstico realizado en la fábrica se detectaron los siguientes aspectos que pueden ser reflejados como fortalezas y debilidades que tiene la empresa para cumplir con este plan de acción:

Fortalezas de la empresa para aplicar el plan de acción

1. Interés de la dirección por materializar el plan de acción y dar a conocer el papel protagónico que este desempeñaría.

2. Capital humano calificado para llevar a cabo el plan de acción.
3. Garantía de la empresa con su estructura y personal calificado para llevar a cabo el plan de acción.
4. Experiencias de los técnicos y especialistas.

Debilidades de la empresa para aplicar el plan de acción

1. Deficiente integración entre los técnicos y especialistas para ejecutar el plan de acción.
2. Deficiente sistema de gestión para planificar y controlar la implementación del plan de acción.
3. Deficiente monitoreo sistemático del plan de acción.
4. Deficiente estado técnico de los equipos de laboratorio.

Prioridades

1. Incremento al máximo de las posibilidades de aprovechamiento de los residuales líquidos de la agroindustria cañera, con prioridad a la aplicación del fertirriego, encaminando los esfuerzos hacia el logro de producciones más limpias en el marco de una agricultura sostenible.

El plan de acción propuesto tiene el siguiente objetivo:

1. Introducción integral y sistemática de prácticas de producción más limpia en la UEB Atención a Productores Urbano Noris, orientando su gestión hacia el uso sostenible de los recursos naturales, la adopción de tecnologías más limpias, optimización de los procesos y disminución de los residuales que emiten al medio.

Para lograr este objetivo se necesita la conjugación y complementación de las metas siguientes:

1- Mejoramiento de la gestión de producción.

Contempla la toma de medidas internas que no provocan cambios en los procedimientos de fabricación, sino que mejoran aspectos tales como la organización de la producción, el control de las fuentes de contaminación y el adecuado manejo del agua.

Fecha de cumplimiento: A partir de la zafra 2013 - 2014

Responsable: Jefe de UEB.

Entre las medidas internas que se deben tomar se encuentran:

- ❖ **Uso eficiente del agua:** El consumo de agua es un parámetro clave que determina los volúmenes y concentraciones de los residuales líquidos a manejar y por ende la capacidad y características de los sistemas de tratamiento y disposición final. Para consumir menos agua es necesario aplicar las acciones siguientes:
 - ✓ Cerrar los sistemas, recircular las aguas de proceso en los casos en que sea posible, realizar la recogida en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de conducción y los depósitos de almacenamiento.
- ❖ **Inventario, almacenamiento y manejo adecuado de los materiales utilizados en el proceso productivo:** Acciones a emprender:
 - ✓ Utilización de contenciones alrededor de tanques, contenedores y equipos del proceso para evitar derrames o fugas.
 - ✓ Manejo cuidadoso de los materiales peligrosos y establecimiento de los procedimientos de eliminación de materiales contaminados o caducados.
- ❖ **Separación y tratamiento independiente de los residuales:** Implica la separación en la fuente de los diversos residuales generados en la instalación, para permitir su manejo diferenciado de acuerdo a su peligrosidad, grado de contaminación y posibilidades de tratamiento y aprovechamiento, reduciendo de esta manera los volúmenes y costos de manejo. Por otra parte, se facilita la reincorporación de los residuales no contaminados o no diluidos al proceso de producción, o su envío a otro sitio para la recuperación de materiales o sustancias de valor económico.

- ❖ Mantenimiento preventivo y correctivo: Consiste en inspecciones regulares, limpiezas, pruebas, y sustitución de partes gastadas o descompuestas, a fin de limitar las posibilidades de fugas o derrames debido al mal funcionamiento y las fallas de equipos y accesorios, o en la solución inmediata cuando éstos se produzcan, evitando que las sustancias tóxicas lleguen a los sistemas de alcantarillado y tratamiento, o se produzcan contaminaciones cruzadas.
- ❖ Reciclaje o reuso de residuales: Las medidas internas son también un factor de gran importancia para el posible reuso o aprovechamiento de residuales sin afectar al ambiente, la calidad del producto o el proceso receptor de los mismos. Para evitar impactos negativos sobre los suelos sometidos a fertirriego es indispensable tomar un conjunto de medidas internas como son:
 - ✓ Segregación y recolección independiente de los ácidos y bases usados en la limpieza de los equipos tecnológicos de la producción de azúcar crudo (ejemplo: evaporadores).
- ❖ Educación y capacitación de los recursos humanos: Puede ser la técnica de prevención de la contaminación más elemental, pues es importante que conozcan y entiendan los beneficios económicos, ambientales y sanitarios de lograr una producción más limpia. Entre las acciones que se deben ejecutar se encuentran:
 - ✓ Aplicación de buenas prácticas de higiene industrial.
 - ✓ Control eficiente de los procesos, la eliminación de errores operativos que impliquen la liberación al ambiente de corrientes contaminantes.

2- Minimizar la generación de residuales y reducir la carga contaminante emitida al ambiente.

Fecha de cumplimiento: A partir de la zafra 2013 - 2014

Responsable: Jefe de fabricación.

Entre las medidas que se deben tomar para un mejor cumplimiento de esta meta se pueden incluir las siguientes:

- ✓ Eliminación de los derrames de cachaza, bagazo y bagacillo y en los casos en que se produzcan, recogerlos por vía seca.

- ✓ Recuperación del mayor porcentaje posible de las liquidaciones de los clarificadores.
- ✓ Recuperación de las aguas dulces de los lavados periódicos de los tachos, tanquerías de mieles, meladura y centrífuga, utilizándolos y/o reincorporándolos al proceso.
- ✓ Evitar la simultaneidad en la limpieza y desinfección de tanques y equipos tecnológicos, tales como tanques de guarapo crudo, mezclador de cachaza bagacillo, etc.
- ✓ Evitar los derrames de jugos azucarados, mieles y cachaza que se producen como consecuencia de desajustes de prensa-estopas, salideros o rebozos.
- ✓ Recuperación total de la sosa empleada en la limpieza de los evaporadores y calentadores.
- ✓ Utilización de las dosificaciones adecuadas de ácido y segregación de esta corriente.
- ✓ Establecimiento de sistemas de enfriamiento en tándem, máquinas de moler, turbogeneradores, cristalizadores de tercera, bombas de vacío, compresores, turbinas, etc. y cerrar los circuitos siempre que sea factible.
- ✓ Recuperar el mayor volumen posible de aguas relativamente limpias (enfriamiento, condensados) y evitar su unión con aguas residuales.
- ✓ Separación mediante trampas de las grasas lubricantes y el fuel oil contenidos en los residuales líquidos de los talleres y tándem.
- ✓ Desagregación de los residuales líquidos para su manejo diferenciado.
- ✓ Cumplimiento de las normas tecnológicas vigentes.

3- Aprovechamiento de residuales:

Debe constituir la línea prioritaria de trabajo en la introducción de prácticas de producción más limpia en la empresa. Aún con la introducción de prácticas de producción más limpia se producirán determinados volúmenes de residuales, por lo que resulta necesario agotar las posibilidades de cierre del sistema productivo y tratar éstos como recursos que al aprovecharse disminuirán simultáneamente la demanda de

recursos naturales y las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente. Para ello se debe recurrir al reciclaje o reuso.

Fecha de cumplimiento: A partir de la zafra 2013 – 2014

Responsable: Jefe de producción.

Para lograr esto se deben aplicar una serie de acciones:

- ✓ Estudiar información sobre las operaciones unitarias que lo conforman, las entradas sustancias al proceso (cantidades y tipos), consumos de agua, productos acabados y subproductos generados. Es importante la obtención de información sobre la cantidad de agua que entra a la fábrica, balance aproximado del agua que entra y sale (consumos de agua en procesos para enfriamiento, lavado general, enjuagues de producto, limpieza, identificación de los sistemas que recirculan agua, estimación de la cantidad de agua que se evapora, la que pasa a formar parte del producto y la que se utiliza en los procesos de lavado), para conocer el paradero de toda el agua utilizada en la instalación.
- ✓ Identificación de las áreas donde se producen, procesan, bombean, transportan residuales o desechos y sustancias tóxicas y localización de los puntos donde se realizan o pueden realizar descargas o emisiones al medio ambiente.
- ✓ Descripción de las descargas o emisiones líquidas (volúmenes, concentraciones, frecuencia, destino) y evaluación de sus impactos sobre el ambiente circundante. Cuantificación de las salidas del proceso y búsqueda de pérdidas potenciales cuando sean significativamente menores que las entradas.
- ✓ Evaluación de los niveles actuales de reutilización de residuales.
- ✓ Identificación de las ineficiencias del proceso y las áreas con administración deficiente, donde la toma de medidas internas contribuirá substancialmente a la reducción de los volúmenes y concentraciones de los residuales generados y al uso eficiente de los materiales manejados.
- ✓ Identificar áreas en que se pueden reducir el uso de productos químicos y el volumen y concentración de contaminantes en las descargas.
- ✓ Revisar la idoneidad, funcionamiento y estado técnico - constructivo de los sistemas de tratamiento de residuales.

- ✓ Evaluación de oportunidades para lograr mejoras ambientales, con énfasis en las opciones de reducción de residuales y su aprovechamiento.

Objetivo específico 2:

2. Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el vertimiento inadecuado de residuales líquidos, incrementando su reuso y tratamiento, y minimizando su generación.

Para lograr este objetivo se deben cumplir con las metas siguientes:

- 1- Reducir anualmente, en no menos de 10 %, la carga contaminante de origen orgánico dispuesta al medio ambiente e incrementar en un 20% anual el volumen de aguas residuales recicladas o reutilizadas.

Fecha de cumplimiento: A partir de la zafra 2013- 2014

Responsable: Jefe UEB.

Acciones que se deben realizar para el cumplimiento de esta meta:

- ✓ Introducir la desagregación y tratamiento de los residuales más cargados.
- ✓ Continuar incrementando el aprovechamiento de los residuales líquidos, convenientemente tratados, para usos agrícolas.
- ✓ Incrementar la vigilancia sobre las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de residuales.

Objetivo específico 3:

3. Utilización de los residuales líquidos de la producción de azúcar de la empresa en el fertirriego de las plantaciones cañeras.

Para cumplir con este objetivo se deben cumplir con las metas siguientes:

1. Caracterización y evaluación de las aguas residuales.

Fecha de cumplimiento: A partir de la zafra 2013 - 2014

Responsable: Jefe de laboratorio.

Para el cumplimiento de esta meta se deben realizar las acciones siguientes¹⁶:

- ✓ Hacer un estudio de las aguas residuales de la fábrica en el cual deben determinarse los volúmenes que se producen y su composición química. Este debe incluir las determinaciones de pH, conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cloruro (Cl), carbonatos (CO₃),

¹⁶ AzCuba - INICA. 1999. Metodología para la utilización de los residuales de la industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar.

bicarbonatos (HCO_3), sulfatos (SO_4), materia orgánica, fósforo total (P), nitrógeno total (N) y la relación de absorción de sodio (RAS).

- ✓ Se deben realizar muestreos en períodos representativos del proceso de producción (pudiera ser: al inicio, después de estabilizada la zafra, a mediados y en el período final). Se tomarán tres muestras durante el día en espacios de tiempo equidistantes (a las 6:00 a.m., a las 12:00 m y a las 6:00 p.m.) durante tres días consecutivos.
- ✓ No se deben permitir contaminaciones con hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl). El agua residual que se utilice para el riego y la fertilización de la caña no debe contener el hidróxido de sodio (NaOH) (conocido como potasa) ni el ácido clorhídrico (HCl), que se utilizan para la limpieza de las unidades de calentamiento y evaporación de los jugos y las plantas de tratamiento de agua, ni grasas residuales. Si por cualquier razón las aguas se contaminan con esos residuales, no podrán ser utilizadas en el riego.
- ✓ Se deberá realizar un estudio de las áreas cañeras que tienen posibilidad de recibir las aguas residuales tomando en consideración el sistema de riego que pueda establecerse, de acuerdo con las condiciones topográficas de las áreas y los recursos que se tengan en la empresa.
- ✓ Cuando se disponga del balance y las áreas para recibir los residuales, se elaborará un proyecto para su utilización en el riego con todos los requisitos técnicos que esa actividad requiere, según lo establecido en la metodología para este fin¹⁷.
- ✓ No debe permitirse que el agua permanezca en el embalse más de 5 días, porque las fermentaciones que se producen generan malos olores y productos secundarios, que afectan la calidad del agua y propician la producción de insectos perjudiciales a la salud del hombre. Además, se descompone y

¹⁷ Paneque, V. y B. Monzón. 1999. Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados en el fertirriego de la caña de azúcar como vía económica y eficiente para la descontaminación ambiental.

consume la materia orgánica, tan necesaria para mejorar los suelos y aumentar su fertilidad.

- ✓ Se debe establecer un sistema de muestreos de los residuales que se utilizarán directamente en el riego, de la forma siguiente:
 - ❖ Se deberán tomar muestras de los embalses o lagunas que abastecerán las estaciones de bombeo antes de comenzar los riegos.
 - ❖ Se deberán tomar muestras cerca de las tomas de los equipos de bombeo cada 4 horas o en cada cambio de aspersor.
- ✓ Darle mantenimiento adecuado y mantener un control estricto sobre los canales y redes de distribución de las aguas residuales, para evitar salideros.

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.

Toda esta información tendrá mucho valor para la evaluación del riego con residuales, especialmente al transcurrir los años.

Con la puesta en práctica de este plan de acción, la empresa mejoraría sus rendimientos, pues el uso de los residuales en el fertirriego es de gran ayuda al suelo, si se aplica teniendo en cuenta todas las normas y metodologías para esto.

VALORACIÓN ECONÓMICA SOCIAL

Con la aplicación del plan de acción propuesto, se tendrá un significativo impacto en los aspectos medio ambientales, y en el aspecto económico de la entidad objeto de estudio. A partir de un mejor aprovechamiento de los residuales generados se logrará disminuir la contaminación del medio ambiente y se aumentarán los rendimientos en las zafras posteriores debido a que el riego con residuales y fertilización favorecen a las plantaciones cañeras.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de un conjunto de métodos y técnicas de investigación arrojó la existencia de serias deficiencias en el aprovechamiento de los residuales líquidos generados en el proceso de producción de azúcar crudo en la UEB Atención a Productores Urbano Noris.
2. En la empresa no se utilizan las aguas residuales que se generan en el proceso de producción de azúcar en el fertirriego de sus plantaciones cañeras.
3. En el transcurso de la investigación quedó demostrado la existencia de numerosas potencialidades en la UEB Atención a Productores Urbano Noris mencionada para la aplicación de los residuales líquidos en el fertirriego de sus plantaciones cañeras.

RECOMENDACIONES

1. Profundizar, en futuras investigaciones, en la temática propuesta teniendo en cuenta su importancia y permanente actualidad.
2. Implementar el plan de acción propuesto en la UEB Atención a Productores Urbano Noris teniendo en cuenta las indicaciones planteadas en la investigación.
3. Utilizar las aguas residuales del proceso productivo de la entidad en el fertirriego de las plantaciones cañeras.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Arzola, N. 1985. Los residuales orgánicos en la fertilidad del suelo. 1ra Reunión Nacional de Mejoramiento de Suelos. ACC, La Habana.
- Arzola, N. 1988. Informe de cumplimiento de Etapa, PCT 008 – 05 – 09. EPICA Cienfuegos, 28 pp.
- Da Gloria, N. Z.; A. G. Santa Ana; A. A. M. Figuerreiro; O. Filho e Y. E. Biaggi. 1978. Uso de vinhaça ca em caña de açúcar. Na Isina da Pedro Serrano. Brasil Azucarero 92 (2): 40 – 48.
- Dantur, N. 1996. Aprovechamiento agrícola de los residuales de la agroindustria de la caña de azúcar. Parte II: El uso de la vinaza. Avance Agroindustrial. Revista Trimestral, p. 38 – 40.
- ECIRDCA (Estación Central de Investigaciones de Riego y Drenaje de la Caña de Azúcar). 1990. Utilización de las aguas residuales para el fertirriego de la caña de azúcar. Informe Final del Quinquenio 1986 – 90, PCT 008. La Habana.
- Ferreira, W. y S. M. Botelho. 1997. Efecto de la aplicación de vinaza sobre las propiedades físicas y químicas de suelos de diferentes texturas. IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de la Rizosfera. 5 – 7 de Noviembre. Resúmenes, p. 35.
- Hylsky, H. 1975. Riegos con aguas de desecho de las ciudades. ACC, La Habana, 183 pp.
- 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.
- Machado de Armas, J.; N. Arzola y D. R. Rodríguez. 1994. Efecto de la aplicación del residual líquido de la destilería “Melanio Hernández” sobre un suelo Pardo sin carbonatos. Centro Azúcar 21 (1): 30 – 39.

- Marinho, D. y A. C. Albuquerque. 1982. Brasil Azucarero. XCLX (2): 48 – 56.
- Martínez, C. A.; M. Mena y A. Noa. 1986. Residuales orgánicos de las fábricas de azúcar de caña y alcohol como mejoradores de suelos salinos. I. Efectividad en el lavado de las sales. Ciencias de la Agricultura (6): 106 – 112.
- Matiazo, M. E. y N. A. Da Gloria. 1980. Fraccionamiento del fósforo de suelo enmendado con vinaza. Brasil Azucarero 96 (2): 42 – 47.
- MINAZ. 1990. Aplicación de los residuales líquidos de la industria en el riego y fertilización de la caña de azúcar.
- MINAZ - INCA. 1999. Metodología para la utilización de los residuales de la industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar.
- Paneque, V. M. 1987. Aprovechamiento de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados en el riego de la caña de azúcar. Informe de la Etapa de Enero/86 a Junio/87. PCT 008 – 05 – 09. INCA, La Habana.
- Paneque, V.; M. Martínez; P. González; A. Velasco; R. Gómez y B. de La Naval. 1989. Utilización de los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados en el riego y la fertilización de la caña de azúcar como alternativa económica para disminuir los riesgos de la contaminación ambiental. INCA, La Habana, 40 pp.
- Paneque, V. y B. Monzón. 1999. Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y sus derivados en el fertirriego de la caña de azúcar como vía económica y eficiente para la descontaminación ambiental.
- Pérez, Z. F.; J. Scandaliaris y N. Dantur. 1996. Aprovechamiento agrícola de los residuales de la agroindustria de la caña de azúcar. Parte III: Evaluación económica de sistemas de manejo. Avance Agroindustrial, julio 1996. p. 37 – 41.
- Pizarro F. - Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos - F. Pizarro. - Madrid: Ed. Agrícola España. 1985.
- ~~-Rovirosa Morell, Francisco. Tratamiento de aguas residuales~~ http://www.sonia-bueno.net/4_15_63.htm Consultado en febrero 2009
- Figueredo Iglesias, Nairobi. Propuesta de una metodología para el empleo de los

residuales líquidos del complejo agroindustrial 30 de noviembre en la fertirrigación de sus áreas de cultivo de caña de azúcar.

<http://www.avances.pinar.cu/No.2002-2/index.htm>

-OMS. Guías para el uso seguro de aguas residuales y excretas en la agricultura y acuicultura, 2da. Edición, volúmenes 1 y 2.

http://www.who.int/entty/water_sanitation_health/wastewater/es/

Consultado en febrero 2009

-AZUCAR - CUBA: Reestructuración limpia el ambiente:

<http://www.tieramerica.net/index.html> Consultado enero 2009.

-Tortosa Ferrer, Bárbara Ivette. Análisis de las potencialidades para la implementación de la producción más limpia y la adopción de un consumo sustentable en el sistema empresarial cubano.

<http://www.medioambiente.cu/revistama/normas.asp> 2007

-Energía, medio ambiente y sostenibilidad.

<http://www.cuba solar.cu/biblioteca/energía/Energía11/HTML/articulo3.htm> 2005

-Agroindustria azucarera

<http://www.cuba solar.cu/biblioteca/programa/agroindustria.htm> 2008

-UNIVERSIDAD PARA TODOS. Protección Ambiental y Producción Más Limpia.

www.medioambiente.cu/universidad_todos.asp 2007

-Gonzaga V. Sonia L. Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Ingenio Monterrey MALCA. www.utpl.edu.ec/ucg 2007

-La caña de azúcar: la mejor alternativa al petróleo. <http://www.elmundo.es/> 2008

ANEXO 1

DIRECCIÓN GENERAL

Dirección
Técnica

Dirección
Prod. Caña

Dirección Prod.
Agropec.

Direc
H

Dirección
Económica

Dirección Comer
Y Logist.

Fábrica
de Azúcar

Derivado

Servicios
Agrícolas

Transporte

Servicios
Generales

Construcción

Centro de
Gestión

Grupo Seg.
Y Protección

UBPC

CPA

Granjas
Estatales

Productores
Individuales

ANEXO 2

Guía de observación del proceso productivo:

1. Observación de las instalaciones para verificar si existen salideros, derrames o fugas.
2. Observación del proceso para verificar donde entra el agua en el proceso de producción.
3. Observación de la fuente de abasto de agua del central.
4. Observación de la limpieza de los evaporadores.
5. Observación de la conductora que transporta los residuales líquidos.
6. Observación de las lagunas de recepción y tratamiento de los residuales y los canales de drenaje.

ANEXO 3

Guía de entrevista a directivos de la UEB Atención a Productores U. Noris.

1. ¿Conoce usted lo reglamentado acerca de la protección del Medio Ambiente?
2. ¿Qué medidas se ponen en práctica en la Entidad para evitar los efectos negativos al medio ambiente?
3. ¿Conoce usted que acciones se implementan por la Entidad para el uso de los residuales líquidos?
4. ¿Qué efectividad tienen las mismas?
5. ¿Conoce usted si existen reglamentaciones relacionado con el uso adecuado de los residuales en la Entidad?
6. ¿Cuáles de estas conoces?
7. ¿Conoce si se implementan coherentemente?
8. ¿Cuáles otras usted sugeriría?