



Universitat de Girona

ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL USO DEL BAGAZO COMO FUENTE DE ENERGÍA EN CENTRALES AZUCAREROS EN CUBA. ESTUDIO DE CASO “MELANIO HERNÁNDEZ”

Zuleiqui GIL UNDAY

Dipòsit legal: GI-I403-2011

<http://hdl.handle.net/10803/50994>

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei [TDX](#) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio [TDR](#) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the [TDX](#) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



Universitat de Girona

TESI DOCTORAL

**INSTITUT DE MEDI AMBIENT
DOCTORAT DE COOPERACIÓ “GESTIÓ AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE”**

TESI DOCTORAL

Título: Estudio del impacto ambiental del uso del bagazo como fuente de energía en centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso “Melanio Hernández”.

Autor: MSc. Zuleiqui Gil Unday

Matanzas, Girona 2005



Universitat de Girona

**INSTITUT DE MEDI AMBIENT
DOCTORAT DE COOPERACIÓ “GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE”**

TRABAJO DE INVESTIGACION

Título: Estudio del impacto ambiental del uso del bagazo como fuente de energía en centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso “Melanio Hernández”.

Memoria prepresentada

PER ZULEIQI GIL UNDAY

**per a optar al grau de Doctor per la Universitat de Girona.
Programa
de doctorat "Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible" del Institut
de Medi
Ambient de la Universitat de Girona.**

Zuleiqui Gil Unday
Doctorante

DrC. Rolando Hernández
Tutor

DrC. Miguel Llop
Director

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Tuinucú, perteneciente al municipio Taguasco, provincia de Sancti Spíritus con el propósito; de estudiar los impactos ambientales que produce la generación de energía a partir de biomasa (bagazo) en los centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso empresa azucarera “Melanio Hernández”.

Para ello se contó con la colaboración del Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI), del Centro Universitario de Sancti Spíritus y utilizando distintos métodos y técnicas de investigación, se pudo realizar un estudio ambiental de la zona, y conocer el comportamiento de la morbilidad de las enfermedades respiratorias, el tiempo de ocurrencia y las áreas de mayor afectación. La caracterización de las emisiones gaseosas y de las partículas sólidas suspendidas, permitieron conocer que dichas concentraciones no superan los límites máximos de emisión establecidas por la norma cubana. Además se aplicó el modelo de dispersión DISPER el que nos permitió obtener información para condiciones de crisis de las emisiones atmosféricas del central azucarero y de la destilería asociada a este llegándose a la conclusión de que las emisiones de la destilería son las que aportan más contaminantes a la atmósfera afectando a la localidad en una proporción mayor en las zonas más expuestas a los contaminantes. Al correlacionar las emisiones con las enfermedades respiratorias, Infecciones Respiratorias Agudas o Subagudas (IRA) y ASMA, se muestra una relación entre estas, destacándose una significación más marcada en el caso en las Crisis de Asma Bronquial (CAB). Calculándose los costos asociados a estas enfermedades, los que ascienden a \$119 599.23 por año. Con el objetivo de minimizar los impactos negativos se proponen alternativas a implementar en la industria y la comunidad, resaltando las encaminadas a la educación ambiental y la disminución de las emisiones de los contaminantes.

INTRODUCCIÓN

El impetuoso crecimiento de la sociedad contemporánea, condicionado por el alto nivel de desarrollo científico técnico se asocia con daños cada vez mayores a las condiciones ambientales en las que el hombre se ha adaptado a vivir. La calidad del medio ambiente atmosférico, interpretada como el conjunto de características físicas (relacionadas con el clima) y químicas (relacionadas con la contaminación del aire) de la atmósfera producto de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, no escapa de esta situación. Hoy se puede asegurar que producto de la acción humana se está modificando la composición química y física de nuestra atmósfera, introduciendo transformaciones que pueden variar el clima actual, no sólo en el ámbito local sino también a escala global. Estas modificaciones se reflejan, además, en el rápido deterioro de los materiales y en afectaciones de diverso grado al medio ambiente y a la salud humana. (CITMA, oct., 2001)

Los efectos que se manifiestan a nivel global tienen incidencia en el incremento del efecto invernadero que ha ocasionado cambios climáticos, originado por la presencia en la atmósfera de gases que tienen la capacidad de absorber y remitir la radiación terrestre, como el dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), cloro-flúor-carbono (CFC) y el metano (CH_4). Por otra parte se destacan los procesos de destrucción de la capa de ozono, que han provocado el incremento de los niveles de radiación ultravioleta que alcanzan la superficie de la tierra, los cuales no se habían visto mayormente marcados hasta que la sociedad moderna comenzó la producción de determinados compuestos, CFC, que alteraron el balance de formación y destrucción de ozono. Además, el desarrollo científico técnico ha conducido a la modificación de la composición química de la troposfera, causada por la deposición ácida atmosférica, y provocada por las emisiones industriales como dióxido de azufre (SO_2) y los compuestos nitrogenados (NO_x), que son contribuyentes principales de la presencia de los ácidos fuertes, tales como sulfúricos y nítrico en las lluvias ácidas.

Entre las zonas con mayor riesgo a lo anteriormente expuesto se encuentran el interior de los continentes y las zonas costeras, precisamente dentro de las que más la sufren hoy

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

día se encuentran: África del Norte, el Sudeste de Asia, la India, Centroamérica y el Mediterráneo.

Se amenazaría la seguridad de más de dos mil millones de personas que viven en zonas costeras. Se afectaría los puertos y otras estructuras localizadas en la costa, incluyendo centrales nucleares en las costas del Japón, Corea, Taiwán, y otros países.

Otras de las consecuencias catastróficas del efecto invernadero sería el aumento de la temperatura del mar en 2 o 3 °C, con lo que se vería amenazada la estabilidad de algunos corales. Los aumentos previstos en el nivel del mar también afectarían su capacidad de sobrevivencia, pues la estabilidad de los arrecifes de coral se encuentra asociada al mantenimiento de una cierta distancia de la superficie del agua. (Pérez, 1998)

Un cambio de 2 o 3 °C en la temperatura promedio del planeta podría aumentar la pluviosidad en zonas de alta precipitación, principalmente en el trópico, afectando los ciclos agrícolas, agravando las inundaciones y la erosión de los suelos. Puede también causar una menor precipitación en épocas de sequía, con considerables efectos sobre la agricultura, así como sobre el suministro de agua y alimentos a zonas pobladas. (Pérez, 1998)

Lo anteriormente expuesto ha condicionado que la comunidad científica y la opinión pública en general, tomen acuerdos gubernamentales y no gubernamentales para revertir esta problemática.

Así, a partir de las conclusiones del Primer Informe Científico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en 1990, se recomendó el inicio de las negociaciones para elaborar un tratado internacional que regulara la cooperación entre los países para mitigar el posible cambio climático mundial. Ese mismo año, la Asamblea General de Naciones Unidas, basada en la recomendación anterior,

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

estableció el Comité Intergubernamental de Negocio (CIN) encargado de negociar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Esta Convención se abrió a la firma en la Cumbre de la Tierra en 1992, siendo firmada por 154 países y constituyó un marco de colaboración intergubernamental para la aplicación de políticas y programas para revertir la situación. En 1995, la Primera Conferencia de las Partes, celebrada en Berlín, reconoció los compromisos de elaboración de inventarios nacionales de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, la formulación y aplicación de programas para mitigar el cambio climático eran insuficientes para estabilizar las concentraciones de gases en la atmósfera, por lo que el 11 de diciembre de 1997 se firma el Protocolo de Kyoto, que establece compromisos jurídicamente vinculantes para los países desarrollados, con el objetivo de reducir colectivamente sus niveles de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en un 5.2% con respecto a los existentes en 1990. (CITMA, oct., 2001)

Las soluciones propuestas mundialmente para resolver estos problemas versan sobre tres aspectos considerados de primera prioridad a los que la comunidad científica internacional presta especial atención, estos son la eficiencia energética, la reforestación y el uso de las energías renovables.

El uso de las energías renovables se basa en aquellas fuentes de energía que se consideran inagotables en el horizonte de tiempo de la humanidad y cuyo potencial se mantienen en el tiempo, las más universales son energía solar, eólica, hidráulica, mareomotriz y biomasa no obstante no están exentas de producir contaminación ambiental que debe ser resuelta. Las biomasas en la actualidad representan alrededor del 22% del balance energético mundial pero el uso de las mismas se concentra fundamentalmente en los sectores más pobres de los países subdesarrollados lo que hace que su uso sea totalmente ineficiente ya sea desde el punto de vista tecnológico, económico como ambiental, siendo un reto en las actuales sociedades modernas la

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

creación de tecnologías ecoeficientes para el aprovechamiento de esta fuente de energía. (Nieblas, 1990. Pérez, 2000)

Aunque la contribución de Cuba al calentamiento global y los problemas de la contaminación atmosférica es reducida si se compara con los países desarrollados, desde principio de la década de los 90 existe una notable preocupación por los impactos que el cambio climático y la contaminación en sentido general puede tener sobre los países. Tras haber participado activamente en el proceso de negociación para la firma de la CMNUCC, Cuba ratificó la Convención el día 5 de enero de 1994, lo que ha servido como punto de partida para el trabajo en las temáticas sobre la protección del medio ambiente. De hecho, los resultados de la primera evolución mostraron el elevado nivel de vulnerabilidad de Cuba ante los impactos potenciales, especialmente los relacionados con el incremento del nivel del mar, lo que quiere decir que el país no escapa a los problemas ambientales que caracterizan el contexto global, enmarcándose dentro del proceso histórico, económico y social por la que ha transitado Cuba.

Durante el período colonial, que abarcó desde el Siglo XVI hasta 1902, la mitad de los bosques de la Isla fueron devastados y reemplazados por áreas agrícolas para cultivos intensivos y para la ganadería. Fenómenos de deforestación, pérdida de los suelos y de la diversidad biológica, aparecieron asociados a este proceso. (Gonzáles, 1998)

La situación persistió y se agravó durante la primera mitad del Siglo XX, donde la cubierta boscosa del país se redujo hasta un 14%. A estos problemas se unieron los asociados al crecimiento de los asentamientos humanos. En contraste con el agravamiento de la situación, los gobiernos permanecían indiferentes al evidente deterioro de las condiciones ambientales del país. (Gonzáles, 1998)

Al triunfar la Revolución en 1959, ésta hereda una estructura económica deformada, con una base agropecuaria atrasada y escaso desarrollo industrial, concentrada principalmente en la industria azucarera. Desde entonces los esfuerzos del gobierno revolucionario se concentran en revertir esta situación, con particular énfasis en los

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en las centrales azucareras. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

problemas sociales al propio tiempo que se atienden los problemas ambientales y de otra índole. En ese entonces existía una potencia instalada de 490 MW y contaba con unos 10 200 Km de líneas de todos los voltajes. (Compañía cubana de electricidad, 1959). El servicio eléctrico se prestaba entonces solamente al 56% de la población de Cuba, estimada en unos 6 500 000 de habitantes, pero no llegaba a numerosas áreas. (Ministerio de la Industria Básica, 1993)

Las inversiones realizadas en el período revolucionario posibilitaron que la potencia instalada de las plantas generadoras cubanas sea de 3403.5 MW y consta de 22 Centrales generadoras de electricidad de ellas 15 son Centrales Termoeléctricas, 1 hidroeléctrica, 3 turbinas de gas que queman combustible Diesel y 4 turbinas de gas que queman gas acompañante, asociado del petróleo. Todas estas tributan al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) que representa el 79%. Además existen pequeñas plantas aisladas, en diferentes cayos del país, por necesidades del desarrollo del turismo. Por ejemplo: Cayo Coco y Cayo Largo del Sur, con un 4% del total. Que son considerados productores independientes y como autoprodutores se encuentran la potencia instalada de la industria del níquel y la industria azucarera que representa el 17 % siendo el 16% de plantas que utilizan el bagazo como combustible el cual se combustiona en calderas de baja presión en 80 centrales del país. (Anuario estadístico de Cuba, 2000)

Lo anteriormente descrito incide que en el país se manifiesten problemas relacionados con la contaminación atmosférica, centrada fundamentalmente en zonas urbanas y en los asentamientos humanos cercanos a las zonas industriales, que en ocasiones producen daños severos al entorno, además tener la capacidad potencial de provocar efectos que pueden ser irreversibles a la salud humana.

El 91.3% de la generación bruta de energía eléctrica del país se obtiene a partir de las centrales generadoras de electricidad utilizando como combustible el fuel oil, el cual en un 92% es crudo nacional con un alto contenido de azufre (7%) por lo tanto es un contaminante activo de la atmósfera y la generación de la industria azucarera representa el 6.2% a partir de bagazo de caña con un 50% de humedad libre de azufre, sin embargo

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

presenta un alto índice de partículas sólidas que pueden mitigarse y en el Programa Nacional de Energía el incremento de la producción de energía eléctrica a partir de la agroindustria azucarera constituye la segunda prioridad. (Cuba Energía, 1998)

Debido a que el país ha dado preferencia en sus problemas ambientales a situaciones de mayor importancia la situación de la contaminación atmosférica, en zonas aledañas a la comunidad azucarera no se han efectuado estudios profundos que permitan la caracterización integral de sus condiciones atmosféricas, los cuales serían de gran valor desde el punto de vista económico, social y ambiental, debido a su posible efecto sobre la comunidad. El criterio sobre la necesidad de estos estudios está basado en el hecho de que la industria azucarera tiene una amplia distribución a lo largo de todo el territorio nacional, y que genera impactos negativos sobre la calidad atmosférica que inciden, tanto directamente en las comunidades asociadas y circundantes, como sobre el medio ambiente atmosférico en general.

En este sentido la provincia de Sancti Spíritus es una de las mayores productoras de azúcar con 5 empresas azucareras de ellas 3 de producción de azúcar crudo, una de azúcar refino o azúcar blanca y la empresa azucarera "Melanio Hernández" que produce azúcar crudo con una combustión de bagazo de 193200 T/año y una destilería anexa que combustiona crudo nacional con un 7% de azufre.

Atendiendo lo anteriormente expuesto, la estrategia de diversificación llevada a cabo por el MINAZ ha trazado y estudiado alternativas para un desarrollo sustentable a partir de fuentes renovables de energía y dentro esta estrategia, la Empresa Azucarera "Melanio Hernández", donde se enmarca la comunidad de Tuinucú, pretende utilizar la biomasa cañera como fuente de energía durante todo el año. Esto traería consigo que se alargue el período de zafra con el consiguiente aumento del tiempo de las emisiones atmosféricas en la zona.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Como la mayoría de los asentamientos poblacionales cercanas a la industria azucarera, la comunidad de Tuinucú ha sufrido un crecimiento urbanístico no planificado y por esta razón se hace inevitable prestar un gran interés al impacto ambiental que esta provoca, desde la fase agrícola hasta la fase industrial del proceso.

Partiendo de estos elementos se plantea el siguiente **problema científico** la generación de energía en Cuba a partir de biomasa (bagazo) en los centrales azucareros a pesar de ser una fuente renovable de energía produce impactos ambientales locales sobre el medio ambiente que no han sido estudiados a profundidad

Por tal motivo nos trazamos como:

Objetivo general.

Estudiar los impactos ambientales que produce la generación de energía a partir de biomasa (bagazo) en los centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso empresa azucarera “Melanio Hernández”.

Objetivos específicos.

- Determinar es estado del arte de los impactos ambientales producidos por la combustión directa del bagazo.
- Compara desde el punto de vista teórico la contaminación atmosférica producida a partir de la generación de energía por combustible fósil (fuel oil) y con biomasa de caña de azúcar)
- Medir las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos en la comunidad de Tuinucú y analizar la dispersión de estos contaminates.
- Estudiar la influencia que sobre la localidad de Tuinucú tiene la calidad de vida de sus pobladores en cuanto a Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y ASMA y realizar un cálculo de los costos externos que produce la contaminación.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Proponer y valorar técnica y económicamente alternativas de minimización que posibilitan reducir los efectos ambientales.

Hipótesis: si se realiza un estudio del impacto ambiental de la generación de energía a partir de biomasa (bagazo) entonces se podrá diagnosticar estos impactos y proponer medidas de mitigación contra los mismos.

Beneficios esperados:

Proponer un conjunto de alternativas que permitan a mediano y largo plazo mitigar la contaminación atmosférica en la localidad de Tuinucú y elevar así la calidad de vida de sus pobladores.

Aporte teórico:

Un procedimiento para el cálculo de las externalidades ambientales asociadas a la contaminación atmosférica.

Un estudio de impacto ambiental que permite valorar el efecto de la contaminación atmosférica en localidades con tradición azucarera que puede ser aplicada en Cuba y otros países del tercer mundo con similares características en cuanto a combustible renovable (bagazo) se refiere para la generación de energía.

Aporte práctico:

Soluciones tecnológicas recomendadas a la Empresa Azucarera Melanio Hernández para disminuir su impacto ambiental sobre la localidad de Tuinucú.

Información al gobierno provincial y al ministerio de salud pública sobre la situación epidemiológica de los pobladores de Tuinucú y su relación con la contaminación atmosférica producida por la empresa azucarera.

Un listado florístico de la localidad en el que se demuestra la pérdida de biodiversidad.

CAPÍTULO I

1.1 Fundamentos sobre el estudio de impacto ambiental

1.1 1 Introducción al estudio del impacto ambiental

Desde el punto de vista teórico se hace necesario antes de definir el concepto de estudio de impacto ambiental conceptualizar medio ambiente e impacto ambiental como definiciones esenciales de este tipo de estudio.

La utilización del concepto de *medio ambiente*, se emplea desde hace tiempo para hacer referencia al espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, por lo que de este se pueden hacer una multitud de interpretaciones y apropiaciones. En este sentido (González, 1998)y en la (Ley 81 del Medio Ambiente para Cuba 1997) se asume que el medio ambiente se puede entender como el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades. En la **figura 1-1**. se representa la integración de sistemas físicos, biológicos y humanos en la dimensión ambiental

Figura 1-1. Integración de sistemas físicos, biológicos y humanos en la dimensión ambiental.

Físicos	→	Clima, Agua, Aire, Suelo, Ruido	Fuente:
Biológicos	→	Fauna, Flora, Ecosistemas	Espino
Humanos	→	Población, Cultura, Aspectos sa, Socioeconómicos, Valores 2001 Patrimoniales- Históricos, y Estética y Atendie Calidad del Paisaje	ndo a las

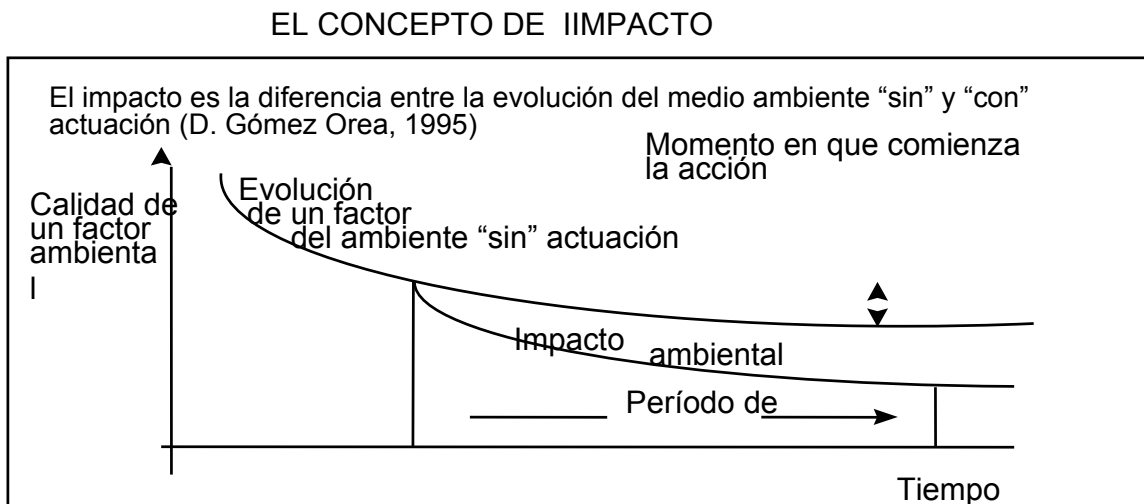
ideas esenciales de la definición anteriormente expresada, la protección ambiental se demuestra especialmente en cada una de las decisiones que afectan a un territorio: que van desde la ubicación, la operacionalización de las urbanizaciones, los vertederos y las industrias, hasta las medidas efectivas que se toman para la rehabilitación del medio ambiente.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Esta percepción de la definición del concepto de medio ambiente en la que se incluye la preocupación y la ocupación cotidiana por las pequeñas y grandes cosas, hasta que se llegue a globalizar en las actividades, hace surgir el concepto de impacto ambiental. Durante mucho tiempo este término fue utilizado fundamentalmente para los temas de contaminación y también estuvo centrado en lo urbano; luego el concepto se hizo extensible a la salud humana, a especies del mundo vivo y a ecosistemas.

Para (Conexa, 1993) el impacto ambiental es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado, tal y como se manifiesta como consecuencia de la realización de un proyecto y la situación del medio ambiente futuro tal y como había evolucionado normalmente sin tal actuación, es decir, la alteración neta resultante del proyecto sobre el medio ambiente. En la **figura 1-2** se ejemplifica el concepto de impacto ambiental.

Figura 1-2 Concepto de impacto ambiental

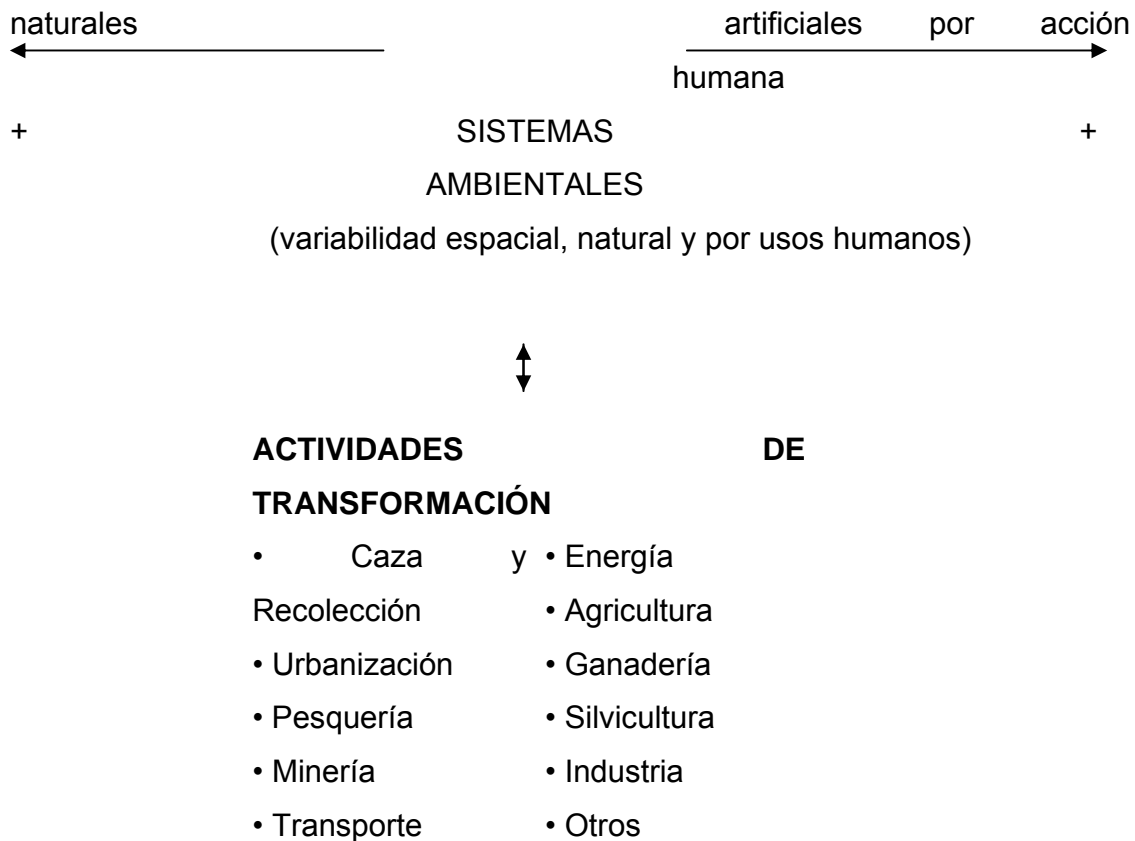


Franza, 1997 plantea que: el impacto ambiental es cualquier cambio neto, positivo o negativo, que se provoca sobre el ambiente como consecuencia, directa o indirecta, de acciones antrópicas susceptibles de producir alteraciones que afecten la salud, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Este concepto, expone que, los impactos se expresan en las diversas actividades y se presentan tanto en ambientes naturales como en aquellos que resultan de la intervención y creación humana (**Figura 1-3**).

Figura 1-3. Condición actual de los sistemas ambientales



Fuente: Espinosa, 2001

La dimensión ambiental debe analizarse, en un sentido amplio, tanto en sus aspectos naturales (como el suelo, la flora, la fauna) como de contaminación (aire, agua, suelo, residuos), de valor paisajístico, de alteración de costumbres humanas y de impactos sobre la salud de las personas. En definitiva, la preocupación surge con todas las características del entorno donde vive el ser humano cuya afectación pueda alterar su calidad de vida. Surgiendo un nuevo concepto la “evaluación del impacto ambiental”.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

1.1.2 Evaluación del Impacto ambiental (EIA)

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un proceso singular e innovador cuya operatividad y validez como instrumento para la protección y defensa del medio ambiente está recomendado por diversos organismos internacionales. También es avalado por la experiencia acumulada en países desarrollados, que lo han incorporado a su ordenamiento jurídico desde hace años.

Según (Conexa, 1993) a EIA propugna un enfoque a largo plazo y supone y garantiza una visión más completa e integrada del significado de las acciones humanas sobre el medio ambiente. También implica una mayor creatividad e ingenio y una fuerte responsabilidad social en el diseño y la ejecución de las acciones y proyectos. La motivación para investigar las nuevas soluciones tecnológicas y en definitiva, para una mayor reflexión en los procesos de planificación y de toma de decisiones, es otro elemento importante en la evaluación de impacto ambiental.

La primera referencia obligada y general, de introducir en el ordenamiento jurídico de un país la obligación de considerar la viabilidad medioambiental en la toma de decisiones de la ejecución de proyecto fue la National Environmental Poluy Act (NEPA) promulgada en el Congreso de Estados Unidos de América en 1969.

Su éxito fue tal, que esta experiencia se extendió rápidamente por todo el mundo, tanto en las esferas internacionales (directrices de bancos y organismo de desarrollo), como nacionales.

Los conceptos y pautas de la evaluación de impacto ambiental, a partir de esta fecha, se fueron evolucionando y perfeccionando (Anexo 1).

Numerosas son las definiciones del concepto de Evaluación de Impacto Ambiental, a continuación se expresan las más generales abordadas por la literatura especializada:

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Procedimiento administrativo de control de proyectos que apoyado en un criterio técnico sobre incidencias de un proyecto (estudio de impacto ambiental) y un trámite de participación pública, permite a la autoridad ambiental competente emitir una Declaración de Impacto ambiental, rechazando, aprobando o modificando un proyecto. (Legislación C.E.E., 1993)
- El conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente (Legislación Española, 1994)
- La actividad del órgano ambiental competente que tenga por objeto determinar la compatibilidad de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente y en su caso, las medidas correctoras que es preciso incluir en el proyecto y/o en su desarrollo (Legislación de Galicia, 1995)
- Un proceso de estudio y consulta que evalúa o considera de forma comprensible los efectos sobre el medio ambiente de una nueva actividad (María Teresa Hernández Bolca. España, 1989)
- Proceso y evaluación multidisciplinaria, para identificar, predecir, evaluar e informar de los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto para la toma de decisiones, que incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas para entrar o disminuir al mínimo esos efectos (Ley 81 de Medio Ambiente de Cuba-1997)
- Evaluación de impacto ambiental es una herramienta de planificación, utilizada para predecir los efectos que tendrá una inversión o proyecto sobre el medio ambiente y así ayudar a los tomadores de decisiones para alcanzar un desarrollo sustentable. Es un proceso que va mas allá del mecanismo legislativo de la protección del medio ambiente. Este proceso fue establecido con el objetivo de mantener la integridad de los ecosistemas, el bienestar del hombre y de la sociedad, así como para alcanzar un desarrollo económico sustentable y para minimizar efectos nocivos sobre el medio ambiente en un contexto de responsabilidad social. (Nova Scotia Department of Environment, 1996)

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

De este conjunto de definiciones podemos destacar:

1. La E.I.A. es todo un proceso jurídico-administrativo que consta de un conjunto de acciones que son:
 - La realización del estudio de Impacto Ambiental.
 - El sometimiento del informe a otras administraciones.
 - El sometimiento a un proceso de participación pública.
 - La emisión de la Declaración de Impacto Ambiental.
 - La realización del proyecto con las medidas correctoras y de mitigación así como el seguimiento de la obligatoriedad de su cumplimiento.
2. La E.I.A. tiene 2 vertientes complementarias: Por una parte los diversos procedimientos expuestos por los distintos estados o regiones mediante sus respectivas leyes y reglamento para implementar la E.I.A. y por otra las metodologías y técnicas más frecuentemente usadas como internacional para realizar los estudios de impacto ambiental.
3. El estudio de Impacto Ambiental (E.I.A) por lo tanto es una parte de E.I.A. y puede definirse como: Estudio técnico de carácter interdisciplinario que incorporado de en el procedimiento de E.I.A. esta destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es el documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del que se produce la declaración o estimación ambiental.
4. Tampoco la E.I.A. debe confundirse con la Declaración Ambiental la cual se define: como pronunciamiento del organismo o autoridad competente del medio ambiente, en base al Estudio de Impacto Ambiental y a las obligaciones, objeciones y comunicaciones resultantes del proceso de participación pública y la consulta institucional, en el que se determina respecto a los efectos ambientales previsibles, la consecuencia o no de realizar la actividad proyectada y en caso afirmativo, en condiciones que deben establecer en orden a la adecuada política del medio ambiente y recursos naturales.
5. Existen otras técnicas en la literatura especializada que también tienden a confundirse con la E.I.A. como valoración de Impacto Ambiental (última fase

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- E_s.I.A.), Estimación de Impacto ambiental (declaración abreviada de Impacto Ambiental), etc., siendo la mayoría de los casos acciones comprendidas en E.I.A. que se explicaran más adelante.
6. La E.I.A. esta referida a un proyecto en su concepción más amplia que incluye la planificación urbana, planes y programas de infraestructura y las instalaciones y de servicio pudiendo definirse: todo documento técnico que define o condiciona de modo necesario, particularmente en lo que se refiere a la localización de construcciones o de otras instalaciones y obras, así como otras intervenciones en el medio natural o paisajes, incluidos los destinados a la explotación de los recursos naturales renovables y no renovables.
 7. Dado su carácter de instrumento productivo de E.I.A. se aplicara solo a proyectos o planes por realizar y no a los ya realizados donde se aplican otros conceptos como auditorias ambientales, producciones limpias, etc., solo puede aplicarse para producir efectos futuros.
 8. En la E.I.A. se involucran en todas sus fases un grupo grande de personas como son:
 - Los titulares del proyecto público o privado.
 - Las autoridades ambientales que evalúan el proyecto.
 - Personal de otros organismos o instituciones que tengan intereses en el proyecto o en el ámbito de actuación geográfica del mismo.
 - Los profesionales que realizan el estudio de E.I.A., y la comunidad científica y/o personal en que están inmersos.
 - Los grupos de población afectados por el proyecto por su impacto económico y ambiental.
 - Otros grupos de defensa de la naturaleza o del medioambiente.
 9. Los objetivos que tiene una E.I.A. son:
 - Asegurar que los problemas potenciales a ocasionar al medio ambiente sean debidamente previstos e identificados en una etapa temprana del diseño y planificación, presentando opciones para la toma de decisiones.
 - Examinar en que forma el proyecto puede causar daños a la población, a comunidades, o a otros proyectos de desarrollo social y al medio ambiente en

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

general integrando a los diversos organismos o instituciones con un cierto grado de responsabilidad en el proceso en una opinión generalizada.

- Identificar medidas para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar los posibles impactos negativos y realizar los posibles impactos positivos, según proceso, estableciendo las vías para mejorar la conformación de la obra o proyecto.
- Propiciar mediante las técnicas y metodologías más adecuadas la evaluación y valoración económica de los efectos previstos y sus costos de reducción.

10. El logro prioritario de una E.I.A. es su credulidad. Está dada por:

- El prestigio, calidad e independencia del equipo redactor.
- La participación pública verdadera y transparente.
- El rigor, calidad y flexibilidad de la metodología utilizada.

1.1.3 Situación de la evaluación del impacto ambiental en Cuba

La implementación de la evaluación de impacto ambiental en Cuba tiene su base en la Ley 81 sobre legislación ambiental cubana la cual expresa al respecto:

ARTICULO 27.- El proceso de evaluación de impacto ambiental comprende:

- a) La solicitud de licencia ambiental.
- b) El estudio de impacto ambiental, en los casos en que proceda.
- c) La evaluación propiamente dicha, a cargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- d) El otorgamiento o no de la licencia ambiental.

ARTICULO 28.- Será obligatorio someter a la consideración del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, a fin de que se efectúe el proceso de evaluación de impacto ambiental correspondiente, los nuevos proyectos de obras o actividades que a continuación se relacionan:

- a) Presas o embalses, canales de riego, acueductos y obras de drenaje, dragado, u otras que impliquen la desecación o alteración significativa de cursos de agua.
- b) Plantas siderúrgicas integradas.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- c) Instalaciones químicas o petroquímicas integradas.
- d) Instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos.
- e) Actividades mineras.
- f) Centrales de generación eléctrica, líneas de transmisión de energía eléctrica o sus subestaciones.
- g) Centrales de generación nucleoelectrica y otros reactores nucleares, incluidas las instalaciones de investigación para la producción y transformación de materiales fisionables y las zonas e instalaciones para la disposición final de los desechos asociados a estas actividades;
- h) Construcción de líneas ferroviarias, terraplenes, pedraplenes, rutas, autopistas, gasoductos y oleoductos.
- i) Aeropuertos y puertos.
- j) Refinerías y depósitos de hidrocarburos y sus derivados.
- k) Instalaciones para la gasificación y licuefacción de residuos de hidrocarburos.
- l) Instalaciones turísticas, en particular las que se proyecten en ecosistemas costeros.
- m) Instalaciones poblacionales masivas.
- n) Zonas francas y parques industriales.
- o) Agropecuarias, forestales, acuícolas y de maricultivo, en particular las que impliquen la introducción de especies de carácter exótico, el aprovechamiento de especies naturales de difícil regeneración o el riesgo de la extinción de especies.
- p) Cambios en el uso del suelo que puedan provocar deterioros significativos en este o en otros recursos naturales o afectar el equilibrio ecológico.
- q) Colectores y emisores de efluentes sanitarios urbanos.
- r) Perforación de pozos de extracción de hidrocarburos.
- s) Hospitales y otras instalaciones de salud.
- t) Obras relativas a la biotecnología, productos y procesos biotecnológicos.
- u) Rellenos sanitarios.
- v) Cementerios y crematorios.
- w) Obras o actividades en áreas protegidas no contempladas en sus planes de manejo.
- x) Industria azucarera y de sus derivados.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- y) Industrias metalúrgicas, papeleras y de celulosa, de bebidas, lácteas y cárnicas, cementeras y automotoras.
- z) Cualesquiera otras que tengan lugar en ecosistemas frágiles, alteren significativamente los ecosistemas, su composición o equilibrio o afecten el acceso de la población a los recursos naturales y al medio ambiente en general.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en coordinación con los órganos y organismos correspondientes, establecerá, en los casos que se requiera, los parámetros para la determinación de las categorías de obras contempladas en el presente artículo que deberán ser sometidas al proceso de evaluación de impacto ambiental.

ARTICULO 29.- Podrá también exigirse el proceso de evaluación de impacto ambiental respecto a:

- a) La expansión o modificación de actividades existentes y en los casos de reanimación productiva de actividades actualmente detenidas que así lo requieran, lo cual abarca los cambios tecnológicos en los procesos existentes, en el empleo de materias primas o fuentes de energía y en general, todo lo que signifique una variación de la naturaleza que pueda ocasionar un impacto ambiental.
- b) Las obras o actividades en curso que, aún no encontrándose en el supuesto señalado en el inciso anterior, requieran ser sometidas a dicho proceso por generar un impacto negativo de significación.

ARTICULO 30.- El costo de elaboración del estudio de impacto ambiental, así como el de las medidas de monitoreo, mitigación, rehabilitación u otras requeridas para el desempeño ambientalmente adecuado de la obra o actividad, estará a cargo de las personas que detentan su titularidad.

Excepcionalmente, y previa aprobación del Ministerio de Finanzas y Precios, los costos podrán ser asumidos por el Presupuesto estatal.

ARTICULO 31.- El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en coordinación con los órganos y organismos competentes, podrá someter a evaluaciones de impacto ambiental

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

los planes o políticas de desarrollo urbano o industrial, de manejo forestal, hídricas, de desarrollo turístico, minero, pesquero y de manejo del suelo. Este proceso de evaluación no requiere del otorgamiento de una licencia ambiental.

ARTICULO 32.- Todas las personas naturales y jurídicas que participen de cualquier modo en el proceso de evaluación de impacto ambiental responden por la veracidad de la información aportada y por las consecuencias que se deriven de su ocultamiento o falsedad.

ARTICULO 33.- El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y el Ministerio de Economía y Planificación, establecerán las coordinaciones correspondientes para la adecuada integración del proceso de evaluación de impacto ambiental con el proceso inversionista.

A partir de esta ley y del diagnóstico nacional que se ejecuta cada cinco años se elabora la estrategia ambiental cubana del 2005 hasta el 2010 en la que se trazan las diferentes pautas respecto a la contaminación ambiental con el objetivo de afianzar la Evaluación del Impacto Ambiental como un instrumento de la política y el control ambiental para la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales, que representa un medio para alcanzar el desarrollo económico y social sostenible, en tanto permite introducir la variable ambiental en los programas de desarrollo y en la toma de decisiones sobre los proyectos.

En la ya mencionada estrategia se exponen además los lineamientos para la EIA:

- Desarrollar la Evaluación de Impacto Ambiental Estratégica de Planes y Programas.
- Perfeccionar el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental para las nuevas inversiones así como la expansión o modificación de obras existentes y en los casos de reanimación productiva de actividades actualmente detenidas, y otras obras o actividades en curso que puedan generar un impacto negativo significativo.
- Incrementar el rigor científico técnico del proceso de evaluación de impacto ambiental.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Controlar el cumplimiento de la legislación vigente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, relativa a las Evaluaciones de Impacto Ambiental y valorar en un período razonable sus efectos y los requerimientos de su perfeccionamiento.
- Aplicar el enfoque de Producción Más Limpia en el proceso de EIA de modo tal que el mismo sea un instrumento facilitador de la prevención de los daños ambientales y del incremento de la eficiencia económica en los nuevos proyectos de desarrollo

Una vez analizados los conceptos de EIA y la situación de la EIA en Cuba se considera necesario declarar los PRINCIPALES MECANISMOS DE LA EIA pues este trabajo aborda uno de ellos el **Estudio del Impacto Ambiental**.

- *Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*, entendido como el conjunto de requisitos, pasos y etapas que deben cumplirse para que un análisis ambiental preventivo sea suficiente como tal según los estándares internacionales (Espinosa, 2001)
- *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*, entendido como la forma de organización y administración del proceso de EIA según la realidad y capacidad de quien lo aplique (Espinosa, 2001)
- *Estudio de Impacto Ambiental*, entendido como el o los documento(s) que sustenta(n) el análisis ambiental preventivo y que entrega(n) los elementos de juicio para tomar decisiones informadas en relación a las implicaciones ambientales de las actividades humanas. (Espinosa 2001)

1.1.4 Estudio de Impacto Ambiental

Un estudio de impacto ambiental es un conjunto de análisis técnico-científicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí, cuyo objetivo es la identificación, predicción y evaluación de los impactos significativos positivos y/o negativos, que pueden producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico y humano. La información entregada por el estudio debe llevar a conclusiones sobre los impactos que puede producir sobre su entorno la instalación y desarrollo de una acción, establecer las medidas para mitigarlos y seguirlos, y en general, proponer toda reducción o eliminación de su nivel de significancia. (Espinosa ,2001)

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Franza, 1997 opina que los estudios de impacto ambiental son instrumentos para las políticas ambientales preventivas, ya que se deben efectuar siempre antes de iniciar las obras correspondientes. Se supone que dichos estudios servirán para corregir los diseños de obra a fin de ajustarlos a una incidencia (o impacto) negativa ambiental mínima.. No es posible que una obra tenga impacto ambiental cero, ya que por mínima que sea la infraestructura se produce una modificación sobre el medio que antes de realizarla no se presentaba. Por ejemplo, el espacio físico ocupado por las instalaciones ya es un impacto ambiental negativo para el ambiente.

Ambas definiciones son coincidentes en que un estudio de impacto ambiental permite comparar las situaciones y/o dinámicas ambientales previas y posteriores a la ejecución de una acción humana. Para ello se compara la situación ambiental existente con aquella que se espera generar como consecuencia de la acción. A través de este proceso de simulación se evalúan tanto los impactos directos como los indirectos.

En la Ley 81 de Medio Ambiente Cuba, 1997 se plantea que el estudio de impacto ambiental es una descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evolución de impacto ambiental. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación del impacto ambiental del proyecto y describir las acciones que se ejecutan para impedir o minimizar los efectos adversos, así como el programa de monitoreo que se adoptará.

Por otra parte (Pere, 1997) declara que el estudio de impacto ambiental analiza los impactos ambientales de inversiones y plantas en localizaciones específicas, teniendo en cuenta posibles alternativas. Se aplica a la toma de decisiones de actividades públicas o para conceder permisos a lagunas actividades privadas.

La autora de este trabajo asume la concepción antes abordada pues se realiza un estudio de impacto ambiental en una empresa azucarera como estudio de caso y se proponen alternativas para esta.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Para la realización de los estudios de impacto ambiental no existe aún una metodología específica ni un patrón bien definido, ya que los aspectos dependerán directamente del tipo de proyecto sobre el que se va a aplicar, de las características ambientales del sitio del proyecto, de la intensidad y extensión de los posibles impactos generados y de la profundidad de la modalidad de manifestación de impacto ambiental (MIA) que se va a elaborar. Lo que sí existe es una serie de lineamientos básicos contenidos en los instructivos par la elaboración de las MIA en sus diferentes modalidades, y algunos manuales especializados dirigidos a la elaboración de estudios de impacto ambiental para un sector productivo determinado.

Atendiendo a lo anteriormente expresado, en el (Colectivo de Autores,2000)se plantea que la primera etapa conceptual de los estudios de impacto ambiental consiste en predecir e identificar las alteraciones producidas por el proyecto, el análisis de los objetivos y acciones susceptibles de producir impacto, así como la definición de la situación preoperacional del entorno, la misma que comprende la identificación de elementos susceptibles de ser modificados, el inventario de estos elementos y la valoración del inventario.

La segunda etapa consiste en la identificación y predicción de los impactos ambientales. Si existe más de una alternativa, se deberá hacer la valoración de impactos para cada una de ellas, lo que posteriormente hará posible una comparación de dichas alternativas, así como la selección de la más adecuada.

Otra forma de realizar estudios de impacto ambiental es la elaborada por (Seoáñez,2000) y consta de las siguientes etapas:

1. Descripción del proyecto y sus acciones: se trata de analizar o estudiar su actividad, obra o actuación que se va a realizar, concretada en el proyecto que se propone, para identificar las acciones susceptibles de producir impactos.

El proyecto se ha de evaluar para todos y cada una de sus fases: diseño, obra y construcción, funcionamiento o explotación y desmantelamiento o abandono

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Subfases

- Descripción general de la actividad
 - Localización
 - Relación de todas las acciones inherentes a la actuación susceptibles de producir impactos medioambientales significativos
 - Descripción de materiales a utilizar, de maquinaria y equipos, de suelos a ocupar y de recursos naturales que se van a ver afectados por el proyecto.
 - Descripción de equipos, cantidades y composición de residuos, vertidos y emisiones derivadas de la actuación.
 - Descripción de otras perturbaciones medioambientales (olores, ruidos, etc.) derivados de la actuación
2. Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución afectada
 3. Definición de la situación preoperacional. Inventario ambiental.

Se trata de describir el estado actual del medio, fase preoperacional o de estado o, antes de la ejecución de la actuación, para posteriormente compararlo con la situación fuera en el caso de que se ejecutase la correspondiente actuación. De esta forma podrán compararse ambas situaciones del medio, con y sin proyecto (con y sin impacto). Dicha descripción tiene por objeto disponer de una versión general de las condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas del entorno de ubicación del proyecto, lo que permitirá integrar una base comparativa para detectar, identificar y valorar los impactos medioambientales significativos derivados del proyecto.

Se debe describir tanto el medio físico, en sus elementos bióticos (fauna y vegetación) y abióticos (agua, aire, suelo, clima, paisaje), como el medio socioeconómico. El inventario ambiental debe incluir al menos los siguientes sectores: relieve y topografía, suelos, hidrología superficial y subterránea, climatología y calidad del aire, fauna, vegetación, determinación de zonas ambientales sensibles, paisajes y aspecto socioeconómicos.

El colectivo de autores, 2002 plantea que para la realización de este análisis se suelen utilizar los siguientes instrumentos básicos:

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Bibliografía
- Estudio de campos por sectores (observación visual, toma de muestras inventarios de flora y fauna, análisis de verdad-terreno con medida de ciertos parámetros in situ, información oral, etc.)
- Análisis de laboratorio (muestra y análisis concretos)
- Trabajo de gabinete: procesado y análisis de la información, redacción dictamen etc.
- Identificación y descripción de los impactos: esta identificación permite cotejar los datos obtenidos en el análisis del proyecto y en el estudio del medio preoperacional. Han de interrelacionarse las acciones ambientales derivadas del proyecto susceptible de causar impactos y los factores ambientales susceptibles de ser impactados, identificándose los posibles impactos.
-

Una vez determinados estos, deberán ser descritos sistemáticamente, cada uno de ellos por separado para lo que existen numerosas metodologías.

Por otra parte (Espinosa, 2001) considera que un estudio de impacto ambiental contiene las siguientes etapas:

1. Descripción del ambiente y de la acción
2. Pronóstico y análisis de impactos ambientales
3. Mitigación, compensación y seguimiento de impactos negativos significativos

De esta forma el estudio de impacto ambiental produce tres resultados básicos

- 1- Las conclusiones sobre los impactos(o lo que se lo mismo, sobre la viabilidad ambiental de la propuesta y la comparación de las distintas alteraciones técnicas)
- 2- La propuesta de medidas correctoras
- 3- Programa de vigilancia ambiental

1.1.5 Impacto ambiental

El impacto ambiental constituye una alteración significativa de las acciones humanas; su trascendencia deriva de la vulnerabilidad territorial. Esta es múltiple; por ejemplo: un

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

determinado territorio puede presentar características de fragilidad en cuanto al riesgo de erosión y no por la contaminación de acuíferos. Esta diversidad de facetas siempre debería ponerse de manifiesto en una evaluación de impacto ambiental. (Orea, 1995)

La consideración del impacto negativo sobre el medio contrapone los conceptos de fragilidad, singularidad y rareza, a las consideraciones de tipo técnico analizadas en los estudios de capacidad. Contrariamente, el impacto positivo realza la capacidad territorial para acoger las acciones, con matices derivados de las posibles orientaciones favorables que puedan inducirse sobre los elementos espaciales y los procesos actuantes debido a la implantación de las actividades humanas. (Martínez ,2000)

Esta diversidad de facetas siempre debería ponerse de manifiesto en estudio de impacto ambiental. Una alteración ambiental, correspondiente a cualquiera de esas facetas de la vulnerabilidad o fragilidad del territorio, puede ser individualizada por una serie de características; entre ellas destacan, por ejemplo:

- a) El *carácter* del impacto que hace referencia a su consideración positiva o negativa respecto al estado previo a la acción; indica si, en lo que se refiere a la faceta de la vulnerabilidad que se esté teniendo en cuenta, ésta es beneficiosa o perjudicial.
- b) La *magnitud* del impacto informa de su extensión y representa la “cantidad e intensidad del impacto”: ¿Cuántas hectáreas se ven afectadas? ¿qué número de especies se amenaza? ¿cuáles son los volúmenes de contaminantes, o porcentaje de superación de una norma, etc.?
- c) El *significado* del impacto alude a su importancia relativa (se asimila a la “calidad del impacto”). Por ejemplo: importancia ecológica de las especies eliminadas, o intensidad de la toxicidad del vertido, o el valor ambiental de un territorio.
- d) El *tipo de impacto*, describe el modo en que se produce; por ejemplo, el impacto es directo, indirecto, o sinérgico (se acumula con otros y se aumenta ya que la presencia conjunta de varios de ellos supera a las sumas de los valores individuales).
- e) La *duración* del impacto se refiere al comportamiento en el tiempo de los impactos ambientales previstos: si es a corto plazo y luego cesa; si aparece rápidamente; si su culminación es a largo plazo; si es intermitente, etc.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

f) La *reversibilidad* del impacto tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior a la acción. Se habla de impactos reversibles y de impactos terminales o irreversibles.

g) El *riesgo* del impacto estima su probabilidad de ocurrencia.

h) El *área espacial* o de influencia es el territorio que contiene el impacto ambiental y que no necesariamente coincide con la localización de la acción propuesta. Informa sobre la dilución de la intensidad del impacto, lo que no es lineal a la distancia a la fuente que lo provoca. Donde las características ambientales sean más proclives aumentará la gravedad del impacto (el ejemplo de la acumulación de tóxicos en las hondonadas con suelos impermeables es bien relevante).(Espinosa, 2001)

Una de las clasificaciones de los impactos ambientales se basa en las características antes descritas (Anexo 2)

Por otra parte, cuando se trata de caracterizar los impactos se deben considerar algunas circunstancias colaterales, que son importantes para explicar el comportamiento de determinados fenómenos.

Por ejemplo algunos de los elementos del medio no son susceptibles de recibir impactos de las acciones, como es obvio en el caso de la altitud u otros parámetros fisiográficos.

Sin embargo, puede ser necesario tenerlos en cuenta porque actúan como *amplificadores* de alteraciones sobre otros elementos del ambiente. Esta consideración es particularmente importante en el caso del paisaje: un mismo impacto visual tendrá mayor o menor gravedad según la superficie desde la que pueda ser visto y del lugar en que se produzca; construir un edificio en la cima de un monte siempre es más llamativo que hacerlo en la ladera. Particular interés tiene la diferenciación entre efecto (cualquier afectación del ambiente) e impacto (alteración significativa del ambiente). (Martín, 1999)

Por otro lado, el significado del impacto puede conectarse con su reversibilidad. La necesidad de calificar el deterioro irreversible, el agotamiento de un recurso, y la iniciación

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

de procesos negativos que se aceleran a sí mismos, ha conducido al desarrollo de estrategias de definición y uso de *umbrales de impactos*. Estos marcan los límites a partir de los cuales el impacto se considera inadmisibles y que, por lo tanto, incompatibilizan la ejecución de la acción con determinados ambientes. (Conexa, 1993)

Todas estas circunstancias y características definen la mayor o menor gravedad o beneficio, derivados de las acciones humanas en un territorio. La correcta evaluación de los impactos ambientales se concreta normalmente con la utilización de alguna escala de niveles de impacto; esto facilita la utilización de la información recopilada para la toma de decisiones.

Existen diversas formas para definir y calificar los impactos. Un ejemplo de niveles puede ser el siguiente:

- a) *Impacto compatible*. La carencia de impacto o la recuperación inmediata tras el cese de la acción. No se necesitan prácticas mitigadoras.
- b) *Impacto moderado*. La recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo. Se precisan prácticas de mitigación simples.
- c) *Impacto severo*. La magnitud del impacto exige, para la recuperación de las condiciones, la adecuación de prácticas específicas de mitigación. La recuperación necesita un período de tiempo dilatado.
- d) *Impacto crítico*. La magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posibilidad de recuperación incluso con la adopción de prácticas de mitigación. (Gómez, 1995)

Los indicadores más frecuentes, y más fáciles de manejar son las normas o estándares, especialmente si están desarrollados y controlados por una legislación específica atendiendo al criterio de (Seoanez, 2000) se refieren los siguientes.

- impactos a mediano, largo y corto plazo.
- Por su presencia o duración: impactos temporales o permanentes
- Por su capacidad de recuperación: impactos reversibles, irreversibles, recuperables o irrecuperables

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Por la variación de la calidad ambiental (signo): impactos positivos o negativos
- Por la interrelación de acciones y efectos: importados acumulativos, simples o sinérgicos.
- Por la intensidad: impactos notables o mínimos
- Por su periodicidad: impactos periódicos, de aparición irregular, continua o discontinua
- Por la necesidad de aplicación de medidas correctas: Impactos ambientales compatibles, moderados, severos o críticos

En el (anexo 3) se presentan ejemplos de métodos usados para valoración y clasificación de impactos. Nótese que tienen criterios y pesos diferentes para cada variable utilizada. Cabe destacar que ésta es una de las limitaciones de estudios de impacto ambiental, ya que se carece de metodologías de uso común. Por ello es muy importante detallar los procedimientos utilizados y los alcances de la técnica usada en cada caso.

Selección de metodologías

Los métodos y técnicas usualmente aceptadas están destinadas a medir tanto los impactos directos, que involucran pérdida parcial o total de un recurso o el deterioro de una variable ambiental, como la acumulación de impactos ambientales y la inducción de riesgos potenciales.

Como es sabido, el análisis de los impactos incluye variables socioeconómicas, culturales, históricas, ecológicas, físicas, químicas y visuales, en la medida que ellas se generen en el territorio afectado por la acción y que representen las alteraciones ambientales prioritarias derivadas de una acción humana.

Un primer criterio a incluir en la selección de técnicas y métodos es definir si se necesita medir la *capacidad* de una variable del ambiente o el *impacto* que sobre ella se genera. Un segundo elemento, se relaciona con su comportamiento en el tiempo. Por ejemplo, se considera la naturaleza como un estado de equilibrio que es ocasionalmente perturbado por eventos propios o inducidos.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Esta percepción obedece, probablemente, a que los cambios ecológicos acontecen en escalas temporales mayores que las humanas. Esto introduce una complicación adicional en la utilización de técnicas y métodos ya que las perturbaciones ambientales ocasionadas por un proyecto y sus efectos sobre el medio ambiente deben compararse no tan sólo con la situación inicial, previa a la acción, sino que con los posibles estados del sistema de acuerdo a las dinámicas de cambio natural.

Para la obtención de la información requerida en las evaluaciones ambientales destaca la utilización de metodologías y técnicas de medición, ya que con ellas es posible realizar adecuadamente una predicción, identificación e interpretación del impacto en los diferentes componentes del medio ambiente.

La medición de las variables ambientales específicas establece el desafío de seleccionar métodos y técnicas en función del ambiente afectado, de los tipos de acciones que se emprendan, de los recursos disponibles, y de la calidad de la información, entre otros aspectos.

En relación a evaluar *impactos* ambientales, la explosión de métodos de medición surge a fines de los años 60. El ya clásico procedimiento de la matriz de LEOPOLD para la identificación, análisis y evaluación de impactos ambientales se publica en 1971. Desde entonces una larga serie de experiencias metodológicas ha sido desarrollada en el lógica de la evolución de toda herramienta incipiente.

El punto crucial en las metodologías de estudios de impacto ambiental es la medición de los aspectos cualitativos. La estimación y el valor de un área en que viven especies animales o vegetales en peligro de extinción, o el establecimiento de las modificaciones en las cadenas tróficas, son problemas que muchas veces sólo pueden ser resueltos con la cualificación de variables.

La utilización de métodos para identificar las modificaciones en el medio, es una tarea relativamente fácil. Pero otra cosa es la calificación de esas modificaciones: todos los aspectos y parámetros pueden medirse; la dificultad está en valorarlos. Saber que el gas

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

órgano-clorado freón de los aerosoles destruye el ozono de la estratósfera y medir, incluso, su tasa de disminución, es un aspecto. Otra cosa es medir la importancia y los impactos desencadenados por esta destrucción.

A pesar de estas dificultades algunos métodos son ampliamente usados, aún cuando todavía se discuta la utilidad real y se busque perfeccionar sus alcances (por ejemplo, la matriz de Leopold).

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental se refieren a los enfoques desarrollados para identificar, predecir y valorar las alteraciones de una acción. Consiste en reconocer qué variables y/ o procesos físicos, químicos, biológicos, socioeconómicos, culturales y paisajísticos pueden ser afectados de manera significativa.

Es relevante destacar que un impacto ignorado o subestimado hace insatisfactorio cualquier análisis, aún cuando se use una metodología sofisticada.

La medición puede ser cuantitativa o cualitativa; ambas son igualmente importantes, aún cuando requieren de criterios específicos para su definición adecuada. La predicción implica seleccionar los impactos que efectivamente pueden ocurrir y que merecen una preocupación especial por el comportamiento que pueda presentarse.

Es importante contrastarlos con indicadores de la calidad ambiental deseada. Algunos de los métodos utilizados permiten identificar los impactos. Entre ellos pueden citarse los descritos en por Leal, 1997

a) *Las reuniones de expertos*. Solamente a considerar cuando se trata de estudiar un impacto muy concreto y circunscrito. Si no ocurre así, no se puede pretender ni rapidez ni exhaustividad, a causa de los cruces interdisciplinarios. El método Delphi ha sido de gran utilidad en estos casos.

b) *Las "check lists"*. Son listas exhaustivas que permiten identificar rápidamente los impactos. Existen las puramente "indicativas", y las "cuantitativas", que utilizan estándares

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

para la definición de los principales impactos (por ejemplo contaminación del aire según el número de viviendas).

c) *Las matrices simples de causa-efecto.* Son matrices limitadas a relacionar la variable ambiental afectada y la acción humana que la provoca.

d) *Los grafos y diagramas de flujo.* Tratan de determinar las cadenas de impactos primarios y secundarios con todas las interacciones existentes y sirven para definir tipos de impactos esperados.

e) *La cartografía ambiental o superposición de mapas (overlay).* Se construyen una serie de mapas representando las características ambientales que se consideren influyentes. Los mapas de síntesis permiten definir las aptitudes o capacidades del suelo ante los distintos usos, los niveles de protección y las restricciones al desarrollo de cada zona.

f) *Redes.* Son diagramas de flujo ampliados a los impactos primarios, secundarios y terciarios.

g) *Sistemas de Información Geográficos.* Son paquetes computacionales muy elaborados, que se apoyan en la definición de sistemas. No permiten la identificación de impactos, que necesariamente deben estar integrados en el modelo, sino que tratan de evaluar la importancia de ellos.

h) *Matrices.* Estos métodos consisten en tablas de doble entrada, con las características y elementos ambientales y con las acciones previstas del proyecto. En la intersección de cada fila con cada columna se identifican los impactos correspondientes. La matriz de Leopold es un buen ejemplo de este método. En matrices más complejas pueden deducirse los encadenamientos entre efectos primarios y secundarios, por ejemplo.

Como puede verse, existen muchas maneras y métodos para analizar la *capacidad* del ambiente y los *impactos* ambientales. Son tantos que su selección es un punto crucial en los resultados de la evaluación. Por ello no es posible abogar por una fórmula única, ya que no lo permite la escasa perspectiva temporal y la enorme complejidad de las interacciones; aún más, una regla de este tipo, nunca sería aconsejable de definir en el dominio de las ciencias ambientales

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ESPECÍFICOS PARA LA VARIABLE AMBIENTAL CALIDAD DEL AIRE POR SER LA VARIABLE QUE SE ABORDA EN EL TRABAJO, ASÍ COMO EL ANÁLISIS DE LA FLORA POR SER OTRA DE LAS VARIABLES QUE SE TOMO EN CONSIDERACIÓN.

Esta sección busca enunciar algunos métodos específicos relevantes para la EIA que son utilizados en el trabajo. En ningún caso se pretende elaborar un análisis detallado de todas las alternativas posibles, sino sólo visualizar la diversidad de ofertas disponibles, para ello se exponen los elaborados por Conexa, 1995.

Análisis sobre la calidad del aire

El análisis de la calidad del aire puede cumplir varias finalidades, entre las que destacan el pronóstico de las posibles alteraciones por una nueva actividad, y el impacto en la salud humana y en la flora y fauna de un territorio determinado.

También el análisis de la calidad del aire permite conocer la eficiencia de los mecanismos de control de emisiones de un determinado proceso industrial.

La modelación de los posibles impactos ambientales por emisiones al aire cumple el propósito de predecir el comportamiento de las concentraciones de contaminantes. Esto implica simular con una metodología apropiada la manera cómo el medio ambiente es afectado por una determinada emisión y evaluar los impactos de la acción propuesta y de sus alternativas.

Los modelos disponibles para el análisis de la calidad del aire están en función de los diferentes componentes químicos emitidos, y las variables meteorológicas y de estabilidad atmosférica.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Los modelos de difusión atmosférica son la clave para el análisis de calidad del aire de las fuentes emisoras que descargan gases o partículas a la atmósfera. Se han desarrollado numerosos modelos para distintas fuentes de emisión (fijas, móviles, etc.) y diversos contaminantes que predicen concentraciones en el tiempo y en el espacio. Los consideran de gran importancia las variables meteorológicas y de estabilidad atmosférica.

Estos modelos pueden ser divididos en 2 grandes tipos:

- **Modelos físicos**, en los que se reproduce el fenómeno a estudiar, en una escala apropiada. Generalmente se trata de túneles de viento en donde se construye a escala la instalación que producirá las emisiones y de la topografía circundante, y se reproducen las condiciones atmosféricas.
- **Modelos numéricos**, en donde se simula en un microcomputador el fenómeno en estudio, lo que permite conocer el orden de magnitud de las concentraciones y de las distancias asociadas a impactos relevantes.

Ambos tipos de modelos se pueden combinar con resultados positivos. En el mercado existen varios modelos “envasados” orientados a la predicción de concentraciones ambientales generadas por fuentes fijas y móviles, tanto para gases como partículas. Entre los modelos de mayor utilidad en el análisis de calidad del aire pueden citarse:

- Modelos de difusión para plumas de chimeneas (emisión fija continua), recomendado para fuentes pequeñas;
- Modelos de emisión fija instantánea;
- Modelos de difusión para fuentes de área (superposición para varias plumas);
- Modelos de difusión para fuentes móviles; y
- Modelos estadísticos para difusión de partículas.

Un punto clave en la aplicación de todo modelo de difusión atmosférica es la alimentación de los parámetros utilizados. Esto implica una decisión previa respecto del número de observaciones sobre las cuales se promedia el parámetro de entrada y su grado de

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

representatividad en términos de las variaciones diarias, mensuales o estacionales. Las variables que alimentan un modelo de difusión son:

- Cantidad y tipo de emisiones generadas por la actividad.
- Cantidad y tipo de emisiones generadas por otras actividades ya existentes en el área de influencia.
- Estabilidad atmosférica en el área de influencia.
- Rugosidad del terreno.
- Velocidad y dirección del viento.
- Datos de monitoreo de calidad de aire en la zona.

Análisis sobre flora y fauna

Debido a la gran diversidad que presentan los seres vivos, tanto a nivel de individuos y especies como de interacciones y asociaciones entre ellos, no existe una metodología aplicable a todos los casos, excepto en líneas o principios generales. Esto hace que el primer paso para realizar estudios de flora y fauna sea adecuarse a las metas planteadas y a la existencia de información disponible en inventarios y publicaciones científicas actualizadas.

La descripción de comunidades bióticas es probablemente el aspecto que más tiempo requiere en un estudio de impacto ambiental. Las comunidades varían considerablemente en extensión, desde aquellas restringidas a pequeños cuerpos de agua hasta biomásas con miles de kilómetros de extensión.

La inclusión de un listado de especies no resulta la mejor práctica en la preparación de las evaluaciones de impacto ambiental. En este sentido el nivel de detalle de las descripciones debe ser adecuado para satisfacer las necesidades de cada caso en cuestión. Ciertos hábitat o comunidades bióticas probablemente requieran tratamientos más detallados que otros, especialmente aquellos que presentan una gran diversidad de especies o que poseen individuos con algún grado de amenaza para su conservación.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Entre las técnicas de estudio de la fauna están aquellas que contemplan la detección directa de los individuos, ya sea por avistamiento, captura, restos de animales, o por estimaciones indirectas basadas en indicadores de presencia o actividad como lo son huellas, fecas, nidos, o presencia de restos óseos en fecas y regurgitados de predadores. También existen técnicas complejas de captura-marcaje-recaptura que permiten estimar en forma precisa la densidad y composición etárea de las poblaciones. Las técnicas de captura deben estar adecuadas a los distintos tipos de organismos (peces, aves, reptiles, roedores, murciélagos, cetáceos, etc.).

La elección del método para describir la vegetación depende de varios factores importantes. Según el propósito se necesita estudiar distintos atributos; la descripción de la fisonomía y estructura de la vegetación en general no requiere de la identificación de todas las especies ni del diseño de muestreos demasiado complicados. Por el contrario, cuando es necesario describir la flora en su totalidad, se requiere la identificación de todas las especies y de un diseño de muestreo exhaustivo. Los primeros métodos se denominan fisionómicos y los segundos florísticos.

En los ecosistemas terrestres el método más práctico para definir una comunidad es a través del reconocimiento de formaciones vegetacionales que se realizan mediante métodos fisionómicos. Todos ellos utilizan categorías descriptivas que permiten caracterizar la vegetación con mayor o menor detalle y contemplan alguna forma de representación simbólica. Entre las características utilizadas están: la estratificación o alturas de los componentes principales; la abundancia; la densidad; la forma de vida; el tamaño, forma, textura y función de las hojas, y otros.

La identificación florística es importante para establecer si alguna de las especies presentes en el área de estudio se encuentran en alguna categoría de conservación que requiere especial atención. Para las plantas, tales como árboles, arbustos, cactus y algunas hierbas, han sido establecidos procedimientos tanto por organismos nacionales como también internacionales.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

La existencia de relación entre especies o ensamble de especies animales y vegetales, permite usar indicadores biológicos que establecen condiciones de presencia/ausencia.

En cualquiera de los casos las metodologías no han sido estudiadas para determinar los impactos que produce la generación de energía a partir de biomasa (bagazo) por lo que se hace necesario combinar algunos de los métodos generales y específicos anteriormente estudiados, así como fundamentar el porque de esta variante que tiene sus antecedentes en la diversificación de la industria azucarera.

1.1 .6 La economía ambiental como herramienta utilizada en el estudio de impacto ambiental desarrollado en el trabajo.

La Biosfera es el conjunto de todas las comunidades existentes en el planeta tierra y tiene tres funciones fundamentales en la economía: proporciona recursos (renovables y no renovables), la de recepcionar residuos y ofertar servicios medioambientales que son exclusivos y de los cuales depende la economía. La tierra y sus recursos son finitos y existe un crecimiento económico con una mayor pobreza y deterioro del entorno. (Costanza, 1989)

La crisis ecológica presentada ya desde la década de los 60 y agudizada aceleradamente década tras década, ha preocupado y unido a los estudiosos y amantes de la paz de diferentes posiciones filosóficas y políticas. Existen evidencias de los límites de la naturaleza que la actividad humana incluso está al borde de sobrepasar. (Llanes, R. J, 1999)

Luego de la especialización y la separación de los economistas y ecologistas, gran parte de éstos se reintegran para enfrentar la crisis ambiental. Los economistas y filósofos han tratado de contribuir con la problemática desde diferentes posiciones junto a los ecologistas con el objetivo de proponer metas, políticas, acuerdos entre agentes económicos así como diferentes mecanismos para evaluar económicamente el cambio

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

ambiental, internalizar costos ambientales, etc. con el fin de apoyar la conservación y aprovechamiento sustentable de la biosfera. (Llanes, R. J, 1999)

La relación entre economía y medio ambiente ha originado diversas posiciones, liberales que han percibido la protección ambiental como un impedimento para el crecimiento económico más posiciones que consideran que hay fronteras impuestas por la naturaleza, el ecologismo extremo, el crecimiento lento o el no crecimiento. Estos han cedido desde los 80 a un nuevo ambientalismo que declara que es posible el crecimiento económico junto a la protección ambiental mediante la reconciliación entre la ecología y la economía de mercado. (Marrero, M, M. 1999)

La vinculación de la temática ambiental a los problemas económicos, resulta compleja y puede ser enfocada de formas diferentes. De una parte, la Economía Ambiental que toma como base el enfoque tradicional y ortodoxo proveniente del instrumental neoclásico: las externalidades y la asignación óptima de los recursos entre cuyos precursores encontramos a (Pigou, 1920) y (Ronald Coase, 1960). En sus trabajos establecen soluciones a las externalidades, sentando las bases conceptuales para la discusión en este campo de forma polémica.

En tanto existen dos corrientes económicas fundamentales la ecológica y la ambiental que tienen diferentes enfoques y dimensiones pero con planteamientos que la acercan a la realidad actual.

La **Economía Ambiental**, tiene su fundamento en la economía neoclásica; la misma está enfocada a la valoración monetaria de los beneficios y costos ambientales y a resolver los problemas de los derechos de propiedad. Los economistas que sostienen esta corriente del pensamiento económico tratan de resolver las externalidades a través de la internalización de los costos en los precios con los menores costos de transacción. Pigou y Coase establecen bases conceptuales sobre esta temática de forma polémica.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

La **Economía Ecológica** desarrolla otros enfoques, integrando más la relación hombre naturaleza. En la década de los setenta se observa un auge de la conciencia ecologista, acontecimientos como la Conferencia de Estocolmo (1972), sobre Medio Ambiente Humano, el Informe del Club de Roma sobre los límites del crecimiento, reuniones de carácter internacional y por otra parte la situación económica-ambiental en el planeta, llevaron a un nuevo enfoque sobre las relaciones del hombre con la naturaleza. (Marrero, M, M. 1999)

La realidad muestra cómo en el mundo existe un predominio de la economía de mercado, que se aleja de los problemas de la relación hombre naturaleza y por tanto la necesidad de profundizar en la verdadera causa y solución de los problemas ambientales.

Esta situación ha llevado a una reflexión sobre medio ambiente y desarrollo, en la actualidad se habla de crecimiento, desarrollo y sostenibilidad, en el ámbito internacional, incluso en cumbres donde participan los jefes de Estado. Pudiera considerarse como pasos positivos de toma de conciencia ante la crisis ambiental, sin embargo, la realidad nos dice algo diferente, los países desarrollados se adaptan ante las exigencias ambientales, pero siguen generando pobreza y residuos altamente contaminantes al tercer mundo.

Basado en todo lo anterior, la economía Ambiental ha utilizado métodos como el de expertos, estadísticos y técnicas de análisis multicriterio que han servido como herramientas de gran utilidad en el análisis económico ambiental.

En las condiciones de Cuba los métodos anteriormente descritos pueden ser el punto de partida para determinar los gastos de salud derivados de la contaminación ambiental (atmosférica, hídrica, u otras), tomando como base los gastos incurridos por el Estado y las familias, ya que a diferencia de otros países el gasto del servicio de salud es asumido totalmente por el estado cubano.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Para determinar el efecto económico ambiental es necesario conocer otros aspectos, entre los cuales tenemos aquellos gastos que asume el estado para mitigar el daño ambiental sobre la población, de la cual se derivan un grupo de medidas entre las que se encuentran, por ejemplo, un incremento del control epidemiológico, distribución de determinados productos a la población, etc.

Estos métodos servirán entonces en la determinación del **costo de salud** el cual es utilizado para valorar los costos de morbilidad con relación a la contaminación, una vez determinado el grado de incidencia de la misma, estos costos son interpretados generalmente a nivel internacional como estimados de los presuntos beneficios de acciones que prevendrían el daño que ocurriera.

1.2 Contaminación de la atmósfera

La contaminación del aire se considera una problemática de la vida moderna. Es la consecuencia de la manera de cómo se construyen las ciudades, es un residuo de cómo se producen las mercancías, y por causa de la generación de energía para todos los procesos industriales, se utiliza en los lugares donde vivimos y nos divertimos con ella. La causa fundamental de toda contaminación del aire es la combustión, y esta es esencial para el hombre la que cuando ocurre la combustión, el hidrógeno (H_2) y el carbono (C) del combustible se combinan con el dióxígeno (O_2) del aire para producir calor, luz CO_2 y vapor de agua. Sin embargo las impurezas del combustible, una incorrecta relación entre el combustible y el aire o temperaturas de combustión demasiado altas o demasiado bajas son causa de la formación de productos secundarios, tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, cenizas finas e hidrocarburos no quemados todos ellos son contaminantes del aire. Asumimos la posición de que la combustión de combustibles fósiles es más contaminante que la combustión de biomasa Esto se demuestra en los capítulos dedicados a la metodología y al análisis de los resultados a partir del estudio de impacto ambiental realizado en la localidad de Tuinucú.

Sin embargo la contaminación del aire no es un fenómeno reciente. En 1272, el Rey Eduardo I de Inglaterra trató de despejar los cielos llenos de humo sobre Londres, al

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

prohibir el uso del “carbón marítimo”^{* *2} El parlamento Británico ordenó torturar y ahorcar a un hombre que vendía y consumía dicho carbón. Durante el reinado de Ricardo II (1377-1399) y más tarde durante el reinado de Enrique V (1413- 1422) se tomaron medidas en Inglaterra para reglamentar y restringir el uso del carbón (Colectivo de autores, 1972)

Una de las primeras publicaciones de que se tiene conocimiento y que trata la contaminación del aire, es un panfleto publicado en 1661 por orden real de Carlos II: “Fumifugiun; o cómo disipar las inconveniencias del aire y del humo de Londres; junto con algunas soluciones propuestas con toda humildad” escrito por Johon Evelyn, miembro fundador de la Royal Society (Colectivo de autores, 1972). El uso del carbón para generar energía fue un importante factor de la Revolución industrial, que formó la base de nuestra sociedad tecnológica actual. Lamentablemente, la contaminación y degradación del ambiente asociada con los beneficios de la sociedad tecnológica.

1.2.1 Breve reseña de los casos graves de contaminación del aire

En 1272 se observó una limitada contaminación, pero sin llegar a ser un problema serio, en diciembre de 1930 en una región altamente industrializada del Valle del Mause, en Bélgica, se cubrió durante tres días de una espesa niebla, por lo que cientos de personas enfermaron y 60 murieron (más de 10 veces del número normal). Poco después una espesa niebla cubrió el área de Manchester y Solford en Inglaterra durante nueve días.

En enero de 1948, en Donora, Pensylvania, un pequeño pueblo en donde había plantas químicas y acererías se cubrió por una espesa niebla durante cuatro días, y enfermó casi la mitad de sus 14 000 habitantes (murieron veinte personas) . Diez años después, los residentes en Donora que habían estado gravemente enfermos durante aquel episodio mostraron una tasa más alta de enfermedad y miran antes que el promedio de todos los habitantes. En 1873, una niebla cubrió Londres y causó 268 muertes por bronquitis.

No fue hasta que una gran capa de niebla cubrió Londres en 1952 cuando se hizo totalmente evidente el siniestro potencial de la contaminación del aire. La niebla duró

^{* *2} (N.T. Así llamado porque se transportaba por vía marítima)

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

desde el 5 de diciembre hasta el 8 del mismo mes, y 10 días después se supo que el número total de muerte en la región principal de Londres sobrepasaba en 4000 al promedio. Las estadísticas indican que casi todos los que habían muerto inesperadamente tenían antecedentes clínicos de bronquitis, enfisema o trastornos cardíacos, y que las personas clasificadas en la última categoría, eran las más vulnerables.

Nuevamente en enero de 1956, se produjeron 1000 muertes más debido a una extensa niebla. Ese año, el Parlamento promulgó una Ley de aire Puro y Gran Bretaña inició un programa para reducir la combustión de carbono bituminoso. (Henein, Patterson, 1972)

Más recientemente en los estudios realizados en Austria, Francia y Suiza puso en evidencia que las muertes provocada por la contaminación atmosférica del transporte automotor son mayores que la provocada por los accidentes por este sector en esos tres países. La exposición prolongada a la contaminación atmosférica provocada por los automóviles causa anualmente 21 000 muertes prematuras por enfermedades respiratorias y cardiacas en adultas mayores de 30 años. En comparación el total de muertes por accidentes es de 9 947. además dicha contaminación provocada por los automóviles en dicho tres países causa anualmente 300 00 casos de bronquitis infantil, 150 000 casos cardiacos que requieren hospitalización, 395 000 ataques de asma en adultos y 162 000 en niños y aproximadamente 16 millones de días –personas de actividades restringidas debido a dificultades respiratorias en la población mayo de 20 años. El costo total de estos efectos en la salud asciende a 27 000 millones de euros por año, es decir,. Al 1,7 por ciento del PIB combinado de los tres países. Eso equivale a 360 euros anuales por persona. (Kunzli y otros, 2000).

1.2.2 Normativas ambientales atmosféricas

La interacción entre las fuentes de contaminación y la atmósfera va a definir el nivel de calidad del aire que determina, a su vez, el surgimiento de efectos adversos de la contaminación del aire sobre los receptores, que pueden ser el hombre, los animales y las plantas.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

El sistema puede ser visualizado de la siguiente manera:

FUENTES. DE EMISIÓN -> ATMÓSFERA -> RECEPTORES

Contaminantes Dilución
Reacciones Químicas

Los principales objetivos del monitoreo de la calidad del aire son: Suministrar datos para activar acciones de emergencia durante los períodos de estancamiento atmosférico, cuando los niveles de contaminantes en la atmósfera puedan representar riesgo a la salud pública. Avalar la calidad del aire a la luz de los límites establecidos para proteger la salud y el bienestar de las personas. Acompañar las tendencias y cambios en la calidad del aire debidas a alteraciones en las emisiones de contaminantes.

Para alcanzar estos objetivos se hace necesaria la fijación de patrones de calidad de aire. Un patrón de calidad de aire define legalmente un límite máximo para la concentración de un componente atmosférico que garantice la protección de la salud y el bienestar de las personas. Los patrones de calidad de aire están basados en estudios científicos de los efectos producidos por contaminantes específicos y son fijados en niveles que puedan propiciar un margen de seguridad adecuada. La tabla 1 muestra los patrones de calidad del aire establecidos en Estados Unidos.

Tabla 1 . Patrones de calidad del aire en EEUU

Contaminante	Tiempo de muestreo	Patrón Primario ug/m ³	Patrón Secundario ug/m ³	Método de Medición
Partículas totales en suspensión	24 horas*	240	150	Muestreador de grandes volúmenes
	PGA**	80	60	

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Dióxido de azufre	24 horas PAA***	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de carbono	1 horas* 8 horas	40.00 35 ppm - - 10.000 (9 ppm)	40.000 35 ppm 10.000 (9 ppm)	Infrarrojo no dispersivo
Ozono	1 horas*	160	160	Quimiluminiscencia
Humo	24 horas* PAA***	150 60	100 40	Relectancia
Partícula inhalable	24 horas* PAA***	150 50	150 50	Separación inercia/filtración
Dióxido de nitrógeno	1 horas* PAA***	320 100	190 100	Quimiluminiscencia
*no debe excederse en más de una vez al año ** Promedio Geométrico anual ***Promedio aritmético anual				

Fuente: CD Compendio de los derivados de la caña de azúcar del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar 2002

La misma resolución establece también los criterios para episodios agudos. De contaminación del aire. La tabla 2 presenta esta información.

Tabla 2: Criterios para episodios agudos

Parámetros	Niveles		
	Atención	Alerta	Emergencia
Dióxido de azufre (ug/m³)- 24h	800	1600	2100

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Partículas totales en suspensión (PTS)(ug/m³)-24h	375	625	875
SO₂ XPTS (ug/m³) (ug/m³)-24h	65000	261000	393000
Monóxido de carbono (ppm)-8h	15	30	40
Ozono (ug/m³)-1h	400*	800	1000
Partículas inhalables (ug/m³)-24h	250	420	500
Humo	250	420	500
Dióxido de nitrógeno (ug/m³)-1h	1130	2260	3000

* En Sao Pablo, Barsil, el nivel de atención es declarado por la agencia de protección Ambiental (CETESB) basado en la legislación estatal que es más restrictiva (200 ug/m³)

Fuente: CD Compendio de los derivados de la caña de azúcar del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar 2002.

A diferencia de las regulaciones y normas emitidas para los efluentes, las regulaciones vigentes para las emisiones atmosféricas son, hasta el presente, más generales; las más específicas están basadas en tipos definidos de fuentes estacionarias o en la clase de fuente móvil, más que en una base sustentada por el tipo de industria. Las normas internacionales que regulan las emisiones atmosféricas se establecen en dependencia de los impactos sociales y ambientales que generan sus descargas continuas. La normatividad establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para las emisiones se presenta en la tabla 3.

Tabla 3: Normatividad establecida por la OMS para las emisiones

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Parámetros	niveles		
	Atención	Alerta	emergencia
Dióxido de azufre (ug/m ³) –24h	800	1600	2100
Partículas totales de suspensión (PTS) (ug/m ³) –24h	375	675	875
SO _x , X PTS (N-g/m ³) (ug/ m ³) - 24 h	65 000	216 000	393 000
Monóxido de carbono (ppm-8h)	15	30	40
Ozono (ug/m ³) - 1 h	400*	800	1.000
Partículas inhalables (ug/ m ³) - 24 h	250	420	500 500
Humo (ug/ m ³) -24 h	250	420	500
Dióxido de nitrógeno (ug/ m ³) –1h	1 130	2 260	3 000

* En Sao Paulo, Brasil, el nivel de atención es declarado por la Agencia de Protección Ambiental (CETESB) basado en la legislación Estatal que es más restrictiva (200 ug/m³)

La normatividad vigente en Latinoamérica y el Caribe donde los parámetros reglamentados son fundamentalmente: partículas totales en suspensión, humo, partículas inhalables, dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono y dióxido, se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de calidad del aire (Países de América Latina y el Caribe)

Parámetro de la calidad del aire	Límites ug/m ³
Particulados no específicos (Jamaica)	60- máx. (promedio Geométrico anual)

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Partículas totales en suspensión ecuador.	150- máx. 24h (promedio aritmético anual)
	80-máx. 24h.
Dióxido de azufre (Jamaica)	50- promedio anual
	260- máx. 24 h
	300 -máx. 24 h
Dióxido de azufre SO ₂ (Ecuador)	80-promedio anual
	400-máx. 24h
	1500-máx. 24 h
Dióxido de nitrógeno (Jamaica)	100- máx. promedio anual
Dióxido de nitrógeno NO ₂ (Ecuador)	100- máx. promedio anual
Monóxido de carbono (Jamaica)	10 mg/m ³ (9 ppm) –8h promedio
	40 mg/m ³ (35 ppm) –1h promedio
Monóxido de carbono (Ecuador)	10 mg/m ³ –8h promedio aritmético
	40 mg/m ³ –1h
Partículas sedimentales (Ecuador)	1mg/cm ³ X 30d.
Oxidantes fotoquímicos expresados como O ₃ (Ecuador)	200 máx. 1h
Plomo (Ecuador)	1.5 ug/m ³

Legislaciones y normas nacionales cubanas

En este punto se relacionan los instrumentos jurídicos y normativos que están incluidos en la política y gestión ambientales, así como los tratados internacionales que sobre los aspectos atmosféricos y la calidad del aire ha suscrito Cuba.

Legislaciones nacionales relacionadas con el medio ambiente (atmósfera)

Ley No. 81 del 11 - 7 - 1997

Del Medio Ambiente

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Decreto Ley No. 54 del 23 - 4 - 1982	Disposiciones sanitarias básicas
Decreto No. 104 del 26 - 4 - 1982	Reglamento de las disposiciones sobre control sanitario internacional
Resolución No. 1 del 10 - 6 - 1993	Crea el Grupo Nacional para la implementación del Convenio de Varna para la protección de la capa de ozono (COMARNA).

Adicionalmente, existen las "Normas de Gestión Ambiental Vigentes" (NC) en las que se reglamentan los métodos de determinación de compuestos contaminantes (dióxido de nitrógeno, hollín, etc.) y entre las que, adicionalmente se encuentran las siguientes relacionadas con la atmósfera:

Tabla 4: Normas de gestión ambiental para la calidad del aire en Cuba

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

NC 93 - 02 - 102 :87	Atmósfera. Términos y definiciones .
NC 93 - 02 - 103 :87	Atmósfera. Clasificación y simbología de las expulsiones según sus características.
NC 93 - 02 - 104 :86	Atmósfera. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire.
NC 93 - 02 - 105 :85	Atmósfera: Instrumentos para el muestreo del aire en los asentamientos humanos. Requisitos técnicos generales.
NC - 93 - 02 - 106 :86	Atmósfera: Métodos de determinación de los contaminantes. Requisitos generales.
NC 93 - 02 - 203 :86	Atmósfera. Requisitos generales para el muestreo del aire.
NC 93 - 02 - 214 :86	Atmósfera: Expulsiones de sustancias nocivas por automóviles, tractores y máquinas autopropulsadas agrícolas y de la construcción . Términos y definiciones
NC 39 :1999	Enmienda de Norma Cubana. Norma Cubana Obligatoria. Calidad del Aire. Requisitos higiénico-sanitarios. Enmienda 1
NC 111:2002	Calidad del aire. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos

En estas normas se definen entre otros, los siguientes términos:

- Atmósfera: Complejo natural formado por la envoltura gaseosa de la tierra y que cumple determinada función ecológica.
- Calidad de la atmósfera (aire) : Conjunto de propiedades de la atmósfera (aire) determinado por la influencia de las sustancias químicas, agentes biológicos y factores físicos sobre las personas, los animales y las plantas y sobre el estado del agua, los suelos, los materiales y las construcciones.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Concentración natural: Concentración de una sustancia contaminante de la atmósfera que puede existir en una región determinada en ausencia de fuentes antropogénicas.
 - Contaminación de la atmósfera: Presencia en la atmósfera de sustancias químicas, agentes biológicos y factores físicos en concentraciones y niveles tales que puedan provocar perjuicios a la salud o bienestar del hombre; así como daños en la ecología y otros objetos del medio ambiente.
 - Contaminación antropogénica de la atmósfera: Contaminación de la atmósfera debida a la actividad irracional de la sociedad.
 - Contaminación natural de la atmósfera: Contaminación de la atmósfera debida a los procesos naturales.
 - Contaminante de la atmósfera: Cualquier sustancia química, agente biológico o factor físico que se presenta en la atmósfera en concentraciones o niveles superiores a los máximos admisibles.

Nota: En la práctica se considera contaminante cuando su concentración o nivel provoca perjuicios a la salud del hombre, los animales y las plantas y en el estado del aire, el agua y el suelo.

- Composición de la atmósfera: Relación existente entre la mezcla de gases, vapor de agua y aerosoles que constituyen la atmósfera, pudiendo cambiar en función de variables tales como la presión, temperatura y altura sobre el nivel del mar.
- Dispersión atmosférica: Desplazamiento caótico del aire atmosférico debido a la turbulencia de la atmósfera.
- Episodio de contaminación: Condición excepcional de concentraciones elevadas de sustancias contaminantes de la atmósfera que provocan efectos nocivos obvios sobre la salud de la población, que se hacen más evidentes en los grupos de riesgo .

Nota: Los episodios de contaminación se asocian a la ocurrencia de situaciones meteorológicas sumamente desfavorables a la dispersión de los contaminantes de la

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

atmósfera. Se han clasificado de acuerdo con la altura de la capa de mezclamiento, la velocidad del viento y la persistencia de dichas condiciones.

- Fuente de contaminación de la atmósfera: Lugar, objeto o proceso, en o mediante el cual se emana, origina o expulsa a la atmósfera una sustancia química, agente biológico o factor físico contaminante .
- Fuente de contaminación antropogénica de la atmósfera: Fuente de contaminación de la atmósfera debida a la actividad del hombre y estrechamente relacionada con el desarrollo social y científico técnico.
- Grado de contaminación: Intervalo característico de las concentraciones de sustancias contaminantes de la atmósfera asociada con determinada probabilidad de ocurrencia de efectos nocivos específicos en un determinado porcentaje de población. Todo grado de contaminación implica determinado grado de riesgo.

Nota: El grado de contaminación se clasifica cualitativamente en los intervalos : ligero, moderado, elevado, extremo.

- Hollín: Partículas de carbón altamente dispersas producidas por la combustión incompleta de materia orgánica.
- Humo: Aerosoles visibles poco dispersos, provocados durante la combustión u otros procesos tecnológicos.
- Lluvia ácida: Lluvia cuyo pH es menor que 5,6.

En la NC 111:2002 se establecen las reglas para el desarrollo de la vigilancia de la calidad del aire en los asentamientos humanos y en su punto 5 se establecen las sustancias o agentes contaminantes a determinar en los programas de vigilancia atendiendo a su importancia práctica se clasifican en principales, específicos e indicadores o índices indirectos

Las sustancias o agentes contaminantes principales son los siguientes:

- Dióxido de azufre (SO₂).

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Dióxido de nitrógeno (NO₂).
- Partículas en suspensión totales (PST).
- Partículas en suspensión de $\leq 10 \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico (PM₁₀), también denominadas partículas torácicas o fracción respirable
- Monóxido de Carbono (CO).
- Ozono (O₃).

Las sustancias o agentes contaminantes específicos son los siguientes:

- Humo (hollín).
- Oxidantes totales (O_x)
- Sulfuro de hidrógeno (H₂S)
- Amoniaco (NH₃)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Plomo (Pb)
- Formaldehído y otros aldehídos
- Nitratos de peroxiacetilo
- 3, 4 benzo α pireno
- Plaguicidas
- Otras sustancias químicas específicas presentes en el aire.

En el punto 8. "Evaluación de la alteración de la calidad del aire en los asentamientos humanos", se establece que:

- Las condiciones higiénicas del aire se definen por las concentraciones máximas admisibles (CMA) de las sustancias contaminantes, teniendo en cuenta los posibles efectos aditivos, el tiempo promedio de las concentraciones y su peligrosidad.
 - El riesgo para la salud que implica la posible alteración de la calidad del aire en los asentamientos humanos y las acciones generales a adoptar en correspondencia con su magnitud se determinan de acuerdo con las indicaciones de los apartados siguientes :
- Determinación del grado de contaminación atmosférica

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

La situación de la calidad o grado de contaminación del aire en los asentamientos humanos se evalúa mediante el **ICA**, el cual incluye la siguiente escala

- 1) **Buena**
- 2) **Aceptable**
- 3) **Deficiente**
- 4) **Mala**
- 5) **Pésima**
- 6) **Crítica**

El **ICA** se determina utilizando como criterio el valor resultante del cociente de las concentraciones reales de cada uno de los contaminantes principales, tomando como denominador las **Cma** correspondientes al período de tiempo evaluado según la NC 39: 1999.

De acuerdo con el tipo de toxicidad específica de cada contaminante principal, así como las posibilidades de monitoreo, de acuerdo a los dispositivos y métodos analíticos normalizados, se establece la evaluación del **ICA** de cada contaminante para un período de tiempo diario, horario o ambos:

- A. Para períodos de 24 horas (diarios), el **ICA** equivale al cociente de la concentración promedio diaria determinada para cada contaminante principal y la CMA promedio diaria correspondiente.
- B. Para períodos horarios el **ICA** equivale al cociente del valor promedio o del promedio horario móvil resultante de dos o tres determinaciones de 20 minutos cada una, registradas para cada contaminante principal en un período de 60 minutos, tomando como denominador el valor de la **Cma** correspondiente a ese contaminante para un período de 20 minutos. Como excepción, para la determinación del **ICA** horario correspondiente al Ozono, se tomará como denominador el valor de $0,08 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, correspondiente al 50 % de la **Cma** para un período de 20 minutos.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Donde solo existan condiciones para muestreos de 20 minutos, o de períodos cortos (mayores 20 minutos e inferiores a 24 horas), realizados de forma discontinua, la evaluación del **ICA** diario de estos contaminantes se realizará sobre la base de la concentración promedio de no menos de 4 determinaciones distribuidas de forma equitativa a lo largo del período de 24 horas analizado y que constituyan un periodo total de no menos de 4 horas de monitoreo.

- **Índice de valor 0:** Corresponde a un nivel de concentración inferior al límite de detección del método analítico normalizado
- **Índice de valor 100:** Corresponde al valor (100 %) de la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC 39, en mg.m^{-3} .
- **Índice de valor 200:** Corresponde a un valor de concentración real que supera en 2 veces la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC. 39.
- **Índice de valor 300:** Corresponde a un valor de concentración real que supera en 3 veces la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC 39.
- **Índice de valor 500:** Corresponde a un valor de concentración real que supera en 5 veces la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC 39.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Tabla 5. Equivalencia de subíndices (puntos 100, 300 y 500) de los contaminantes principales, tomando como referencia las concentraciones máximas admisibles (Cma) promedio diarias y para períodos de 20 minutos y las concentraciones medias diarias y horarias reales (mg.m^{-3})

Contaminante Principal	Índice 100 Calidad Aceptable		Índice 300 Límite inferior de Calidad Pésima		Índice 500 Límite inferior de Calidad Crítica	
	<i>Diario</i>	<i>Horario</i>	<i>Diario</i>	<i>Horario</i>	<i>Diario</i>	<i>Horario</i>
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0,05	0,5	0,15	1,5	0,25	2,5
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	0,04	0,085	0,12	0,255	0,2	0,425
Partículas en suspensión totales (PST)	0,1	0,3	0,3	0,9	0,5	1,5
Partículas en suspensión ≤ 10 μm (PM ₁₀); Partículas torácicas	0,05	No se aplica	0,15	No se aplica	0,25	No se aplica
Monóxido de Carbono (CO)	3	5	9	15	15	25
Ozono (O ₃)	No se aplica	0,08*	No se aplica	0,24	No se aplica	0,4

Notas: Para evaluar el **ICA** Diario para **PST** se asume la **Cma** media diaria de 0.1 mg.m^{-3} , correspondiente a polvos con contenido $\geq 50 \%$ de óxido de silicio (SiO₂) en la NC. 39: 1999. Aunque en la NC. 39:1999 no aparece la **Cma** a **PM₁₀**, para la finalidad de evaluar el **ICA**, se asume como tal valor de 0.05 mg.m^{-3} asumiendo que las mismas constituyen aproximadamente el 50 el % del valor de **PST**.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

1.2.3. Acuerdos internacionales suscritos por Cuba

El Derecho Ambiental Internacional tiene una importancia vital en la conformación del sistema jurídico nacional para el medio ambiente y, en especial, gran incidencia en las regulaciones medioambientales.

En la última década, Cuba ha tenido participación activa en la conformación del Derecho Ambiental Internacional, por lo que aparece como firmante de un número considerable de instrumentos jurídicos internacionales, vinculantes (tratados) y no vinculantes (declaraciones y cartas), en su mayoría, de carácter global.

Asimismo, ha firmado varios instrumentos internacionales de carácter general, relacionados con el medio ambiente. Como aspecto importante a destacar está el hecho de que, desde el mismo momento en que el país se adhiere a un convenio internacional, esa norma se convierte en obligación nacional, por lo que debe ser publicada en la Gaceta Oficial. De la adhesión a un acuerdo internacional se deriva la promulgación de una legislación nacional, que implemente y obligue al cumplimiento de ese compromiso internacional o, en su defecto, se impone recoger este aspecto, expresamente, en la Constitución de la República.

Las acciones que el país debe realizar para la implementación nacional de esos acuerdos internacionales son diversas y en muchas oportunidades es insuficiente el dictar una legislación, sino que se requiere, adicionalmente, de evaluaciones técnicas y de determinaciones administrativas.

Como aspecto importante a destacar está el hecho de que, desde el mismo momento en que el país se adhiere a un convenio internacional, esa norma se convierte en obligación nacional, por lo que debe ser publicada en la Gaceta Oficial. De la adhesión a un acuerdo internacional se deriva la promulgación de una legislación nacional, que implemente y obligue al cumplimiento de ese compromiso internacional o, en su defecto, se impone recoger este aspecto, expresamente, en la Constitución de la República.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Las acciones que el país debe realizar para la implementación nacional de esos acuerdos internacionales son diversas y en muchas oportunidades es insuficiente el dictar una legislación, sino que se requiere, adicionalmente, de evaluaciones técnicas y de determinaciones administrativas.

Principales tratados internacionales firmados por Cuba relacionados con el medio ambiente (atmósfera)

<i>Tratado</i>	<i>Adhesión cubana</i>
Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.	13-06-92
Convenio de Viena sobre la protección de la capa de Ozono	14-07-92
Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.	1992
Instituto Interamericano para la investigación del Cambio Global.	01-03-93

1.2.4 Consideraciones generales

Las legislaciones y/o reglamentaciones más completas, vigentes internacionalmente, definen tanto los aspectos cualitativos como los cuantitativos, reflejándose en las mismas los parámetros a evaluar, los métodos de análisis, las condiciones de referencia, la frecuencia de muestreo, las normas de vertimiento, los criterios de calidad y las sanciones, entre otras especificaciones.

Incluyen también el derecho ciudadano a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y por ello establecen como legítimo el poder denunciar los actos que infrinjan este derecho y reclamar la reparación del daño causado, previéndose, por ley, la determinación de las responsabilidades y las sanciones correspondientes. También se encuentran incluidos en

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

algunas legislaciones, la educación ambiental, la investigación y el desarrollo, el fomento y los incentivos a las actividades del medio ambiente.

En el plano regional los países han adoptado Instrumentos Multilaterales Globales y Bilaterales referidos al medio ambiente; en el plano internacional, se han suscrito convenciones referidas a la ecología y a los recursos naturales, que se integran al ordenamiento jurídico de los países con rango superior al de ley.

Cada día y con mayor frecuencia se reflejan los aspectos ecológicos en los tratados internacionales, incluidos en estos, los proyectos de financiamiento, así como en los proyectos internacionales de cooperación.

La incorporación de los aspectos ambientales en las legislaciones nacionales de los países, introduce el control legal como garantía del cumplimiento obligatorio de las normas que se establezcan en cada caso.

1.2.5 Estudio de la atmósfera.

Para Hupa, M. (1989) los gases como el Nitrógeno (N₂), Oxígeno (O₂) y Argón constituyen el 78%, el 21% y el 0.9 % de la composición total de la atmósfera. El 0.1% restante lo forman una gran variedad de componentes gaseosos a muy baja concentración, los cuales no obstante juegan una función muy importante en las reacciones químicas que ocurren en estas regiones de la atmósfera terrestre.

Tabla 6 Especies gaseosas minoritarias presentes en la atmósfera, junto con sus respectivas concentraciones en partes por millón en volumen.

Especies	Contenido en partes por millón ppm
CO ₂	33.5
Ne	18
He	5.2

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

CH ₄	1.7
Kr	1.1
H ₂	0.5
NO ₂ O	0.3
CO	0.12
Xe	0.09
O ₃	0.03

Fuente: www.sintesis.com.

Los valores de concentración de las distintas especies que se indican en la tabla 6 son cantidades promedio. En realidad, para algunos componentes se pueden encontrar localmente valores mucho más elevados, como es el caso del O₃ que, en zonas ecuatoriales del planeta, o bien en ambientes polucionados, puede aumentar más de 5 veces su nivel medio, además de los compuestos relacionados en la tabla 6 existen otros más, que en atmósferas limpias son prácticamente inexistentes, pero debido a actividades antropogénicas pueden estar presentes en determinadas zonas a concentraciones nada despreciables. Este es el caso de dióxido de azufre SO₂, óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos halogenados, compuestos aromáticos, etc. ver tabla 7 (www.sintesis.com).

El hombre contribuye de forma notoria a la producción de partículas en suspensión, estimándose el 20% de estas, de origen antropogénico. Estas partículas sólidas y líquidas no actúan, en la mayoría de las veces, como simple materia inerte, sino que pueden afectar a los procesos físico-químicos que ocurren en la atmósfera.

Prácticamente el 80 % de los contaminantes que se vierten a la atmósfera proviene de la combustión de carburantes fósiles. La polución de origen antropogénico suele estar localizada en centros urbanos densamente poblados o en zonas altamente industrializadas. No obstante dependen de la estabilidad del contaminante y de las condiciones meteorológicas que imperen en el entorno, la polución puede afectar a regiones más o menos alejadas del foco de los contaminantes. (Annalee, Yaci; et al. 2000).

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Tabla 7 Principales contaminantes emitidos a la atmósfera.

Gases contaminantes	Origen
CO	Combustión hidrocarburos y biomasa
CO ₂	Combustión hidrocarburos
CH ₄	Extracción de combustibles y emisiones de residuos
Parafinas	Extracción de gas, emisiones de vehículos y refinerías
olefinas	Emisiones de vehículos
Hidrocarburos aromáticos	Emisiones de vehículos, evaporación de disolventes
Óxidos de nitrógeno	Proceso de combustión
NH ₃	Combustión de carbón y petróleo, emisión de residuos
SO ₂	Combustión hidrocarburos
SH ₂	Refinería, industria papelera
Mercaptanos	Refinería, industria papelera
HCL	Combustión carbón, incineración de plástico
CH ₃ CL	Incineración de plástico

Fuente: Annalee, Yaci; et al. 2000.

Para Cuba se asume que las concentraciones de contaminantes atmosféricos se encuentran asociadas a emisiones industriales, agroindustriales y en menor grado al transporte automovilístico, localizadas en zonas urbanas dado a que gran parte de estas industrias se encuentran ubicadas muy cerca de los asentamientos poblacionales, que además han tenido un crecimiento no planificado en su inmensa mayoría, por tal razón la incidencia de los contaminantes en la población ha sido más marcada.

1.2.6 La atmósfera como receptor y difusor de la contaminación.

La atmósfera es un medio continuo a través del cual son transportados y dispersados los contaminantes vertidos a ella. Mientras esto ocurre, pueden ser eliminados por procesos naturales de tipo físico, tales como el lavado por la lluvia, la deposición gravitatoria o el

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

impacto sobre cualquier superficie, o bien dar lugar a reacciones químicas, a consecuencia de las cuales aparecen otros contaminantes, denominados contaminantes secundarios.

El transporte se realiza en base al movimiento del aire. Este movimiento es el resultado de la superposición de movimientos verticales y horizontales. El movimiento horizontal es el viento, y aparece como resultado de efectos de muy bajas escalas: movimientos globales, a escala planetaria, que son responsables, por ejemplo, del vértice polar que sirve de apoyo al agujero de la capa de Ozono en la Antártica o de las ondas de Rossby, y que tienen una dimensión del orden de 10^4 Km; movimientos sinópticos, que corresponden a los grandes centros retores, borrascas y anticiclones, que con dimensiones entre 1.000 y 5.000 kilómetros actúan sobre la contaminación transfronteriza; movimientos regionales, con una escala de cientos de kilómetros y, por último, movimientos locales, del orden de varias decenas de kilómetros.

Estos movimientos locales y regionales actúan sobre la contaminación producida por centros fabriles, industrias, ciudades, autopistas o carreteras de tráfico intenso, la cual puede afectar al entorno inmediato del foco o a puntos algo más alejados. (Bueno. J. Et al. 1997). Sin embargo podemos decir que en el primer caso, la acción directa es debida a los contaminantes primarios, y en el segundo a los secundarios, resultantes de las transformaciones químicas y fotoquímicas de los primeros.

En tanto en Cuba los movimientos locales tienen alta incidencia en la contaminación de los centros poblacionales cercanos a las industrias y en menor medida las zonas de mucho tránsito automovilístico, donde generalmente se manifiestan cuadros de índoles respiratorios.

1.2.7 Estabilidad vertical de la atmósfera.

Los movimientos verticales de la atmósfera son mucho menos perceptibles que los movimientos horizontales, es decir, que el "viento", no por ello son menos importantes y afectan tanto al "tiempo" general como a los procesos de mezcla que tanta importancia

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

tienen en la dispersión de contaminantes. Las ascensiones pueden ser causadas por irregularidades del terreno, por las superficies frontales o "frentes" o por la convergencia hacia las zonas de bajas presiones. Es importante conocer si la atmósfera favorece o no estos movimientos verticales. Cuando se opone a ellos, se dice que la atmósfera es estable y si no que es inestable. La situación límite entre ambas situaciones se denomina indiferente o neutra. (Hery, J, Et, al. 1999).

Las inversiones son uno de los fenómenos ligados a la estabilidad de estratificación más importantes en lo que a la contaminación atmosférica se refiere. Se dice que hay una inversión cuando la temperatura aumenta con la altura. Es evidente que ésta es una situación sumamente estable que inhibe totalmente los movimientos verticales permitiendo por tanto la acumulación de contaminantes por debajo de ella. Puede aparecer por efecto del enfriamiento nocturno del suelo, que por conducción se transmite a las capas bajas de la atmósfera y da lugar a inversiones de hasta 10 o más grados en sólo 100 metros, este fenómeno que se ha observado en zonas cercanas de Bahía de La Habana. Esto ocurre en los días fríos y despejados del invierno.

Otra inversión aparece cuando las masas de aire de un anticiclón descienden por la zona central del mismo. Por simple aplicación de las leyes termodinámicas aparece una inversión elevada, denominada de subsidencia, que suele estar entre los 300 y 800 metros de altura y que se extiende por encima de todo el anticiclón, a modo de cúpula. Dado que en nuestras latitudes los anticiclones son muy estables esto da lugar a una falla de ventilación en las capas bajas y por consiguiente, a un aumento de la contaminación. (Bueno, J. et, al. 1997).

Por estas razones se registran mayores concentración de contaminantes atmosféricos en los meses de invierno que en los de verano.

1.2.8 Transporte y dispersión de contaminantes.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Dentro de los factores que influyen notablemente en el transporte de los contaminantes pueden citar; la dirección, la velocidad del viento y la turbulencia que influye en su dispersión.

Dirección del viento.

La dirección del viento es la que marca la dirección inicial del transporte de los contaminantes y es el factor que más afecta a las concentraciones medias en un punto dado. Si un punto está recibiendo directamente el penacho, y éste se desvía 5°, la concentración medida cae un 10% si la situación es inestable, un 50% si es indiferente, y un 90% si es estable. La dirección viene influida por el giro en el sentido de las agujas del reloj que se produce con la altura y por la estructura térmica: una capa cálida acentúa este efecto, mientras que una fría lo vira en sentido contrario.

Velocidad del viento.

Por su parte, cuanto mayor es la velocidad del viento, más se diluye la concentración de contaminantes. Un viento ligero permite la acumulación de contaminantes, mientras que un viento fuerte los arrastrará y extenderá a distancias mucho mayores, haciendo disminuir su concentración. Además, cuanto mayor es la velocidad del viento menor es la capacidad ascensional del penacho. En las zonas de bajas presiones la ventilación es generalmente alta, debido a los vientos elevados que suelen aparecer en esas zonas. Como además las bajas presiones favorecen la nubosidad y por tanto la lluvia e inhiben la formación de inversiones de superficie, la contaminación suele ser baja.

Por el contrario, las zonas centrales de los anticiclones tienen vientos casi encalmados, cielos despejados, ocupan grandes áreas y suelen ser más lentos en sus desplazamientos; por todo ello las situaciones episódicas suelen ocurrir en estas condiciones que se denominan "de estancamiento" (Hery, J, Et, al. 1999) y (Bueno, J. et, al. 1997).

Turbulencia.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

El último factor que afecta grandemente a la dispersión de contaminantes es la turbulencia, que se define por el movimiento altamente irregular del viento. Las pequeñas o grandes ráfagas que sentimos cuando encaramos al viento son la manifestación de esta turbulencia: los remolinos se superponen al régimen general del viento, unas veces a favor y otras en contra, y esto provoca la variabilidad que percibimos.

La forma clásica de tratar turbulencia es considerar un flujo constante al que se superponen remolinos de tamaños muy variables. Estos remolinos tienen un doble origen: mecánico y térmico. Los primeros se deben a la existencia de obstáculo, ondulaciones del terreno, líneas de montañas, etc. En cuanto a los segundos se generan porque las burbujas calientes que ascienden en el seno del aire provocan lógicamente un descenso del aire que va ocupando su lugar. (Bueno, J. et, al. 1997).

La turbulencia, la velocidad y dirección del viento no son los únicos factores que influyen en el transporte y comportamiento de los contaminantes, se deben tener en cuenta además los siguientes factores:

- Características de las emisiones: cantidad, concentración y altura de la chimenea y tipo de contaminante.
- Condiciones meteorológicas.

A la vez los contaminantes liberados están sujetos a cuatro tipos de procesos, transporte, dilución, transformación y eliminación. Por estos mecanismos se mueve la contaminación de la fuente al receptor. La concentración con que se emite el contaminante cambia, la nube de gas se va ampliando y diluyendo en función de la velocidad y dirección del viento. Es decir el receptor lo recibe a una concentración menor a la que se emite en la fuente.

Por este motivo es que se definen a continuación estos procesos:

Transporte: La dirección y la velocidad del viento son dos factores que influyen grandemente en el transporte de los contaminantes, los que pueden arrastrar a estos últimos hasta grandes distancias.

Dilución: Los movimientos turbulentos del aire mezclan y diluyen los contaminantes.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Transformación: Los contaminantes se modifican en la atmósfera (cambios físicos, químicos y fotoquímicos (producidos por la energía solar)), por eje. Aglomeración, oxidación, combinaciones químicas, etc.

Eliminación: Los contaminantes se eliminan a través de tres procesos: formación de lluvia; lavado y asentamiento (o deposición seca). En el primer caso por enlace de las partículas con el vapor de agua para formar gotas de lluvia o agujas de hielo que caen al suelo como precipitación. El lavado se produce cuando las gotas de lluvia al caer recogen ciertas sustancias como los gases que son solubles en agua. El asentamiento se produce cuando las partículas se vuelven lo suficientemente pesadas y caen al suelo.(Hery, J, Et, al. 1999).

Estos procesos inciden directamente en el grado de afectación que puede tener determinada zona que se encuentre ubicada en el área de dispersión de los contaminantes atmosféricos de las industrias.

Para alcanzarla máxima dispersión, los efluentes deberán salir de la chimenea con suficiente cantidad de movimiento y capacidad de flotación, a fin de que continúe su ascenso luego de la salida de la chimenea. Cuando el viento no tiene una velocidad suficiente, las plumas de baja densidad tienden a alcanzar grandes elevaciones, con las consecuentes bajas concentraciones cerca del nivel del suelo. Las partículas grandes y las plumas densas caen al suelo cerca de la chimenea. Las altas velocidades del viento aumentan la acción diluyente de la atmósfera originando más bajas concentraciones a nivel del suelo, en la dirección del viento con respecto a la chimenea.

El ascenso de las plumas de alta temperatura la causa casi en su totalidad la flotación debida a la más alta temperatura de los gases. Cuando la pluma se desvía en el viento, se diluye a lo largo de su eje de dispersión proporcional a la velocidad promedio del viento, u a la altura de la pluma, de manera que se reduce la capacidad de flotación.

En el aire estratificado, la flotación de la pluma se disipa como resultado de la estabilidad de la atmósfera circundante, que se caracterice por el gradiente potencial de temperatura.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Cuando existen condiciones neutrales en la atmósfera, la pluma se difunde por la turbulencia, cuya intensidad es una función de la rigurosidad del terreno, la altura y más importante aún la velocidad del viento.

Para impedir la deflexión descendente de la pluma a la salida de la chimenea, la velocidad V_s ha de ser suficiente grande. Si 98 por ciento de la velocidad del viento es igual o menor de 15 m/s, una velocidad de salida de 20 m/s protegerá contra la deflexión descendente durante 98 por ciento del tiempo.

Esto es la deflexión descendente de una chimenea es mínima cuando la velocidad del gas en la chimenea es menos del doble de la velocidad del viento en la parte superior de la chimenea.

La capacidad de pronosticar concentraciones ambientales de contaminantes en áreas urbanas, sobre la base de la dispersión procedente de fuentes dentro de la región es esencial si se han de alcanzar y mantener las normas de la calidad del aire ambiental. Por tanto, es necesario desarrollar modelos matemáticas para estimar la dispersión de los contaminantes desde fuentes bajas y elevadas, ya sea solas o en grupos, a fin de simular el proceso atmosférico.

Con este fin se han desarrollo numerosos modelos alguno de ellos son:

- El modelo de difusión turbulenta
- La distribución Gaussiana o normal
- El modelo Gaussiano de dispersión

A partir de estos modelos se han desarrollado algunos con las nuevas tecnologías de la información.

1.2.9 Contaminantes y fuentes.

Según se refiere en la literatura la procedencia de los contaminantes pueden clasificarse como:

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Contaminantes primarios: o emitidos directamente por la fuente, como aerosoles, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono y otros menos frecuentes como halógenos y sus derivados (Cl₂, HF, HCl, haluros,...), arsénico y sus derivados, ciertos componentes orgánicos, metales pesados como Pb, Hg, Cu, Zn, etc y partículas minerales (asbesto y amianto).

Contaminantes secundarios: se forman por reacción de los primarios con los componentes naturales de la atmósfera, existiendo una gran familia de sustancias producidas por reacciones fotoquímicas. Comprende al ozono, aldehídos, cetonas, ácidos, peróxido de hidrógeno, nitrato de peroxiacetilo, radicales libres y otras de diversos orígenes como sulfatos (del SO_x) y nitratos (del NO_x), la contaminación radiactiva a partir de radiaciones ionizantes o la contaminación sonora a expensas del ruido. ([www.puc.d/sw_educ/contaminacion Atmosferica.htm](http://www.puc.d/sw_educ/contaminacion%20Atmosferica.htm))

De estos contaminantes, los primarios son los que están más presentes en la atmósfera y por ende los que causan mayor incidencia en el deterioro de las condiciones ambientales de los asentamientos humanos. A continuación se tratan los más comunes.

- **Partículas Atmosféricas**

El material particulado existente en el aire, corresponde a partículas sólidas y líquidas que se encuentran en suspensión en la atmósfera y cuyos tamaños oscilan entre 2×10^{-4} y 5×10^2 μm . Estas partículas se encuentran ampliamente repartidas en la atmósfera, y forman una suspensión estable en el aire. La composición química de las partículas depende de su origen y, generalmente, constituyen una mezcla de sustancias diversas, entre las cuales se pueden mencionar: silicatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, óxidos, metales, carbón, alquitrán, resinas, polen, hongos, bacterias, etc. Muchas provienen de procesos naturales, y son transportadas debido a la acción del viento; por ejemplo, las cenizas derivadas de los incendios y erupciones volcánicas, la acción del viento sobre los océanos y la turbulencia del mar que genera aerosoles, el polvo de los suelos secos sin cobertura vegetal, el polen, etc. Además, las partículas son originadas por una gran gama de procesos tecnológicos, tales como en la combustión de madera y

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

de combustibles fósiles, y en el procesamiento de material sólido (reducción de tamaño, secado, transporte, etc.).

Las partículas sólidas entre 0,1 y 10 μm son aerosoles formados en procesos naturales y antropogénicos. Este material particulado se encuentra disperso en la atmósfera, y puede mantenerse suspendido por largo tiempo, debido a su baja velocidad de sedimentación. En las zonas urbanas, este tipo de material particulado puede tener un alto contenido de sulfatos, nitratos, hierro, plomo e hidrocarburos aromáticos.

Las partículas sólidas de mayor tamaño, entre 10 y 500 μm , tienen una velocidad de sedimentación mayor y permanecen menos tiempo en la atmósfera. Este polvo grueso contiene, principalmente: silicatos, sulfatos, cloruros, nitratos, hierro, calcio, aluminio, manganeso, plomo, zinc, magnesio y cobre. También se encuentra la presencia de compuestos orgánicos generados por la combustión incompleta del carbón y derivados del petróleo. Estas partículas son eliminadas por retención y arrastre con las gotas de lluvia.

Aerosoles.

Las partículas sólidas o líquidas suspendidas en un medio gaseoso (el aire) se denominan aerosoles. En el aire contaminado, los aerosoles constituyen sistemas complejos. Los mismos consisten en una mezcla de partículas en fase sólida, combinación de partículas en fase sólida y líquida, y gotas líquidas en ocasiones. Aún los aerosoles contaminantes sólidos pueden contener agua que ha sido absorbida.

Por consiguiente el polvo consiste en partículas en fase sólida. El término se refiere a las partículas en sí misma, o a la acumulación de partículas después que las mismas han sido retenidas o depositadas. Cuando se encuentran en el aire, las partículas se denominan partículas sólidas en suspensión. El polvo que proviene de forma natural del suelo, como producto de la corteza terrestre, el cual es trasladado por los vientos, se denomina polvo fugitivo. El humo consiste en partículas en fase sólida y en ocasiones en fase líquida y los gases asociados que resultan de los proceso de combustión. Por lo común, el humo posee una composición química muy compleja y contribuye en importante

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en las centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

medida a la contaminación del aire. La ceniza es la fase sólida del humo, particularmente después que este se ha depositado en forma de polvo fino.

Dentro de las características más importantes que predicen el comportamiento de los aerosoles se pueden mencionar, el tamaño (diámetro) y la composición. El tamaño predice como la partícula será transportada en el aire y su composición determina que ocurrirá con esta cuando sea retenida o se deposite en algo. El tamaño de las partículas más comúnmente asociadas a los diferentes constituyentes de la contaminación del aire ambiental y la exposición ocupacional se muestra en el (Anexo 4). (Annalee, Yaci; et al. 2000)

En los aerosoles, las partículas individuales tienen una talla relativamente uniforme (monodispersa) o altamente variable (polidispersa). En la naturaleza, todos los aerosoles son polidispersos. Los aerosoles monodispersos son creados en la mayoría de los casos para la realización de investigaciones y para la fabricación de medicamentos en lo que resulta importante el tamaño de partícula para que la misma sea depositada en determinado lugar del tracto respiratorio.

Los efectos que pueden ser observados a partir de un aerosol determinado, depende de que cantidad de partícula poseen determinado diámetro. El tamaño está también relacionado con la masa; a menor tamaño, menor masa. En los aerosoles polidispersos, el mayor número de partículas serán pequeñas, pero en conjunto las mismas constituirán solo una pequeña fracción de la masa total; las partículas serán mucho menos, pero constituirán la mayor parte de la masa total.

Esto significa que la contaminación del aire incluye partículas en fases sólidas y en ocasiones pequeñas gotas de determinado rango de tamaño, algunas de las cuales se comportan de una forma y otras de forma distinta. Las partículas mayores son incorporadas al aire por los vientos y el movimiento local del aire y tienen tendencias a sedimentar por la acción de la gravedad si el aire está quieto. Las partículas más

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

pequeñas pasan al aire por el movimiento de las moléculas en el aire (el cual está caliente), fenómeno llamado movimiento browniano.

Entre tanto el tamaño también se relaciona con la composición. Las partículas son generadas con diferentes grados de dispersión en dependencia de la fuente. La composición de las partículas de un tamaño determinado, por supuesto, de las fuentes locales y la contribución relativa de las mismas al aerosol de la contaminación del aire en la localidad. Las partículas grandes resultan principalmente del polvo levantado por los fuertes vientos o el hollín resultante de la combustión. Esas partículas son, en su gran mayoría, sólidas, pero pueden contener gases o líquidos absorbidos en la superficie.

Las partículas menores son originadas principalmente en ciertos procesos de combustión, relacionados con los escapes de los motores diesel, planta generadora de energía y otras formas de combustión caliente y rápida. Esas partículas pequeñas consisten en una matriz de compuestos carbonáceos, parte de agua, así como sulfatos, nitratos y traza de metales disueltas o absorbidas en fase sólida. Estos se pueden formar a partir de sulfatos y nitratos presentes en el aire, constituyendo un conjunto en estado sólido. Los mismos ejercen sobre el organismo efectos diferentes y son consideradas más tóxicas que las partículas mayores. La composición de un aerosol también determina la reactividad química de sus partículas individuales y la densidad de las mismas. (Annalee, Yaci; et al. 2000)

La agroindustria azucarera se caracteriza por la emisión de partículas sólidas (aerosoles) y en la actualidad es una de las mayores afectaciones en la calidad atmosférica de los asentamientos poblacionales, destacándose las comunidades ubicadas cerca de los centrales azucareros. Estas emisiones pueden influir en la morbilidad de ciertas enfermedades respiratorias y de otra índole.

Compuestos de Azufre.

El dióxido de azufre (SO₂) y el trióxido de azufre (SO₃) son los principales óxidos de azufre presentes en la atmósfera, obteniéndose SO₂ y SO₃ en una proporción que va de 40:1 a

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

80:1, respectivamente. La principal fuente antropogénica de óxido de azufre es la combustión de combustibles fósiles ricos en azufre (ej. carbón, petróleo combustible (*fuel oil*), diesel) y representa cerca de un tercio del total del SO₂ atmosférico. El principal componente azufrado del carbón es la pirita (FeS₃), la que se oxida a Fe₂O₃ y SO₂ durante la combustión. Otras actividades industriales relevantes son las refinerías de petróleo y las fundiciones de minerales sulfurados. Alrededor de un 93% de todas las emisiones de SO₂ generadas por el hombre provienen del hemisferio norte. (Annalee, Yaci; et al. 2000)

El SO₂ es un gas que no se inflama, no es explosivo y es incoloro. En el aire, el SO₂ se oxida parcialmente en SO₃ y, en presencia de humedades altas, se transforma en ácido sulfúrico y sus sales, por medio de procesos fotoquímicos atmosféricos.

El anhídrido sulfuroso es un precursor de aerosoles secundarios (ej. sulfatos), típicamente asociados a la fracción fina del material particulado. La atmósfera corrosiva, generada bajo dichas condiciones, afecta una gran variedad de materiales tales como el acero, zinc, cobre, y aluminio, formando sulfatos metálicos. Más aún, los materiales de construcción, estatuas, etc., que poseen componentes de carbonato de calcio (caliza, dolomita, mármol y mortero), son especialmente vulnerables al ataque de estas neblinas ácidas. (www.sintesis.com)

Finalmente, entre los compuestos de azufre de relevancia ambiental, se encuentran el sulfuro de hidrógeno (H₂S) y los mercaptanos. El H₂S se produce a partir de la reacción del azufre con el hidrógeno, en procesos industriales o naturales. Además, se genera como subproducto en la biodegradación anaeróbica, en presencia de sulfatos. El H₂S tiene un fuerte olor a huevo podrido que es detectado por el ser humano a muy bajos niveles de concentración (del orden de 6 µg/m³). A concentraciones mayores es altamente tóxico y explosivo, por lo que sus emisiones deben mantenerse bajo estricto control. En presencia de oxígeno se oxida a SO₂.

Otros contaminantes de interés son los mercaptanos. Estos son compuestos orgánicos sulfurados de bajo peso molecular (CH₃S, C₂H₅S), de características odoríferas, y se

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

generan tanto en procesos industriales (ej. producción de pulpa sulfatada) como naturales (ej. degradación anaeróbica de material proteico). A bajas concentraciones, no presentan efectos tóxicos y, eventualmente, se oxidan en presencia de oxígeno. (Díaz, Et, al. 1984)

Por estas razones se puede decir entonces que en los procesos de oxidación biológica que ocurren en los sistemas de tratamientos de residuales líquidos de la industria azucarera y de derivados se generan este tipo de compuestos y además estos causan afectaciones a la población de zonas aledañas.

Óxidos de Carbono.

Los óxidos de carbono están constituidos por el dióxido de carbono (CO₂) y el monóxido de carbono (CO). El CO₂ generalmente en la literatura clásica especializada en el tema no se considera como contaminante atmosférico, debido a que es un componente natural de la atmósfera donde desempeñan una importante función en el efecto invernadero. Sin embargo, existe gran preocupación por las crecientes emisiones de este gas como producto de la combustión, lo que puede afectar el balance térmico terrestre.

El [dióxido de carbono](#) es un gas de efecto invernadero. Llega a la atmósfera por la acción de los organismos vivos, la quema de combustibles fósiles y en menor medida por la descomposición de elementos orgánicos. Mantiene su equilibrio gracias al proceso de fotosíntesis y la absorción de la biosfera y los océanos.

Sin embargo actualmente aumenta a razón de 5% por década y se piensa que en los últimos 200 años se ha incrementado en un 25%. La primera causa es el uso masivo de petróleo, gas y carbón para satisfacer las demandas de fuentes energéticas de la sociedad moderna. La quema de combustibles fósiles libera anualmente alrededor de 20 billones de toneladas de ese gas a la atmósfera. (Pérez, 1998) y (Carter, 2000). En forma natural, debiera mantenerse un equilibrio gracias a otros procesos, por ejemplo, la fotosíntesis mediante la cual se absorbe dicho gas de invernadero y se libera oxígeno. Pero, los procesos acelerados por el hombre liberan grandes cantidades de CO₂ como es la quema de vastas regiones tropicales de bosques para su aprovechamiento en agricultura.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Según (wwf, 1995) se estima que anualmente son liberados a la atmósfera más de 28 billones de toneladas de CO₂ y que de estas alrededor de 22.4 billones de toneladas provienen de la quema de combustibles fósiles, 16.4 billones de toneladas de los países industrializados. Otros 6 billones de toneladas de CO₂ son liberados en las quemas de bosques tropicales y otras quemas de biomasa. Durante la época preindustrial alrededor del año 1750 las concentraciones atmosféricas se mantenían a un nivel cercano a los 280 ppm. En los últimos 200 años este nivel se ha incrementado en un 27% alcanzando los 360 ppm.

Por su parte, el CO es un contaminante que proviene, principalmente, de la combustión incompleta de cualquier tipo de combustible. También es producido en grandes cantidades por muchas fuentes naturales: a partir de gases volcánicos, incendios forestales, oxidación del metano ambiental, disociación del CO₂ en la parte superior de la atmósfera, etc. Los automóviles con motores de combustión interna son una de las principales fuentes de emisión de monóxido de carbono en las zonas urbanas. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua, estufas y otros aparatos domésticos que queman combustible también son fuentes importantes de CO, tanto al aire libre como en ambientes interiores (en este último caso, el humo de cigarrillo puede ser una fuente adicional significativa). (www.puc.cl/edu/contam.htm)

Otros contaminantes del aire.

Existen otros contaminantes como los hidrocarburos (HC) cuyas emisiones están asociadas a una insuficiente combustión de derivados del petróleo fundamentalmente, el Ozono (O₃) que se forma naturalmente en las capas superiores de la atmósfera de la Tierra y que a nivel del suelo se encuentra esencialmente como consecuencia de la contaminación provocada por la combustión de combustibles fósiles y la liberación de compuestos como óxidos de nitrógeno y elementos orgánicos por parte de la biomasa, que reaccionan con la luz del Sol para formar Ozono (www.puc.d/sw_educ/contam/cont/Atmosfera.htm), los compuestos orgánicos volátiles, (COVs) (no metálicos, excluidos los Fluoruros Carbonos (CFCs) y halones) que tienen una procedencia natural considerable (aunque cada día tiene más importancia las emanaciones procedentes de industrias y vertederos de

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Residuos Sólidos Urbanos) que contribuyen a la contaminación fotoquímica, las Dioxinas y Bifenilos Policlorados (PCBs) que al ser poco volátiles, pueden formar aerosoles que al volver a la superficie terrestre por efecto de la lluvia contaminan el medio afectando a la cadena trófica, creando serias disfunciones entre los organismos que los captan (Speeding,1981). Además de estos contaminantes se encuentran la contaminación por Radiaciones y la contaminación por Ruido que no dejan de ser importantes en los últimos tiempos, ya que pueden traer afectaciones en la salud de las personas. (Aiche, Sump, Ser. 1980)

1.3 Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.

Se considera que el aire es un agente transmisor de las enfermedades humanas: infecciones y alergias. Son enfermedades en las cuales el agente etiológico entra en el huésped predominantemente por vía respiratoria; si bien algunos microorganismos pueden producir enfermedad en más de una parte del cuerpo, es el tracto respiratorio el principal afectado. En realidad, se transmite el microorganismo, no la enfermedad, y en el caso de las alergias se transmite el alérgeno que puede ser de naturaleza microbiana o no microbiana. Sin embargo las alergias debidas a inhalación son reacciones de hipersensibilidad características del individuo que se ponen de manifiesto al segundo contacto con el alérgeno, se suelen clasificar en alergias de tipo inmediato y de tipo retardado. Las primeras *-alergia atópicas-* son las de mayor incidencia y en ellas la zona afectada más comúnmente es el tracto respiratorio superior (Anexo 5) (causan rinitis, lagrimeo, estornudos, etc.) aunque pueden afectar a zonas inferiores provocando constricción y obstrucción de los bronquios como en el caso del asma, e incluso transformarse en afecciones crónicas: *asma crónica*. En las de tipo retardado predomina la afección del tracto respiratorio inferior y da lugar a diferentes patologías pulmonares, a veces asociadas a actividades ocupacionales. (Annalee, Yaci; et al. 2000).

Además al estar los microorganismos vehiculizados en aerosoles y partículas suspendidas en el aire, y al ser este un vector "difuso", las enfermedades respiratorias se caracterizan por su tendencia a causar epidemias o brotes epidémicos, en función de si afectan, al mismo tiempo, a muchas o pocas personas, respectivamente. Según se refiere en la

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

literatura las infecciones del tracto respiratorio son más frecuentes durante el otoño y el invierno debido a que una vez que aparece el agente causal de la enfermedad y algunas personas son infestadas en las reuniones o hacinamiento en lugares cerrados se propaga el agente, mientras que las alergias por polen son más frecuentes en primavera.

En los países industrializados entre el 10% y el 20% de la población sufre, en mayor o menor grado, *alergias*, entre las más frecuentes están las rinitis alérgicas y el Asma. Las *alergias* causan, también, una parte considerable de los gastos sanitarios asumidos por las familias y las empresas, se ha indicado que el gasto provocado por el Asma en Occidente se cifra en billones de pesetas. La respuesta alérgica es una reacción intensa de ciertos componentes del sistema inmunitario contra una sustancia extraña que por lo general es inofensiva (como polen, esporas, pelo animal, heces de ácaros presentes en el polvo de la casa, etc.). (Colectivo de autores, 1992)

Sin embargo las alergias debidas a inhalación son reacciones de hipersensibilidad características del individuo que se ponen de manifiesto al segundo contacto con el alérgeno, se suelen clasificar en alergias de tipo inmediato y de tipo retardado. Las primeras *-alergia atópicas-* son las de mayor incidencia y en ellas la zona afectada más comúnmente es el tracto respiratorio superior (Anexo II, fig. 1.2) (causan rinitis, lagrimeo, estornudos, etc.) aunque pueden afectar a zonas inferiores provocando constricción y obstrucción de los bronquios como en el caso del asma, e incluso transformarse en afecciones crónicas: *asma crónica*. En las de tipo retardado predomina la afección del tracto respiratorio inferior y da lugar a diferentes patologías pulmonares, a veces asociadas a actividades ocupacionales.

Por lo que se puede decir que la presencia de contaminantes en la capa de mezcla afecta diariamente la salud de los seres vivos. Hay que tener en cuenta que 1 Kg de alimentos que ingiere una persona al día, aproximadamente o el litro de líquidos que toma también al día, es realmente poco si se compara con los 13 kilos de aire que respira esta persona por día. En consecuencia la presencia de sustancias extrañas en el aire, aunque estén en bajas concentraciones puede ejercer un efecto muy nocivo sobre la salud humana.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Una de las enfermedades que puede desarrollarse en ciudades de contaminación persistente es la bronquitis. Otra enfermedad de tipo crónica que puede desarrollarse en contacto prolongado con una atmósfera contaminada es el enfisema. Además de estas enfermedades se producen otras afectaciones del sistema respiratorio por ejemplo: irritaciones en distintas partes del sistema respiratorio, irritaciones en los ojos, alteraciones en el estado de la sangre, propensión a contraer ciertos tipos de cáncer etc. Todo ello dependiendo de la naturaleza físico-química del contaminante. (Annalee, Yaci; et al. 2000)

Los síntomas respiratorios constituyen los efectos adversos sobre la salud más común ocasionados por todos los tipos de contaminantes del aire. Los síntomas más frecuentes incluyen la tos (que pudiera producir esputo), irritación de la nariz, faringe y falta de aire leve o moderada. Esos síntomas respiratorios están frecuentemente asociados a la irritación ocular y sensación de cansancio o fatiga. Es típica la exacerbación de síntomas de alergia. Frecuentemente, los atletas reportan que su rendimiento físico disminuye y que sufren el cansancio más rápidamente cuando se ejercitan durante periodos con altos niveles de contaminación.

Los asmáticos y los pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), frecuentemente experimentan un empeoramiento de sus síntomas durante los episodios de contaminación del aire. Estudios recientes sugieren una estrecha asociación entre la frecuencia y la severidad de las crisis de asma y los niveles atmosféricos de oxidantes y sulfatos.

Las personas con bronquitis que pueden también presentar un incremento de la tos debido al aumento de la irritación de la mucosa bronquial. Las infecciones agudas del tracto respiratorio, tanto alto como bajo también parecen ser más frecuentes en los residentes en las áreas con niveles más altos de contaminación atmosférica. La fiebre, por sí sola, no constituye un efecto de la contaminación del aire, más bien sugiere una posible infección.

Cualquier causa que disminuya la presión parcial de oxígeno en el alvéolo, que es la unidad funcional del pulmón, reduce el oxígeno disponible para el intercambio de gases y

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

por tanto, tiene un efecto asfixiante. En las elevadas altitudes decrece la presión parcial de oxígeno en el aire alveolar, reduciendo la saturación de la sangre con oxígeno.

Las sustancias que diluyen o desplazan al oxígeno del aire sin ningún otro efecto constituyen *asfixiantes simples*. Los ejemplos referidos en la literatura especializada, incluyen el dióxido de carbono, el óxido nítrico, el nitrógeno o hidrocarburos tales como el gas natural. Los compuestos que bloquean la transferencia de oxígeno a los tejidos se denominan *asfixiantes químicos*. Los dos ejemplos más comunes de estos inhibidores de la captación o la utilización del oxígeno son el monóxido de carbono (CO), el cual bloquea el sitio de la hemoglobina que capta y transporta el oxígeno y el cianuro de hidrógeno (HCN), el que (en forma de cianuro) bloquea la vía por la cual los tejidos utilizan el oxígeno. El monóxido de carbono es particularmente común como producto de la combustión incompleta de los combustibles (como en los escapes de los automóviles o los calentadores de llama abierta) y resulta importante peligroso por carecer de un olor que advierta la exposición.

Por tanto los efectos de la contaminación atmosférica sobre el aparato respiratorio, particularmente provocando complicaciones de bronquitis crónica pueden dar lugar también a un esfuerzo adicional para el corazón. La contaminación del aire está asociada con el incremento del riesgo de la mortalidad por enfermedades cardíacas y pulmonares, aún a niveles)

Las manifestaciones anteriormente relacionadas constituyen preocupación de las autoridades sanitarias. Por lo que se hace necesario realiza de concentración inferiores a aquellos que se conoce dan lugar a efectos tóxicos agudos sobre el corazón, se considera que, o bien los efectos pulmonares ocasionan una carga adicional sobre el corazón, el cual no es capaz de tolerarla, o que la presencia de reflejos nerviosos que conectan el corazón y los pulmones, ocasionan afectaciones en un corazón enfermo.

Sin embargo los efectos cardiovasculares directos de la contaminación del aire, están asociados primeramente con el monóxido de carbono, el cual, reduce el suministro de

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

oxígeno al miocardio y también agrava el proceso de la arteriosclerosis. Esos efectos pueden ocurrir en individuos normales sin una susceptibilidad inusual, pero resultan particularmente severos entre las personas con enfermedades cardíacas preexistentes. (Annalee, Yaci; et al. 2000)

La experiencia ha demostrado que existe una serie de enfermedades psicosomáticas estrechamente relacionadas con la polución atmosférica, que se deben principalmente al desconocimiento del público del verdadero significado de la contaminación ambiental y sus efectos directos, lo que se traduce en una acción psicológica de tensión, por considerarla una amenaza grave para la colectividad. Así la influencia de una serie de sustancias de naturaleza malolientes, como las emanaciones de las fábricas productoras de harina de pescado, al actuar sobre el sentido del olfato, independientemente de cualquier otra acción de índole alérgica, pueden inducir trastornos psíquicos en ciertos grupos de individuos (www.puc.d/sw_educ/contam/cont/Atmosfera.htm) estudios que posibiliten tomar las medidas adecuadas que minimicen los factores causantes de estos cuadros epidémicos. Para el caso específico de estas emisiones el estudio se dirige a las enfermedades respiratorias por ser el indicador más común de contaminación atmosférica y por no contar con recursos humanos para el resto de las afectaciones.

1.4 Efectos específicos de los contaminantes sobre la salud.

Monóxido de carbono.

Mención aparte merece la consideración de los efectos que produce el CO cuando está presente en la atmósfera urbana. De hecho el CO es un conocido gas asfixiante que, a concentraciones elevadas siempre superiores a los presentes en la atmósfera urbana llegan a producir la muerte. Debido a su poca solubilidad en agua, se difunde con relativa facilidad hasta los alvéolos, lugar en que compite con el CO₂ por combinarse con la hemoglobina.

De hecho, la afinidad del CO por hemoglobina es 210 veces mayor que la del O₂, dando lugar a la formación de carboxihemoglobina, que es compuesto resultante de la

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

combinación del CO con la hemoglobina. Una consecuencia de ello es que la capacidad de la sangre de transportar O₂ a las células se ve seriamente mermada.

Los primeros síntomas de intoxicación por CO se producen a concentraciones de este gas en la atmósfera superior a los 100 ppm. (www.sintesis.com)

Dióxido de azufre (SO₂).

Su acción reductora o acidificante ha constituido el principal problema de la contaminación atmosférica en muchos países. El hombre, responde al dióxido de azufre mediante constricción bronquial. El anhídrido sulfuroso al ser inhalado se hidrata con la humedad de las mucosas constituyendo un riesgo para la salud de las personas y otras especies animales al producir constricción bronquial. Dicho efecto aumenta con la actividad física, con la hiperventilación, al respirar aire frío y seco y en personas con hiperactividad bronquial.

De acuerdo a los resultados de estudios epidemiológicos de morbilidad, mortalidad o cambios en la función pulmonar en grupos de población sensible, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que no se supere una concentración de SO₂ de 500 µg/m³ para una exposición de 10 minutos, o de 250 µg/m³ para un periodo de 24 horas, o de 50 µg/m³ para un periodo de un año. En Chile, las normas vigentes en el año 2000 establecen niveles máximos permitidos de 365 µg/m³ y 80 µg/m³ para periodos de 24 horas y de un año, respectivamente. (Annalee, Yaci; et al. 2000)

Partículas

Desde la perspectiva de la salud humana, el aspecto más importante de las partículas es el comportamiento de las mismas en el tracto respiratorio. El efecto de las partículas sobre el organismo, la eficiencia con la cual estas penetran a través del sistema respiratorio y dentro del pulmón, así como su reactividad química y toxicidad una vez que penetran. Las partículas mayores transportan una mayor cantidad de sustancias pero tienen una capacidad mucho menor de ocasionar un efecto sobre el organismo, debido a que las

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

mismas no penetran hasta el tracto respiratorio inferior (por debajo de la traquea, que constituye la primera división del flujo del aire). (Cabanzón, H. R. 1988)

Las partículas más grandes, visibles a simple vista como manchas de polvo, son filtradas en su mayoría en la nariz. Las partículas mayores de 100 μm pueden ocasionar irritación en la membrana mucosa de los ojos, la nariz y la garganta. Las partículas menores de este punto de corte son denominadas fracción inhalable, debido a que las mismas pueden ser inhaladas dentro del tracto respiratorio. Las partículas mayores de 20 μm generalmente no penetran al tracto respiratorio inferior (por debajo de la traquea). Aquellas partículas inferiores a 20 μm son denominadas fracción torácico, debido a que las mismas pueden penetrar dentro de los pulmones. Las partículas menores de 10 μm penetran las vías aéreas con la mayor eficiencia y pueden ser depositadas en los alvéolos o los conductos alveolares, que constituyen las estructuras más profundas de los pulmones, a pesar de su mayor eficiencia de penetración, las partículas menores de aproximadamente 0.1 μm tienden a permanecer en suspensión para ser nuevamente exhaladas. Así en la práctica, la mayor penetración y retención de las partículas ocurre en el rango de 10-0.1 μm , lo que se denomina rango o fracción respirable, (Anexo II, fig 1.2) (Annalee, Yaci; et al. 2000)

Sin embargo una vez en los pulmones, las partículas pueden tener diferentes efectos en dependencia de sus tamaños. Las partículas de tamaño en el rango de 10-20 μm tienen mayor probabilidad de producir efectos sobre las vías aéreas. Una gran proporción de las partículas inferiores a 10 μm pero mayores de 0.1 μm , pueden ser retenida en los pulmones. Cuando las mismas se acumulan en gran número y el tejido pulmonar reacciona a su presencia, pueden causar una enfermedad llamada genéticamente pneumoconiosis; las mismas se observan generalmente por altas exposiciones en sitios de trabajo, no como consecuencia de la contaminación del aire ambiental.

El aerosol total suspendido en el aire es cuantificado como partículas totales en suspensión (PTS). Esta determinación en ocasiones también llamadas aerosoles gruesos no resulta muy útil, excepto como una medida que refleja la percepción de bruma en el

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

aire y la disminución de la visibilidad. A las partículas en suspensión de 10 μm y menor, se le denomina PM_{10} o aerosoles finos y se corresponde con la mayor parte de las partículas comprendidas en el rango o fracción respirable. El material particulado de 2.5 μm e inferior se denomina $\text{PM}_{2.5}$ y constituye la fracción más importante por sus efectos sobre la salud. Las partículas inferiores a $\text{PM}_{0.5}$ se denominan ultrafinas, los efectos de esta sobre la salud no están bien definidos.

Aunque esta distribución se ha realizado de acuerdo con el tamaño de las partículas, la forma de las mismas también resulta importante en la determinación de los efectos. El organismo humano retiene mayor tiempo las partículas más largas y finas, denominadas fibras, que las partículas de forma más redondeada. Las fibras son removidas de los pulmones con mayor dificultad por medio de los mecanismos naturales de protección. Existe buena evidencia de que las fibras de asbesto muy largas y finas, desempeñan un importante papel en el daño que estas causan en los pulmones.

En este epígrafe se muestran las afectaciones a la salud por los contaminantes más comunes en zonas cercanas a la industria azucarera, sin embargo por la importancia que tiene elevar la calidad de vida de la población, se considera oportuno incluir en una tabla resumen del resto de los contaminantes característicos de zonas urbanas que en un momento determinado pueden presentarse en zonas agroindustriales. Por tal motivo en el Anexo 6 se muestra de forma resumida los principales contaminantes en zonas urbanas, sus fuentes y los efectos asociados a la salud. (Annalee, Yaci; et al. 2000)

1.5 La biomasa cañera como combustible renovable

En Cuba la biomasa que se utiliza fundamentalmente es la caña de azúcar del género *Saccharum* - planta originaria de la India y de las Islas el Sur del Océano Pacífico, constituye la gramínea que permite la mayor utilización industrial de los principales componentes que la integran: la fibra, el agua y los azúcares. Esta planta está constituida por hojas verdes, hojas secas, cogollo, tallo verde y raíces, estando los azúcares

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

utilizables industrialmente en el tallo. En la Tabla 8 se señalan estas proporciones así como los principales productos y subproductos directos que se obtienen.

Tabla 8 Constitución de la caña de azúcar y principales productos y subproductos obtenidos directamente. Elementos Proporción en peso

Elementos	Proporción en peso (ton)
Caña integral	133
Residuos Agrícolas	33
Hojas verdes	13
Hojas secas	10
Cogollo	10
Tallo verde	100
Sacarosa	13
Fibra	13
Agua	74
Bagazo	25
Cachaza	3
Miel Final	3
Azúcar	12

Fuente: Valdez delgado Antonio. La biomasa azucarera como fuente de energía renovable. Mayo 2004. Conferencia “Cátedra Álvaro Reinoso”

En la industria azucarera a partir de la caña de azúcar concurren dos aspectos especiales: ser alta consumidora de energía eléctrica y tener la posibilidad de autoabastecerse de toda la energía térmica que requiere, generar sobrantes de biomasa cañera para ser usada como combustible o materia prima de otras industrias de derivados. Estas características permiten fijar como metas los siguientes aspectos:

- Empleo máximo de la biomasa disponible; hacer un uso intensivo de toda la biomasa cañera que se obtiene en el cañaveral (cogollo, hojas verdes, hojas secas y tallos molibles).
- Generación de vapor eficiente; los adelantos técnicos permiten diseñar y construir generadores de vapor de altos parámetros, que consuman biomasa cañera como primer combustible.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Ahorro de vapor en proceso; se ha logrado ahorros sustanciales en cuanto a la reducción de vapor de baja en los procesos(Fiandor y Valdés, 1999).

En estos tres aspectos es que aparece la posibilidad de disponer de cantidades apreciables de biomasa cañera para lograr una máxima generación de energía eléctrica, satisfacer los consumos, exportar a la red nacional y también puede ser considerada la posibilidad de entregar esta biomasa como materia prima a otras industrias y reducir así los costos de fabricación del azúcar (Fiandor y Valdés, 1999).

La utilización de biomasa u otra fuente alternativa de energía encontrará siempre, si no el apoyo, al menos la anuencia en el ámbito internacional y nacional, lo que no ocurre con otros tipos de aplicaciones tecnológicas, siempre que se fundamente la argumentación en aspectos como la necesidad de hacer competitiva la industria azucarera a partir de su diversificación, su autoabastecimiento energético y la elevación de su eficiencia, la posibilidad de eliminar los impactos ambientales negativos de la producción azucarera y las estrategias ramales que incentivan la utilización de fuentes alternativas de energía. (Suárez, 1996).

En la década del 70 se inició un amplio proceso de reconversión de hornos y calderas para pasar definitivamente a la utilización del bagazo de caña como combustible. Una de las características que posee la planta que le da origen a este combustible es su regeneración anual, además de que está científicamente reconocida, junto al sorgo rojo, como una de las plantas que hace una mejor transformación de la energía solar en su ciclo vital.

En la siguiente tabla se puede apreciar la composición elemental del bagazo

Tabla 9 Composición elemental del bagazo.

Compuesto	Composición (%)
-----------	-----------------

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Holocelulosa	70-75
Celulosa	45-50
Hemicelulosa	20-25
Lignina y otros residuos no hidrolizables	20-25
Ceniza, azúcares y otros compuestos	5-10

La cantidad de bagazo consumida es mucho mayor que la de petróleo , lo cual está dado por el hecho de que el calor específico de combustión del bagazo es aproximadamente seis veces inferior al del petróleo equivalente. Otro aspecto a tener en cuenta es que la cantidad de gas emitida a la atmósfera cuando se quema bagazo es casi tres veces superior a la cantidad que se emitiría si se utilizara el hidrocarburo. Esta comparación podría ser engañosa, ya que mientras el petróleo hace un aporte neto de gas, el bagazo como biomasa combustible, mantiene un equilibrio, ya que durante su crecimiento la planta de caña de azúcar absorbe una cantidad similar a la que aporta cuando se quema en los hornos, por lo que la ventaja, desde el punto de vista de contaminación atmosférica, en especial en la contribución al calentamiento global producido por el efecto invernadero, es evidente. En lo referente a la generación de SO₂ la comparación es muy favorable para el bagazo, dada la muy escasa presencia de azufre en su composición elemental. (Quintana, 1998).

Un aspecto negativo a tener en cuenta cuando se utiliza el bagazo como combustible es la emisión de partículas sólidas, las cuales abandonan la chimenea y pueden ser arrastradas por los vientos a grandes distancias, cayendo más tarde a núcleos poblacionales (Castillo, 1999; Gabra, 1995)

La idea de utilizar los residuos de la cosecha como combustible en las fábricas de azúcar ha sido estudiado por varios autores Rodríguez, 1994; Pérez, 2000; Merlos, 2000, los que han demostrado su potencial energético y han propuesto diferentes formas para ser

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

procesados en la fábrica, pero en los estudios aún está por resolver la estrategia para su recolección y transportación desde los centros de limpieza hasta el central debido a su baja densidad.

En los trabajos de Pérez, 2000, se hace mayor énfasis en las ventajas de usar los residuos de la cosecha de la caña como combustible, su significación ecológica, la eliminación de los centros de acopio y la utilización de estos equipos en la industria, pero no se aborda el efecto físico-químico de los no azúcares en el proceso azucarero, ni está claro el potencial de residuos de cosecha que realmente queda por explotar.

La hoja seca de la caña de azúcar (paja), en la actualidad tiene dos aplicaciones: como alimento animal y como recubrimiento de los campos de caña después de realizada la cosecha. El primero de los usos se explica por sí solo, mientras que el segundo tiene gran importancia para la conservación de la humedad de los suelos, a la vez que evita el crecimiento de las malezas.

Actualmente se realizan esfuerzos científicos y económicos para lograr un tercer uso que pudiera ser tan importante, o más que los anteriores. Se trata de la posible utilización de los residuos agrícolas de la cosecha como combustible. (Quintana, 1998).

Para tener una idea del amplio empleo que puede tener este residuo en el campo energético se señala a continuación algunos ejemplos significativos:

- Sustitución del petróleo en la producción de azúcar refinado y derivados de la caña.
- Sustitución de la leña y el bagazo como combustible, y así destinar este último a otros usos.
- Incrementar la cogeneración eléctrica en los centrales azucareros Escándel, 200 y Rubio, 1998, Hernández, 1996.

En la siguiente tabla aparecen algunas características de la hoja seca de la caña de azúcar como combustible:

Tabla 10 Calor específico de combustión de la hoja seca.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Calor específico de combustión		908 kJ/kg
Composición elemental	Carbono	48.28 %
	Hidrógeno	5.55 %
	Oxígeno	45.62 %
	Nitrógeno	0.43 %
	Azufre	0.13 %
Densidad original		20 – 40 kg/m ³

El análisis de la composición química de la paja de la caña de azúcar brinda características similares a las del bagazo, destacándose la casi total ausencia de azufre, así como la muy baja presencia de nitrógeno.

En esta línea de trabajo se han hecho importantes estudios para aumentar la densidad de la paja por compactación antes de transportarla, lo que favorecería el balance técnico económico. (Quintana, 1998; Nieblas, 1990)

La paja puede tener varias formas de procesamiento para el abastecimiento de los distintos consumidores. La densificación mediante briqueteadoras es el modo más eficaz de reducir el volumen de este material, incrementando así, por encima de 20 veces su densidad original, con lo que se disminuye el costo de almacenamiento y se permite un aprovechamiento racional del transporte. El factor humedad tiene influencia negativa sobre el proceso de densificación, el cual puede provocar el uso de una presión complementaria cuando se incrementa el contenido de agua en el material (Escándel, 2000; Rubio, 1998).

1.5.1 Impacto ambiental de la industria azucarera.

La agroindustria azucarera ha sido el pilar fundamental de la economía cubana durante muchos años, ello ha traído consigo la distribución de esta industria por todo el territorio

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

nacional y la urbanización aledaña que la utiliza como fuente de empleo. Los impactos ambientales que esta industria provoca tienen incidencia directa en la población, ya sea por la emisión de partículas, gases contaminantes y residuales sólidos o líquidos emitidos que dificultan el saneamiento ambiental de los asentamientos, provocado fundamentalmente por el atraso tecnológico de la industria y la escasa educación ambiental de los colectivos laborales y población en general.

En Cuba existen actualmente “71 centrales dedicados a la producción de azúcar y 14 en la producción de mieles integrales y alcohol” (Fonseca, 2003), distribuidos en todo el territorio nacional, por lo que se hace inevitable prestar un gran interés al impacto ambiental que estos provocan desde la fase agrícola hasta la fase industrial del proceso.

La fase agrícola, propiamente dicha, no está caracterizada por la formación de residuos, no obstante, desde la siembra de la caña ya comienza la afectación al medio ambiente debido a que estas plantaciones son de ciclo largo y esto imposibilita el uso de estas tierras para otros cultivos e inhiben el desarrollo de ciertas especies que son controladores biológicos y ayudan a la eliminación de plagas. Las labores que son realizadas en esta fase, como la aplicación de herbicidas, plaguicidas, la fertilización química, el riego y el mal manejo de los suelos, traen afectaciones ambientales y en algunos casos se condicionan como daños severos.

Se considera que la utilización de tecnologías avanzadas implica la posibilidad de reducir o evitar sus afectaciones propiciando la ejecución de medidas como la siembra en contorno, laboreo mínimo, el uso de bioplaguicidas y de biofertilizantes, entre otras, que reducen los impactos negativos al medio.

En los procesos de corte, alza, tiro y limpia, se produce una cantidad importante de residuos que quedan en el camino o en los centros de acopio. Se considera que el 13.2 % de la caña es hoja y paja y de este, el 19 % va los centros de acopio, donde en ocasiones una parte de él es utilizado como alimento animal y el resto se incinera, enviando CO₂ a la

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

atmósfera. (Asociación de Técnicos Azucareros. 1999; Comisión Nacional de Energía. 1991).

En este sentido, las descargas al medio procedente de la industria o de la combustión que se lleva a cabo en otros lugares, así como el polvo y las partículas de bagazo quemadas y no quemadas, son agentes contaminantes de la atmósfera, los cuales enrarecen el aire. Estas emisiones, unidas a las de residuales líquidos y sólidos, si no se manejan adecuadamente, pueden afectar la estabilidad del medio ambiente y con ello la salud del hombre.

Además, el crecimiento no planificado de los núcleos poblacionales ubicados en los alrededores de esta industria, la escasa educación ambiental en general, así como por la falta de estrategias empresariales dirigidas a la implementación de prácticas de producción más limpias que puedan contribuir a disminuir los impactos negativos generados, agrava las afectaciones ya existentes en estas comunidades.

Las comunidades en las que existen industrias azucareras han sufrido una fuerte actividad antropogénica, por las razones antes señaladas, siendo un caso de estudio la comunidad Tuinucú, en la que los impactos identificados por los habitantes de la comunidad, son los causados por los residuales líquidos y con ellos los malos olores que se generan en el sistema de tratamiento de residuales, así como la emisión de partículas sólidas (hollín) y gases contaminantes, que se verá más adelante. La polución de gases contaminantes ha repercutido en la disminución del índice de la calidad de vida de la población. Sin embargo no existe una percepción adecuada de los efectos de los gases y partículas sólidas emitidos, fundamentados por la falta de estudios y monitoreos de esta zona u otras de similares características. Razón por la cual se estudiará a continuación la contaminación atmosférica.

1.5.2 La diversificación en la industria azucarera cubana

La industria de procesos químicos para su desarrollo competitivo requiere de un esfuerzo innovador constante que sólo podría materializarse si se aplican los avances de la ciencia

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

y la técnica (PNUD, 1989). Como un caso particular tenemos la industria azucarera, la cual viene enfrentando una situación muy crítica con el azúcar como producto de comercialización internacional.

Ha sido interés de los países productores de caña de azúcar, el desarrollo de una estrategia para incrementar sus producciones que ha incluido como una acción fundamental la diversificación de la industria mediante el uso integral de la caña de azúcar como materia prima para un elevado número de derivados y subproductos (Zedello, 1994). En este sentido la industria azucarera debe introducir cambios estratégicos eficaces en el sistema de producción de caña y azúcar, para mejorar la competitividad y el desempeño ambiental de sus empresas.

La caña de azúcar, cuyo potencial genético está aún lejos de ser bien aprovechado, es una planta de características excepcionales, capaz de sintetizar carbohidratos solubles y materiales fibrosos a un ritmo muy superior al de otros cultivos. Esta propiedad le abre un espectro prácticamente infinito de aprovechamiento para la fabricación de cientos de productos, donde encontramos el azúcar, la cual ocupa un lugar importante por su uso universal en la dieta humana. (Romero, 1999). Igualmente los residuales sólidos y líquidos que se generan en la industria azucarera tienen un alto nivel de alternativas de aprovechamiento que pueden repercutir en beneficios económicos y ambientales, ya que al ser aprovechados adecuadamente elimina el riesgo de contaminación y al aplicarlos a los suelos, les aportarían materia orgánica y nutrientes de gran utilidad.

A partir de las propias características de este cultivo, se justifican entonces las nuevas proyecciones del sector azucarero cubano hacia la implementación de un programa de diversificación de productos finales que aumenten el valor agregado de los productos y subproductos de esta rama.

En el programa de desarrollo del sector azucarero cubano a largo plazo (hasta el 2010), se prevé una recuperación de la agroindustria azucarera y un cambio cualitativo en la diversificación. Un aspecto importante de este programa lo constituye la imperiosa

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

necesidad de redimensionar y perfeccionar los Complejos Agroindustriales (CAI), cuya base productiva necesariamente tiene que modificarse sustancialmente. Flexibilizar esta industria y diversificar sus producciones son acciones contempladas en este programa (Rosales, 1999).

En este sentido, la estrategia de la agroindustria azucarera cubana estará basada en los siguientes aspectos:

- Elevar la disponibilidad de caña y sus rendimientos.
- Incrementar la eficiencia productiva y reducir los costos.
- Concentrar la producción azucarera aproximadamente en 100 Empresas productoras.
- Dedicar el resto de las Empresas azucareras, que se decidan mantener en operaciones, a la producción de azúcares especiales, energía y producciones diversificadas.
- Convertir la generación de electricidad excedente del bagazo en una de las producciones de mayor peso (MINAZ, 1999).

Siguiendo estos lineamientos de trabajo, la Empresa Azucarera "Melanio Hernández", según los resultados de las investigaciones realizadas por el Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI), del Centro Universitario José Martí de la provincia Sancti Spíritus, incorpora a su estrategia de desarrollo proyectos de cogeneración de energía a partir de la biomasa cañera. Con este propósito utilizan bagazo, prolongándose el tiempo de molienda y por tanto el tiempo de emisiones a la atmósfera. Dichas emisiones deben ser controladas de forma efectiva para que estos proyectos, que de hecho aportan al desarrollo sostenible, permitan transitar hacia un período de mayor eficiencia y acercarse cada vez más a una producción más limpia.

De igual forma, para alcanzar un mejoramiento de las condiciones ambientales y la calidad de vida de la población aledaña a esta industria, deben trazarse estrategias integradas donde se analice de forma conjunta los problemas industriales, ambientales y sociales.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Por otra parte, la propuesta de utilizar biomasa como fuente de energía u otra fuente alternativa para generar energía encontrará siempre, sino el apoyo, al menos la anuencia en el ámbito internacional y nacional, lo que no ocurre con otros tipos de aplicaciones tecnológicas. La fundamentación de esta propuesta debe estar argumentada en aspectos como la necesidad de hacer competitiva la industria azucarera a partir de su diversificación, su autoabastecimiento energético y la elevación de su eficiencia y en la posibilidad de eliminar los impactos ambientales negativos de la producción azucarera, así como en su inserción en las estrategias ramales que incentivan la utilización de fuentes alternativas de energía. Según (Valdés, 1997), la propuesta de usar la biomasa cañera todo el año para cogenerar, es entonces atractiva por las ventajas energéticas, económicas y ambientales que ofrece.

En este sentido se coincide con (Quintana, 1998) cuando plantea que al utilizar la biomasa como combustible, la cantidad consumida de esta es mucho mayor que la de petróleo, lo cual está dado por el hecho de que el calor específico de combustión de la biomasa (bagazo), es aproximadamente seis veces inferior al del petróleo equivalente; así como que la cantidad de gas emitida a la atmósfera cuando se quema bagazo es casi tres veces superior a la cantidad que se emitiría si se utilizara este hidrocarburo. Sin embargo, otros trabajos demuestran que las emisiones son negativas si se analiza la absorción que las plantaciones cañeras realizan en su proceso de fotosíntesis; se mantiene un equilibrio, ya que durante su crecimiento la planta de caña de azúcar absorbe una cantidad similar a la que aporta cuando se quema en los hornos, por lo que la ventaja, desde el punto de vista de contaminación atmosférica, en especial en la contribución al calentamiento global producido por el efecto invernadero, es evidente. En lo referente a la generación de SO₂ la comparación es muy favorable para el bagazo, dada la escasa presencia de azufre en su composición elemental.

Un aspecto negativo a tener en cuenta cuando se utiliza el bagazo como combustible es la emisión de partículas sólidas, las cuales abandonan la chimenea y pueden ser arrastradas por los vientos a grandes distancias, cayendo más tarde en los núcleos poblacionales y disminuyendo las condiciones de saneamiento de estos, a la vez que pueden incidir en

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

diferentes enfermedades respiratorias, y si tenemos en cuenta que en muchas ocasiones la industria azucarera se asocia a la de producción de otros derivados como (alcoholes y levaduras) que genera gran cantidad de residuales líquidos que en su inmensa mayoría no reciben el tratamiento adecuado, lo que provoca la emisión de gases a la atmósfera como producto de la degradación de la materia orgánica que contienen estos residuales.

1.5.3 Perspectiva de la diversificación en la industria azucarera cubana

En el programa de desarrollo del sector azucarero cubano a largo plazo (hasta el 2010) se prevé una recuperación de la agroindustria azucarera y un cambio cualitativo en la diversificación. Un aspecto importante de este programa lo constituye la imperiosa necesidad de redimensionar y perfeccionar los Complejo Agroindustriales Azucareros (CAI), cuya base productiva necesariamente tiene que modificarse sustancialmente. Flexibilizar esta industria y diversificar sus producciones son acciones contempladas en este programa. (Rosales, 1999).

La estrategia de la agroindustria azucarera cubana estará basada MINAZ, 1999 en:

- Elevar la disponibilidad de caña y sus rendimientos.
- Incrementar la eficiencia productiva y reducir los costos.
- Concentrar la producción azucarera en unos 100 CAI productores fundamentalmente de azúcar.
- Dedicar el resto de los CAI que se decida mantener operando en azúcares especiales, energía y producciones diversificadas.
- Convertir la generación de electricidad excedente del bagazo en una de las producciones de mayor peso.

Las características fundamentales de la diversificación industrial se sintetizan en los siguientes aspectos (Gálvez, 1999; MINAZ, 1999):

1. La transformación de la industria se deberá producir utilizando al máximo las instalaciones tecnológicas disponibles, que serán adecuadas para los nuevos propósitos.
2. Los esquemas de proceso tecnológico que se adapten deben permitir, además de producir azúcar, la obtención de mieles ricas, jugos, bagazo sobrante y

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

energía eléctrica de forma combinada e integrada tecnológicamente todo concebido en forma de esquema flexible que permitan la producción de un producto u otro según la conveniencia de la demanda del mercado, los precios del producto y la estrategia de comercialización de la empresa.

3. Se priorizarán para su reestructuración, aquellos centrales que se encuentran juntos o cercanos a plantas de derivados.
4. Las transformaciones se deben hacer de forma compatible con el medio ambiente.

El objeto estratégico que debe guiar las acciones de reestructuración, es alcanzar la mayor eficiencia económica a través de los menores costos de producción, el mayor valor agregado y una respuesta competitiva en el mercado.

1.5.4 Esquema energético para la combustión de biomasa azucarera

Descripción y funcionamiento de un generador de vapor.

El generador de vapor tiene la función de transferir al agua, la energía en forma de calor de los gases producto de la combustión de la sustancia combustible, para que esta se convierta en vapor. Este equipo, que tuvo prácticamente su origen con el surgimiento de la máquina de vapor en la época de la revolución industrial, se ha desarrollado vertiginosamente y en la actualidad se encuentra altamente especializado en su función. Lo componen diferentes partes, algunas de las cuales tienen funciones específicas, imprescindibles para el funcionamiento y otras cuya misión es la de aumentar la eficiencia de la recuperación del calor desprendido y contribuir, de paso, al funcionamiento correcto del generador de vapor. En dicho funcionamiento tiene gran importancia el movimiento de los gases portadores del calor, desde el horno donde se producen hasta la chimenea que los expulsa al medio ambiente; durante este recorrido es que se ponen en contacto con la superficie de transferencia de calor.

Por otra parte, el movimiento del agua y de la mezcla agua - vapor que se crea producto de la aceptación de calor, reviste también singular interés en el funcionamiento del

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

generador de vapor; este movimiento puede tener dos orígenes: natural, producto de las fuerzas de empuje que se crean como consecuencia de las diferencias de densidades entre las partes calentadas y las no calentadas; o forzado, cuando se crea mediante un equipo mecánico, es decir, una bomba. En dependencia del origen del movimiento del agua y la mezcla agua - vapor, los generadores de vapor se clasifican en dos grandes grupos:

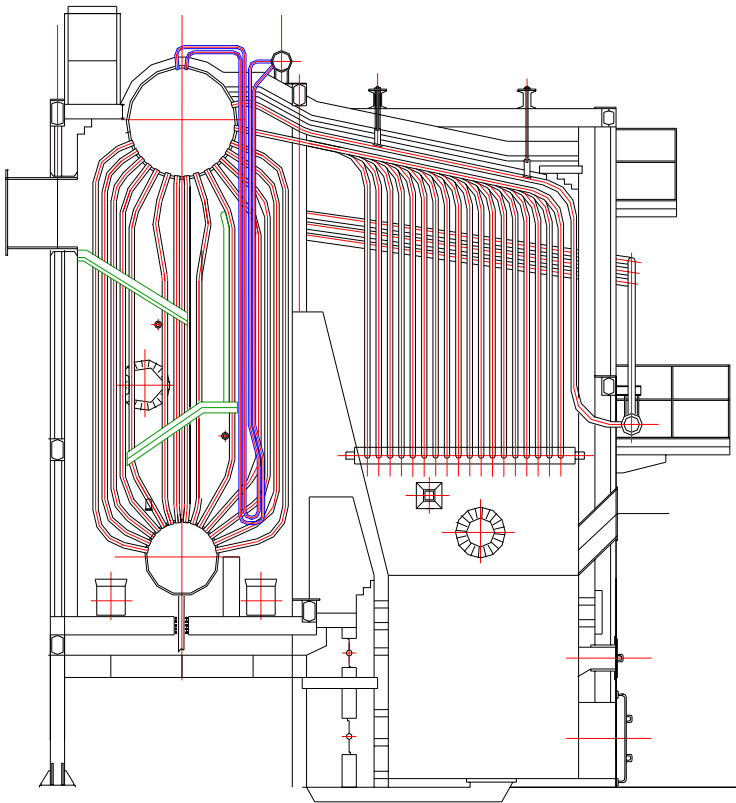
- Generadores de vapor de circulación natural.
- Generadores de vapor de circulación forzada.

El generador de vapor de circulación natural (Figura 1.4) está compuesto por las siguientes partes principales:

- Quemadores
- Horno
- Paredes de agua
- Domo
- Sobrecalentadores de vapor
- Economizador
- Calentador de aire
- Ventilador de tiro forzado
- Ventiladores de tiro inducido
- Bomba de alimentación

Ahora bien, es bueno que se aclare que no todas estas partes son imprescindibles, y así se tienen generadores de vapor sin sobrecalentadores, calentadores de aire, o economizadores.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .



Caldera Evelma 2 Original

1-Generación de vapor-----	20 ton/h
2-Presión de trabajo-----	18 kg/cm ²
3-Temperatura del Vapor sobrecalentado-----	325 ^o C
5-Eficiencia-----	61 %
6-Consumo de combustible-----	12006 kg/h
7-Volumen de gases-----	83748 m ³ /h
8-Volumen de aire-----	39890 m ³ /h
9-Temperatura de aire a la salida--	30 ^o C
10-Índice de generación-----	1.67 kg/kg
11-Medidas generales de la caldera	
Largo-----	9750 mm
Ancho-----	6350 mm
Alto-----	10000 mm
12-Temperatura de los gases a la salida----	375 ^o C

Figura 1.4 Generador de vapor de circulación natural

El agua se impulsa al generador de vapor mediante la bomba de alimentación, la que la hace circular de forma forzada por el economizador; este es un equipo formado por bancadas de tubos interconectadas mediante colectores o cabezales, por dentro de los tubos circula el agua y por fuera los gases calientes. La función del economizador es calentar el agua, generalmente hasta una temperatura ligeramente inferior a la de saturación correspondiente a la presión a la que se encuentre el agua; esto se hace con el objetivo de que el agua no entre fría al domo para evitar contracciones que puedan provocar una rotura, y disminuir la irreversibilidad del proceso.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

El agua después de salir del economizador entra al domo, en él se produce la separación del vapor y el agua, proceso que se explicará posteriormente. El agua que entra al domo sale de éste por los tubos llamados descendentes, que alimentan los colectores inferiores de las paredes de agua, éstas no son más que tubos que cubren la mayor parte de la superficie interior del horno; por los tubos circula el agua y por fuera están los gases calientes y las llamas, éstos transfieren a los tubos una gran cantidad de calor por radiación y por convección; se forma entonces en el interior de los tubos una mezcla de vapor y agua que asciende producto de la disminución de su densidad. Las paredes de agua tienen colectores en su parte superior, a través de los cuales se descarga la mezcla agua - vapor al domo. En el domo, el vapor se separa del agua acumulándose en la parte superior, de donde es extraído para ir a los sobrecalentadores. El agua que no pasó a vapor va de nuevo a los tubos descendentes y se repite el proceso.

Los sobrecalentadores de vapor tienen la función de hacer que éste adquiera una temperatura superior a la de saturación correspondiente a la presión a que se encuentra, para que salga del generador con mucha mayor entalpía.

Los sobrecalentadores pueden ser de diferentes tipos, pero evidentemente en ellos siempre el vapor irá por los tubos y los gases por fuera, además, se colocarán en una zona en que los gases tengan alta temperatura. Del sobrecalentador el vapor sale para ir a las turbinas y máquinas.

Se ha visto hasta aquí el proceso que ocurre en el agua del generador de vapor, seguidamente se verá cómo se efectúa el desprendimiento de calor, su aceptación y el flujo de gases.

Como es conocido, para toda combustión se necesita un combustible y un comburente; en los generadores de vapor este último es el aire, el que para facilitar la combustión se calienta previamente, esto se hace en el calentador de aire.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

El aire impulsado por los ventiladores de tiro forzado llega al calentador y da en él varios pases, generalmente por la carcasa, mientras que por los tubos circulan los gases calientes. Una vez calentado el aire es suministrado al horno para la combustión.

Por otra parte el combustible es también suministrado al horno y se produce entonces la reacción química de combustión, la formación de los gases y el desprendimiento de calor en el horno. Los gases calientes son succionados por los ventiladores de tiro inducido y/o por el tiro natural de una chimenea, comenzando el recorrido a través del horno, los sobrecalentadores, economizador y el calentador de aire, hasta llegar a la chimenea para ser expulsados a la atmósfera. Durante todo su recorrido los gases calientan las superficies de los equipos con los que tienen contacto, transfiriéndose de esa forma su calor al agua, al vapor y al aire en cada uno de los equipos correspondientes.

Como se ha podido apreciar en esta breve descripción, el generador de vapor es un equipo complejo, en el que se entremezclan fenómenos de reacciones químicas, transferencia de calor, hidrodinámica del agua y de la mezcla agua - vapor, flujo de gases y resistencia de materiales sometidos a altas presiones y temperaturas; todos estos procesos ocurren en un equipo que reclama para su correcta explotación y mantenimiento un cuidado extremo y un conocimiento profundo de sus características.

A continuación se presenta una descripción de las características de las calderas

Características de los Generadores de Vapor usados en Cuba

Características	Unidades	Calderas									
		RETAL	RETO		EVELMA 1	EVELMA 2	EVELMA 3	VILLA CLARA			RETAL
Producción	t/h	45	25	45	15	22	25	15	22	32	60
Presión vapor	MPa	1,2 / 1,8	1,8 / 2,8	1,2	1,2 / 1,8	1,2 / 1,8	1,2 / 1,8	1,2 / 1,8			1,8
Temperatura vapor	°C	240 / 320	320 / 400		240 / 260	240 / 320	240 / 340	240 / 310			
Efic. Term. Bruta	%	76 – 80	70-72	70-76	56-58	68-75	68-75	75			
Temp. en horno	°C	900 – 1050			1 170	1 215	1 106	1 200			
Combustión	-	Semisusp	Semisusp.		Pila	Pila	Pila	Pila			Semisusp
Tipo de tubos	-	Curvos	Curvos		Curvos	Curvos	Curvos	Rectos			Curvos
Nro. de domos	-	4	2		2	2	2	1			4
Diam. De tubos:											
Pantallas hornos	mm	76	57		No	76	76	No			76
Haz de calderas	mm	76	76		76	76	76	102			76
Sobrecalentador	mm	32 / 45	32 / 39		35	45	42	38			45
Calent. de aire	mm	40	40		No		40	No			40
Economizador	mm	32			No	32 / 38 *	32	No			32
Temp. salid. gases	°C	180 – 200	199-207	250-280	330 – 360	260 – 310		200 – 220			

Características de los Generadores de Vapor usados en Cuba

Consumos propios	kW	≈ 250	≈ 300		≈ 20	≈ 60	≈ 135	≈ 11-17			
T acero / t vapor	-	5,4	6,68	4,9		3,92	2,44	4,16	4,0	3,7	
t refrec / t vapor	-	5,7	5,08	3,62		8,6	8,6			11,1	
Superfic. caldera	m ²	954	778		651	802	665	708	1 006	1 453	
m ³ agua / t vapor	-	0,96	0,85	0,71		1,2	1,12			1,29	
T vapor / t combus.	-	2,2	2,2	2,24	2,0	2,1		2,4			
Alto	m	11,16		15,0				9,84			15,6
Ancho	m	8,80		7,2				4,94			7,2
Profundidad	m	10,95		10,65				8,58			11,50

CONCLUSIONES PARCIALES

1. Las metodologías de estudio de impacto ambiental para plantas en localizaciones específicas parecen ser la herramienta más idónea para utilizar en la investigación que nos ocupa, basado en su carácter interdisciplinario, su actualidad y su soporte metodológico y legislativo en correspondencia con las tendencias internacionales y para las condiciones de Cuba.
2. Los fenómenos de contaminación atmosférica producto de los procesos de combustión a partir de combustibles fósiles han sido ampliamente estudiados en todo el mundo a partir de su incidencia en fenómenos locales, nacionales y globales, sin embargo siendo la combustión de biomasa una medida para mitigar tales efectos, la contaminación atmosférica que esta puede producir aún no ha sido estudiada a profundidad.
3. Existen en Cuba con la diversificación de la industria azucarera potencialidades para la implementación eficiente del uso de la biomasa cañera como combustible renovable en la generación de energía, siendo necesario la realización de estudios ambientales que caractericen la contaminación atmosférica de este combustible, valoren los efectos de este sobre la calidad de vida y se propongan medidas de mitigación.

CAPITULO II

Para la realización de este trabajo se utilizaron diferentes materiales y métodos que permitieron dar cumplimiento a los objetivos trazados. En función de ello se desarrolló el trabajo siguiendo las recomendaciones para un estudio de impacto ambiental: definición de los objetivos y alcance del estudio, análisis técnico y ambiental de la instalación, caracterización del entorno que rodea a la instalación, Identificación de las acciones de la instalación que producen impactos y elementos susceptibles a cambios, opinión pública de personas naturales jurídicas posibles afectadas, Identificación, valoración y predicción de los impactos, valoración y comparación de alternativas, propuestas de medidas preventivas y correctoras y el plan de vigilancia ambiental.

Descripción de las etapas del estudio del impacto ambiental para el caso de estudio Empresa Azucarera “Melanio Hernández” en cuanto a contaminación atmosférica se refiere.

1. **Definición de los objetivos y alcance del estudio:** para ello se tomaron como antecedentes los proyectos realizados en el Centro de Estudio de Energía y proceso Industriales (CEEPI) del Centro Universitario José Martí Pérez , en función del desarrollo de alternativas de generación de energía a partir de fuentes renovales de energía específicamente a partir de biomasa cañera, quedando como limitación de estos la determinación del impacto atmosférico que produce el bagazo sobre el poblado de Tuinucú Por lo tanto el alcance de este trabajo es solamente **el estudio de la contaminación atmosférica de la biomasa cañera de la Empresa Azucarera “Melanio Hernández” y su efecto sobre la calidad de vida en la localidad de Tuinucú.**
2. **Análisis técnico y ambiental de la instalación:** para este análisis se realizó un diagnóstico de la instalación con un campo de acción limitado pues sólo se refiere a las calderas en las que se combustiona el bagazo, para ello se tuvieron en cuenta los aspectos siguientes:

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Tipo de caldera
 - Marca
 - Año de fabricación
 - País
 - Tipo de combustible
 - Sistema de tiro
 - Horas de trabajo al año
 - Tipo de horno
 - Tipo de quemadores
 - Superficies de calentamiento
3. **Caracterización del entorno que rodea a la instalación:** para este se tomaron en cuenta los elementos que a continuación se refieren:
- Elementos etnológicos e históricos del territorio. Para este aspecto se realizó el análisis de documentos históricos en el archivo provincial, posteriormente se corroboraron con los datos brindados por el historiador de la comunidad.
 - Constitución geológica y suelos. Se visitó la Dirección Provincial de Suelos y fertilizantes, y en previa coordinación con especialistas de esta institución y apoyándonos en los mapas catastrales existentes de la provincia, y en particular del poblado de Tuinucú se confeccionó este aspecto que posteriormente se validó en una práctica en el campo.
 - Relieve. El procedimiento realizado fue similar al anterior.
 - Hidrología. Se trabajó de conjunto con compañeros de Recursos Hidráulicos, en la caracterización de la hidrología de la zona, basándonos en información histórica existente y visitas a la zona para corroborar los datos obtenidos.
 - Clima. Esta información se tomó de los datos históricos de la estación de Sancti Spíritus, perteneciente al Centro Metereológico Provincial, donde se analizaron los principales indicadores metereológicos de la zona, dicho centro se encuentra a tres km de Tuinucú por lo que esos datos pueden considerarse representativos para esa zona.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Paisaje. Se realizó la búsqueda en archivo de diferentes materiales de la zona de Tuinucú que aportaran información referente a las características de esta, se priorizaron los mapas de relieve, vegetación, clima y recursos naturales. Posteriormente se aplicó el método de superposición geográfica empleando fotos aéreas de la zona (material de archivo) Este método consiste en superponer las fotos aéreas sobre los mapas y realizar un análisis de las características de la vegetación y sobre su estudio se determinó la fauna que debió existir en esa zona.
 - Atmósfera. Este se realizó a través de la observación, medición y la valoración de criterios de los especialistas del Centro Meteorológico Provincial y del Centro de Contaminación Atmosférica y Química del Aire Nacional pero que por su importancia en este trabajo se hace un aparte para profundizar en su estudio.
 - *Actividad económica. Esta se desarrolló teniendo en cuenta criterios de las autoridades locales y provinciales, así como datos de la Oficina de Estadística Territorial.*
 - Fondo habitacional y arquitectónico del poblado. Se realizó utilizando criterio de la Dirección Municipal de la Vivienda y la Dirección Provincial de Planificación Física, así como utilizando el método de observación.
 - Residuales. Para este elemento se analizaron datos de la dirección Provincial de Salud y criterios de los compañeros de la Unidad de Medio Ambiente del CITMA, así como trabajos realizados por el Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales (CEEPI) perteneciente al Centro Universitario de Sancti Spíritus.
 - Sanidad vegetal. Se realizó basado en información brindada por la Dirección de la Agricultura perteneciente a la Empresa Azucarera "Melanio Hernández".
 - Atención primaria y médica de la salud. Dato brindados por la Dirección Provincial de Salud.
- 4. Identificación de las acciones de la instalación que producen impactos y elementos susceptibles a cambios:** esta información se asume de los antecedentes de los proyectos realizados por el CEEPI que como ya se explicó en el alcance del estudio y en el análisis técnico ambiental se refiere solamente a la

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

combustión del bagazo y su incidencia en la localidad de Tuinucú. Por lo que en los resultados esto se aborda en las etapas antes referidas.

- 5. Opinión pública de personas naturales jurídicas posibles afectadas:** para ello se aplicó una encuesta a la población con el objetivo de obtener información sobre la afectación que la contaminación atmosférica ejerce sobre la calidad de vida de la población y en el aspecto número 6 establecer la posible correlación entre la contaminación atmosférica, las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y el ASMA en el Consejo Popular Tuinucú, esta fue aplicada durante 5 años a todos los asmáticos de la comunidad, además de seleccionarse el 20% como muestra de una población de 4568 habitantes. Este 20% se escogió con cifras equitativas para cada área de salud, Consultorios Médico de la Familia (CMF), los cuales se distribuyen en los 4 puntos cardinales que fueron analizados con el captador de volumen modelo CPV-8D/A.

La encuesta aplicadas a la población, (Anexo 7) fue diseñada de conjunto con especialistas del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, la que estuvo formada por tres secciones, las dos primeras fueron aplicadas al total de la muestra, las que aportaron información sobre la edad, el sexo, la ocupación, la presencia o no de enfermedades respiratorias, los meses en que ocurrieron, la duración y si acudieron o no al médico. La tercera sección se le aplicó a todos los asmáticos de los consultorios médicos de la familia y esta aportó los datos relacionados con la presencia o no de crisis de asma bronquial, los meses en que ocurrieron, la duración, si asistieron al médico y si fueron hospitalizados o no.

Adicionalmente es aplica el método de criterio de experto con el objetivo de validar la veracidad de la información obtenida de las encuestas, en función de esto se seleccionaron 15 especialistas, que previamente fueron valorados para ver si cumplían con los requisitos, teniendo en cuenta los criterios que se muestran en el (Anexo 8), de ellos se seleccionaron 11, a los que se le aplicó la encuesta a expertos (Anexo 9) que permitía conocer cual era su valoración de si la contaminación atmosférica influía o no en

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

las enfermedades respiratorias (IRA y ASMA) y la probabilidad de que estas enfermedades estuvieran relacionadas con la contaminación atmosférica en el poblado de Tuinucú.

6. Identificación, valoración y predicción de los impactos: para esto se tomaron en consideración los resultados de las encuestas, la caracterización de emisiones gaseosas y de partículas sólidas, las mediciones de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos y la modelación de la dispersión de estos. Se realiza además la correlación entre las infecciones respiratorias agudas, el Asma como índices que afectan la calidad de vida de la población y la contaminación atmosférica así como el procedimiento para el cálculo de los costos externos asociadas a estas. A continuación se describe el procedimiento para la caracterización, las mediciones y la modelación.

- **Caracterización de las emisiones gaseosas y de partículas sólidas:**

La caracterización constó de dos etapas, en la primera se realizó un estudio teórico de las emisiones que pudiera provocar la Empresa Azucarera “Melanio Hernández”, en este caso se considera como una Central Térmica (CT) durante la generación de electricidad todo el año a partir de biomasa cañera y se compara con los resultados obtenidos por Cuba Energía en un estudio similar realizado en la Central Termoeléctrica del Mariel (CTE) que combustiona fuel oil para la generación de electricidad. Esta comparación permite determinar las ventajas y desventajas medio ambientales de la utilización de combustibles renovables con respecto a los fósiles generando la misma cantidad de energía eléctrica y una segunda etapa donde se realiza un monitoreo de la concentración de las emisiones actuales de las CT y su dispersión en la localidad de Tuinucú.

Para el desarrollo de la primera etapa se utilizó el software DECADES que permite obtener factores de emisión para la generación, además se utilizó las bases de datos de

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

la Environment Pollution Agency (EPA) con el objetivo de obtener otros factores de emisión asociados a las emisiones fugitivas del cultivo de la caña y las originadas durante la extracción, transporte y procesamiento del crudo. Para las emisiones del N₂O de las plantaciones cañeras se utilizó un procedimiento establecido por el Inventario para los Cambios Climáticos (IPCC).

Para el estudio de las emisiones por la combustión de biomasa de la CT fue necesario recopilar datos sobre los combustibles a utilizar ya sea petróleo o biomasa cañera (Anexo 10) y luego con la colaboración del personal del Centro de Investigaciones de Energía Nuclear CIEN se obtuvo, mediante DECADES, la mayoría de los factores de emisión en gramos del gas emitido / kg de biomasa (gr / kg de biomasa) con excepción de los óxidos de nitrógeno (NO_x) que se obtuvo de la EPA en (gr / kg de vapor generado) y a partir de los mismos se calcularon las cantidades de gases emitidos durante la generación de vapor y para cada una de las etapas de generación a partir de biomasa durante todo el año.

Estas etapas constan de cuatro períodos:

1. Una zafra azucarera donde se obtienen como productos finales azúcar y electricidad con una duración de 150 días.
2. La CT continúa su producción de electricidad durante la zafra azucarera por unos 50 días.
3. Se mantiene la generación eléctrica a partir de los residuos agrícolas cañeros (RAC) por unos 62 días.
4. se procesa una variedad de caña con alto contenido de bagazo por 68 días y se obtiene como producto final electricidad y alcohol.

Como se está estudiando la cadena de transportación de la CT en su totalidad, se buscó en la data GEMIS, los factores de emisión de cada uno de los medios de transporte utilizados en la zafra, pero al estar dados en gramos de gases emitidos por

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

las toneladas kilómetros recorridos ($gr / T \cdot km$ recorridos), se tuvo que calcular las $T \cdot km$ para las condiciones de la CT.

Con el fin de llegar a este valor para camiones, trenes y tractores se consultaron los informes de fin de zafra del año 2000, hojas de tráfico de locomotoras y camiones y de esta forma se encontraron todos los datos necesarios y se procedió al cálculo.

Con los viajes al día, multiplicado por el número promedio de trailes y por la caña promedio que mueve cada traile se calculó la cantidad de caña que transporta cada vehículo por separado en un día. Al multiplicar por los kilómetros que recorre como promedio en un viaje se obtuvieron las $T \cdot km / d$ para la zafra 2000. Este valor es necesario multiplicarlo por la cantidad de días de cosechas y transportación de la caña y de esta forma obtener las $T \cdot km$ totales para este tipo de vehículo.

Para esto se dividió este valor entre la molida teórica del año anterior que fue de 4600 toneladas / día y se obtuvo un índice, en el que se asume que para la nueva zafra deberá existir un incremento proporcional en cuanto a los medios que transportan la caña, y multiplicando este índice por la nueva molida se llega a las toneladas kilómetros / día ($T \cdot km/d$). Para las cuatro etapas de generación de electricidad se asume que se transportará caña durante 212 días al año por lo que las $T \cdot km$ totales de cada vehículo se obtendrían de multiplicar los días por las $T \cdot km/d$ de cada uno de los medios de transporte.

El combustible gastado, combinadas y alzadoras fue estimado a partir de índices de consumo por cantidad de caña cortada o alzada tomado de los documentos del taller " La compleja " (Anexo 11), estos valores dividido por los 112 días de duración de la zafra del 2000 proporciona los litros/ días (L / d), para esta se divide este último valor por la molida de 4600 t / d se puede hacer un estimado para las cuatro etapas de generación de electricidad, de la misma forma que para los medios de transporte anteriores, obteniéndose las $T \cdot km$. recorridos por alzadoras y combinadas.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

De esta forma se obtiene las T* km. para cada uno de los medios de transporte utilizados y se calcula los gramos de gases emitidos por la cadena de transportación los que al sumarlos con las emisiones por generación y por cultivos totaliza las emisiones de la CT.

La comparación entre la CT y la CTE se realizó sobre el criterio de contaminantes atmosféricos y los datos para esta de la CTE fueron aportados por Cuba Energía en un estudio teórico que realizaron para esta planta.

- **Mediciones de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos**

Para realizar las mediciones de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos se instaló un sistema de monitoreo de gases, teniendo siempre en cuenta la dirección de los vientos predominantes para lograr así captar una mayor cantidad de emisiones. Las mediciones fueron realizadas en la comunidad de Tuinucu, durante 5 años, por el captador de volumen modelo CPV-8D/A (Anexo 12), destinado a la recogida de muestras de SO₂ y humos con una capacidad para 8 muestras, lo que lo permitió colocarlo en estaciones de muestreo alejadas del laboratorio ya que permite la recogida de muestras una vez cada 8 días con evidente ahorro de personal y de desplazamiento.

Los métodos analíticos utilizados para determinar gases y partículas sólidas son los que se describen a continuación.

Determinación de partículas sólidas.

Fundamento:

El método se basa en la variación de peso que experimenta el filtro donde se han depositado las partículas en suspensión presentes en el aire. Para ello, se hace circular el aire a través de un cabezal selectivo, pasando luego a través del filtro donde se depositan las partículas. El cabezal es el que determina el tamaño del material particulado que

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

pasará al filtro: las partículas con un diámetro aerodinámico inferior al de corte del cabezal serán las que quedarán retenidas.

Instrumentación:

Balanza analítica con una precisión de hasta décima de miligramo (0.1 miligramo) y adaptada a la geometría del filtro. Deberá estar situada en un recinto a temperatura constante (entre 15 y 30 °C + 3 grado de variabilidad) y a una humedad relativa también constante (entre un 20 y 45 % con + 5% de variabilidad).

Material de laboratorio:

- ❖ Filtro de fibra de vidrio de 20.3 cm * 25.4 cm
- ❖ Desecador con un material desecante

Procedimiento:

Previo al muestreo, el filtro es coloca en un desecador durante 24h. Realizada esta operación se traslada el filtro hasta el lugar del muestreo y se coloca en el portafiltros del captador.

Transcurrido el tiempo para el que se programó la recogida de muestras, en este caso cada 8 días, se desconecta el captador y se retiran los filtros, con la precaución de no alterar la superficie donde se han recogido las partículas. Se doblan longitudinalmente, se introducen en un sobre y se trasladan al laboratorio.

Previamente a la pesada, los filtros se estabilizan durante 24 horas en un desecador. Transcurrido este tiempo, se pesan hasta alcanzar un peso constante. La cantidad de partículas se obtiene por la diferencia entre los pesos finales y los pesos iniciales de los filtros.

Cálculos:

Los resultados serán expresados en microgramos de partículas en suspensión por metro cúbico de aire referido a un período de 24 horas.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

$$C = \frac{(P_r - P_i) * 10^3}{V}$$

Donde:

P_r: peso del filtro después del muestreo, expresado en miligramos

P_i: peso del filtro antes del muestreo, expresado en miligramos

V: volumen de aire muestreado, expresado en metros cúbicos

Observaciones:

Es importante para la precisión de la medida que los filtros no experimenten variaciones de humedad que alterarían la pesada. Es por ello que se recomiendan las mínimas variaciones de presión y temperaturas en el momento de la pesada.

Se definen otras interferencias del método como son la pérdida de compuestos volátiles: la formación de compuestos debido a la naturaleza alcalina de los filtros y a la presencia en el aire de gases ácidos susceptibles de ser oxidados la acumulación por efecto del viento y durante períodos en que no está operativo el captador de material particulado que no ha sido muestreado, etc.

El cuidado en la manipulación de los filtros es importante durante el proceso a fin de evitar errores en la pesada.

Determinación de dióxido de azufre en aire:

Fundamento.

El dióxido de azufre presente en el aire burbujea a través de una disolución de peróxido de hidrógeno donde se oxida y queda retenido como ácido sulfúrico. Esta oxidación es muy rápida. La formación de este ácido sulfúrico origina un aumento de acidez en la disolución captada que se determina por volumetría. A partir del valor obtenido se calcula la concentración de óxido de azufre presente en el aire.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Material.

Beaker de vidrio necesario para preparar las distintas disoluciones. Todo material debe estar correctamente tratado para evitar cualquier tipo de contaminación.

Reactivos:

1. Indicador ácido-base: BDH (mezcla comercializada de bromocreasol y rojo metilo con el punto de viraje a 4,5).

La variación de color es:

pH	Color
< 4,5	rosado
4,5	gris
> 4,5	azul

2. Disolución de carbonato sódico 0,01 N:

Preparación: se disuelven 0,530 g de carbonato sódico anhidro en 300 ml de agua destilada. Se agita y se enrasa a 1000 ml con agua destilada.

3. Disolución de ácido clorhídrico 0,1 N:

Preparación: se disuelven 8,3 ml de ácido clorhídrico concentrado $d=1,19$ (37%) en varios mililitros de agua destilada. Se agita y se enrasa a 1000 ml con agua destilada.

4. Disolución de ácido clorhídrico 0,01 N:

Preparación: se disuelven 100 ml de la disolución anterior (3) de ácido clorhídrico 0,1 N en agua destilada. Se agita y se enrasa a 1000 ml con agua destilada.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

5. Disolución captadora de peróxido de hidrógeno:

Preparación: se añade 10 ml de peróxido de hidrógeno al 30% en un matraz aforado de 1000 ml. Se enrasa con agua destilada. El pH de esta disolución debe ser de 4,5.

Para comprobar el pH se procede de la siguiente manera se toman 100 ml de esta disolución y se le añaden 4 gotas de indicador (1) Pueden darse 3 casos:

1. Color gris claro: el pH es el correcto.
2. Color rosado: en este caso el pH de la disolución es ácido. Se le añade, gota a gota y mediante una bureta, disolución de carbonato sódico 0,01 N hasta viraje estable del indicador a gris claro. Se miden los litros que han sido necesarios para ajustar el pH de los 1000 ml de disolución y se añade la cantidad correspondiente a los 900 ml restantes de disolución.
3. Color azul: en este caso el pH de la disolución es básico. Se lo añade gota a gota y mediante una bureta disolución de HCL 0,01 N hasta viraje estable del indicador a gris claro. Se miden los litros que han sido necesarios para ajustar el pH de los 100 ml de disolución y se añade la cantidad correspondiente a los 900 ml restantes de disolución.

La solución captadora de peróxido de hidrógeno se conservará en la nevera y protegida de la luz. Su caducidad es de 15 días.

Procedimiento.

En cada captación se dispondrá como mínimo de un blanco. Este sirve para determinar las posibles alteraciones que experimenta la disolución captadora debida a la luz y a la temperatura. El blanco consiste en una disolución con las mismas características que las de muestra pero con la diferencia no muestrea aire en la zona de estudio.

Tanto el blanco como el muestreo se realizarán en 100 ml de disolución captadora durante un período de 24 horas.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Análisis del blanco:

Se añaden 4 gotas del indicador fresco que contiene la disolución utilizada como blanco para observar si se ha producido una variación de pH. En el caso de que así sea se añaden unas gotas de carbonato sódico 0,01 N o de ácido clorhídrico 0,01 N según sea necesario para ajustar el pH a 4.5.

La misma cantidad de ácido clorhídrico 0,01 N de carbonato sódico 0,01 N que se hace necesario añadir al blanco se añadirán también a la disolución que haya muestreado aire para que así quede ajustado el pH y pueda realizarse la volumetría

Análisis de la muestra:

Una vez ajustado el pH tal y como se explica en el apartado anterior se traslada a un vaso de precipitados. Se le añaden unas gotas al indicador y se valora el ácido sulfúrico formado a partir del dióxido de azufre del aire mediante una disolución de carbonato sódico 0,01 N. La valoración habrá acabado cuando la disolución alcance de manera estable el color gris.

Si el volumen no fuera exactamente de 100 ml. La valoración se realiza con el volumen de muestra disponible.

Cálculos:

$$\text{Concentración SO}_2 = \frac{321 * V_s}{V_A}$$

Donde: V_s : son los mililitros consumidos de la disolución de carbonato sódico 0,01 N.

V_A : volumen de aire muestreado en m^3 .

Se obtiene la concentración de dióxido de azufre en $\mu g/m^3$.

La precisión del método es de $\pm 10\%$ para concentraciones superiores a $100 \mu g/m^3$ para concentraciones menores disminuye.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Interferencias.

Este método posibilita realizar una valoración de la acidez total, por tanto no es específico para el dióxido de azufre. Por tanto, pueden darse interferencias debidas a la presencia de ácido, que darían valores de SO₂ por exceso, la presencia de bases en la disolución de muestreo podría originar la reacción del ácido sulfúrico obtenido, y por tanto no reacciona con la solución de valoración, dando valores de SO₂ por defecto.

La interferencia más habitual es la presencia de amoníaco. El ácido sulfúrico formado en la disolución de muestreo reacciona con el amoníaco formando sulfato amónico, dando, por tanto, resultados inferiores de SO₂. Para eliminar esta interferencia se toma una alícuota de la disolución – muestra y se valora el sulfato amónico (método Nessler o del fenolato sódico). El contenido de amoníaco así obtenido y expresado en µg/m³, se multiplica por el factor 188 y el resultado se suma al valor de dióxido de azufre obtenido en la volumetría con peróxido de hidrógeno. Este procedimiento es válido siempre que la disolución-muestra (por donde ha circulado el aire a analizar) no tenga un pH básico. En este caso la concentración de amoníaco sería superior a la de SO₂ y por tanto el ácido sulfúrico formado a partir del dióxido de azufre se ha transformado en sulfato amónico. En este caso la determinación de SO₂ se realizará mediante el método de la toma.

Observaciones:

Este método permite la determinación del sulfato formado a partir de SO₂ del aire mediante cualquier otro método que permita la detección del sulfato en agua.

Antes de llegar a la disolución donde quedará retenido el SO₂ las partículas presentes en aire deberán ser retenidas mediante un filtro, ya que podrían presentarse interferencias de sulfatos en el material particulado.

- Modelación de las emisiones

Para realizar el análisis de las emisiones se utilizaron las siguientes tablas y la rosa de los vientos en 16 rumbos.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Características	Caldera PQS	Caldera Villa Clara	Caldera Evelma	Caldera Killer
Chimenea	1	1	2	2
Capacidad (ton./h)	55	32	25	30
Presión barométrica (psi)	250	250	250	250
Altura de chimenea (m)	66	66	66	66
Diámetro interior (m)	3.65	3.65	3.65	3.65
Flujo volumétrico de gases (m ³ /h)	265000	165000	75000	75000
Velocidad de salida (m/seg.)	11.38		11.38	
Temperatura de los gases (°C)	220		220	
Emisión de NOx (g/seg)	10.23		9.63	
Emisión de PTS (g/seg)	65.15		31.24	

Tabla:

Factores de emisiones estimadas para las fuentes (chimeneas, calderas) y datos tecnológicos de interés del Central Azucarero “Melanio Hernández”

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Tabla: Factores de emisiones estimados para las fuentes (calderas) y datos tecnológicos de interés de la Destilería “Paraíso”

Características	Chimenea
En tiempo de zafra se utiliza el vapor desde el central, en no zafra emplea fuel oil	Evacuación de gases de la caldera
Capacidad (ton./h)	10
Altura de chimenea (m)	20
Diámetro interior (m)	1.37
Flujo volumétrico de gases (m ³ /h)	8287
Velocidad de salida (m/seg.)	1.56
Temperatura de los gases (°C)	260
Emisión de NOx (g/seg)	10.20
Emisión de SOx (g/seg)	135.18
Emisión de CO(g/seg)	28.63
Emisión de PTS (g/seg)	74.5

Incluir la Destilería permitió esclarecer algunos sobre los contaminates que se exponen en los resultados.

El procedimiento para el estudio de modelación fue el siguiente:

a) Aproximación de las fuentes expulsoras como puntuales, continuas, y estacionarias de intensidad constante en el período de tiempo considerado (20 minutos).

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- b) Modelación de la dispersión de contaminantes desde esas fuentes utilizando modelos matemáticos teórico - experimentales.
- c) Estimación de las concentraciones en puntos receptores específicos ubicados en el centro de las celdas de la rejilla.
- d) Construcción de isopleas de las concentraciones calculadas para cada contaminante basadas en las concentraciones de los puntos receptores.
- e) Comparación de las concentraciones calculadas con las normas de calidad del aire. Estimación de impactos potenciales.

Se utilizó el modelo de dispersión de contaminantes que están contenidos en el software **DISPER** Versión 1.0 (Collazo y López, 1994), que ha sido utilizado con éxito en otros trabajos de evaluación de la calidad del aire. Para la representación del cálculo de la dispersión de los contaminantes a través de mapas se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), SPRING (INPE, 1998), el cual reúne los requerimientos para la realización de este trabajo.

La dispersión atmosférica es un método de control que tiene numerosas ventajas, especialmente para procesos industriales, los cuales pueden ser variados tomando en cuenta periodos favorables cuando las condiciones de dispersión son tan buenas que los contaminantes puedan distribuirse o tan desfavorables que se puedan conocer las concentraciones máximas que puedan afectar la zona en estudio.

El modelo utilizado es el establecido por la Norma Cubana de Calidad del Aire (NC 39: 1999), cuya formulación principal es la siguiente:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \quad [\text{mg/m}^3]$$

C_m = Es el valor máximo probable de la concentración de un contaminante expulsado a la atmósfera.

A = Constante de estratificación térmica atmosférica que define las condiciones de

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

difusión de los contaminantes del aire.

M = Flujo máximo de la sustancia contaminante expulsada al aire.

F = Coeficiente de precipitación de la sustancia contaminante en el aire.

M y n = Coeficientes de condiciones de emisión a la atmósfera de la mezcla de gases y aire.

H = Altura de la chimenea sobre el nivel del suelo.

ΔT = Diferencia de temperatura entre la mezcla de los gases y aire.

V = Caudal total de la mezcla de gases y aire.

La concentración máxima como resultado de esta ecuación es originada bajo condiciones meteorológicas desfavorables y para condiciones de terreno uniforme y planos. Se utilizó la rosa de los vientos de la estación Meteorológica de Sancti Spíritus que es representativa de la zona de estudio para representar la dispersión de los contaminantes por cada rumbo de viento. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el rumbo predominante en este caso el WNW

- **Determinación de la correlación entre las emisiones y las enfermedades respiratorias**

Muchos de los trabajos de investigación que se realizan en las diferentes disciplinas de las ciencias médicas y de la salud, centran su atención en la determinación de la relación existente entre dos variables. Por ejemplo, es posible que se desee conocer cómo varía en el laboratorio la respuesta de un animal a un fármaco a medida que varía la dosis; o cuál es la relación que existe entre la presión sanguínea y la edad; o si existe una relación entre dos determinaciones fisiológicas y bioquímicas obtenidas en los mismos pacientes; o a nivel comunitario, cuál es la relación existente entre los diversos índices de salud y el nivel disponible de la asistencia sanitaria. Muchos otros ejemplos servirían para ilustrar problemas comunes para investigadores que trabajan en este campo.

Partiendo de este análisis se utilizó el paquete estadístico que brinda Excel en Windows 98, para realizar una correlación lineal entre las IRA y ASMA con las emisiones de los contaminantes atmosféricos que se habían medido en la zona. Además se utilizó el

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

paquete estadístico SPSS y dentro de el las prueba no paramétrica de Mann Whitney con el objetivo comparar las variables de zafra o periodo de molida y no zafra o periodo de no molida para determinar si existe diferencias significativas en cuanto a la morbilidad de las IRA.

Para la interpretación de estos resultados, se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

De 0 - 0.25: Se considera la relación escasa o nula.

0.26 - 0.50: Relación débil.

0.51 - 0.75: Relación entre moderada y fuerte.

0.76 - 1.00: Relación entre fuerte y perfecta.

- **Determinación del efecto económico o de los costos externos asociados a la contaminación atmosférica**

Para estimar el efecto económico de la contaminación atmosférica sobre la salud humana, se utilizaron los métodos planteados en el capítulo anterior, teniendo en cuenta las características de nuestra economía. Determinando así los costos de salud, considerados como elementos importantes del efecto económico y social de la contaminación atmosférica, la afectación que se produce a las empresas causadas por ausencias de los trabajadores que se enferman y la determinación de los gastos que provocan las enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica, ya sea en medicamentos, visitas a especialistas, ingresos hospitalarios y tratamientos.

Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

Gastos asumidos por el Presupuesto del Estado en un año. Se incluyen en este aspecto, todos los gastos en que incurre el Estado debido al efecto de la contaminación

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

atmosférica sobre la salud humana, dado en los servicios de salud y otros gastos de control epidemiológico, los gastos a determinar son:

- Gastos de servicios de salud: incluye gastos hospitalarios, gastos por asistencia a cuerpo de guardia y gastos por asistencia médica.

los gastos hospitalarios se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$G_{HT} = M \times E \times G_d \times D_h$$

Donde:

G_{HT} = Gastos Hospitalarios Totales (\$/año)

M= Morbilidad (U)

E= Porcentaje de enfermos hospitalizados (%)

G_d = Gastos Hospitalarios diarios (\$/día)

D_h = Promedio de días hospitalizados años (día/año)

Simbología:

X = signo de multiplicación

\$ = símbolo de pesos

Para calcular los gastos por asistencia a cuerpo de guardia se empleó la siguiente ecuación:

$$G_{Acg} = M \times E \times G_{CP}$$

Donde:

G_{Acg} = Gastos por asistencia Cuerpo de Guardia (\$/año)

M= Morbilidad (U)

E= Porcentaje de enfermos hospitalizados (%)

G_{CP} = Gastos Cuerpo de Guardia (\$/día)

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Para calcular Gastos por Asistencia Médica en el Consultorio Médico de la Familia (CMF), se realizó a partir de la siguiente ecuación

$$G_{CMF} = M \times E_{CMF} \times S_{MD}$$

Donde:

G_{CMF} = Gastos por Asistencia Médica en el Consultorio Médico de la Familia (\$/año)

M = Morbilidad (U)

E_{CMF} = Porcentaje de trabajadores que refieren haber asistido al médico/el número de pacientes asistido por día (%)

S_{MD} = Salario Medio diario del Médico de la Familia (\$/día)

Gastos asumidos por las empresas. Estos gastos se determinan a partir de los estimados de afectación a la producción del territorio, considerando la población en edad laboral que se enferma como consecuencia de la contaminación ambiental y además las madres que trabajan y deben de cuidar de sus hijos, en correspondencia con la productividad del trabajo existente. Los gastos a determinar son:

- Gastos por afectación por certificado.

$$G_C = M \times I_T \times E \times P \times A$$

G_C = Gastos por certificado (\$/año)

M = Morbilidad (U)

I_T = Índice de Trabajadores (%)

E = Porcentaje de enfermos que refieren tener crisis por más de 48 horas

P = Productividad/días (\$/día)

A = Días ausentes al trabajo/año (\$/año)

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

- Gastos por la afectación que produce que las madres dejen de trabajar por cuidar a sus hijos.

$$G_{AM}=M \times N \times E \times P \times A$$

G_{AM} = Gastos por afectación de madres que tienen que cuidar a sus hijos (\$/año)

M= Morbilidad (U)

N= Porcentaje de niños (%)

E= Porcentaje de enfermos que refieren tener crisis por más de 48 horas (%)

P= Productividad/días (\$/día)

A= Días ausentes al trabajo/año (\$/año)

Gastos de las familias. En este caso se incluyen todos los gastos en que incurre la población afectada por el daño ambiental, es decir, la compra de medicamentos para el tratamiento de las enfermedades, así como las pérdidas de ingreso por afectación laboral.

- Costos de tratamiento.

$$G_S= M \times I_T \times E \times S_M \times A$$

G_S = Gastos por afectación de salario (\$/Año)

M= Morbilidad (U)

E= Porcentaje de enfermos (%)

S_M = Salario medio \$/ días

A= Días dejados de trabajar (\$/ Año)

- Pérdidas de Ingreso de las familias. Esta incluye gastos por afectación de madres que tienen que dejar de trabajar por cuidar a sus hijos y gastos por medicamentos.

Gastos por afectación de madres que tienen que dejar de trabajar por cuidar a sus hijos

$$G_{AM}=M \times N \times I_T \times S_M \times A$$

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

G_{AM} = Gastos por afectación de madres que tienen que cuidar a sus hijos (\$/año)

M= Morbilidad (U)

N= Porcentaje de niños (%)

I_T = Índice de Trabajadores (%)

S_M = Salario medio \$/ días

A= Días ausentes al trabajo/año (\$/año)

Gastos por medicamentos

$G_M = N_c \times C_M \times M_{\text{eses}}$

G_M = Gastos por medicamentos (\$/Año)

N_c = Número de enfermos (U)

C_M = Costo de los medicamentos que es consumen mensualmente

M_{eses} = Los 12 meses del año

Estos gastos se determinaron teniendo en cuenta los efectos sobre la salud producto de la contaminación atmosférica, la cual tiene incidencia en enfermedades, como Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y las Crisis de Asma Bronquial (ASMA), que están presentes en el territorio analizado.

Para ello se utilizaron datos como, tasas de morbilidad de enfermedades respiratorias, que fueron brindadas por las estadísticas del área de salud de Zaza del Medio perteneciente al municipio Taguasco, datos de productividad, salario medio y otros, brindados por el departamento de economía de la Empresa Azucarera Melanio Hernández, así como gastos Hospitalarios suministrados por los departamentos de contabilidad de los Hospitales Pediátrico Provincial y Clínico Quirúrgico. Se utilizaron además los datos de Índice de Ocupación del Municipio Taguasco de 98.49 % brindado por la Oficina Territorial de Estadística con cierre diciembre 2002.

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

Los costos de tratamiento se estimaron a partir de entrevistas a los médicos de familia y de hospitales, estableciéndose diferencias entre los tratamientos de adultos y niños

7. Valoración y comparación de alternativas: Se proponen alternativas de soluciones comunitarias e industriales. Para las industriales se convocó al personal técnico y de dirección de la Empresa Azucarera “Melanio Hernández”, a los que se le expuso el resultado de la investigación y en un trabajo grupal se identificaron los focos contaminantes y se dieron las propuestas de soluciones, entre ellas se encuentra el diseño de un depurador de gases (sistema ciclónico) que más adelante se describe su metodología de cálculo. Con relación a las alternativas comunitarias se involucraron a todos los sectores del Consejo Popular de Tuinucú con los que se procedió de igual forma a la descrita anteriormente y se conformaron las acciones a seguir en esta dirección

Propuestas de medidas preventivas y correctoras: Como propuesta de medida preventiva y correctora se propone un sistema ciclónico a partir de la metodología propuesta por Casal y Martínez Revista 1989 atendiendo a las siguientes variables de diseño:

- a) Caudal del gas a tratar: 430 000 m³/h
- b) Concentración de partículas a tratar: 4.04 g/m³
- c) Distribución granulométrica del sólido (bagazo)

Di medio (µm)	Fracción %
6000	1.3
3500	2.8
1500	27.2
750	36.6
300	18.3
55	13.8

- d) Eficacia requerida: según la norma cubana de 0.15 a 0.4 g/m³ (en nuestro país esta es la norma de emisiones en la industria del cemento, para la industria azucarera

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

no existe sin embargo en otros países productores de azúcar que combustionan el bagazo de la caña de azúcar tiene las siguientes normas de emisión establecida.) Por tanto por lo tanto se puede tomar una norma promedio como la australiana de 0.45.

Países	Norma de emisión g/ m ³
Australia	0.45
Hawai	0.87 – 1.0
Lusiana	0.54
Sudáfrica	0.4
United Kindom	0.35

Fuente. Air Quality in the Sugar Cane. Prociding 1991

8. **Plan de vigilancia ambiental:** para ello se tuvieron en cuenta los impactos a considerar, concentración de las, PTS, Nox ,SO₂, control estadístico de las IRA y del ASMA , control de la emisión y de la concentración de los contaminantes variando los parámetros de operación y mantenimiento. Seguimiento de las externalidades ambientales

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO II.

Una vez definido los alcances y limitaciones de nuestro estudio de impacto ambiental se escogieron las siguientes herramientas para su realización

Estudio del Impacto Ambiental del Uso de Bagazo como fuente de energía en los centrales azucareros. Estudio de Caso Melanio Hernández. .

1. El estudio del territorio puede ser utilizado como elemento de partida, para la evaluación de la problemática de la zona objeto de análisis.
2. Las encuestas como técnicas de investigación, tanto a expertos como a la población permite conocer la manifestación del problema. Mientras que el equipamiento y las técnicas de análisis pueden ser utilizadas para conocer la concentración de los contaminantes.
3. La correlación lineal constituye una técnica estadística muy útil para investigar la relación existente entre dos variables.
4. La caracterización de gases por el Captador de volumen es factible por la precisión de sus resultados y por la economía en cuanto a recursos humanos se trata.
5. El modelo de dispersión posibilita tener una visión rápida de una situación maximizada de contaminación atmosférica en función de la toma de decisiones para instrumentar medidas de mitigación.
6. El método de cálculo del sistema ciclónico, puede ser utilizado para el diseño de este tipo de elemento ampliamente utilizado en la industria de procesos químicos.
7. Los costos de salud puede ser utilizado para valorar los costos de morbilidad con relación a la contaminación, una vez determinado el grado de incidencia de la misma. Estos son considerados como elemento importante del efecto económico y social de la contaminación.

CAPITULO III

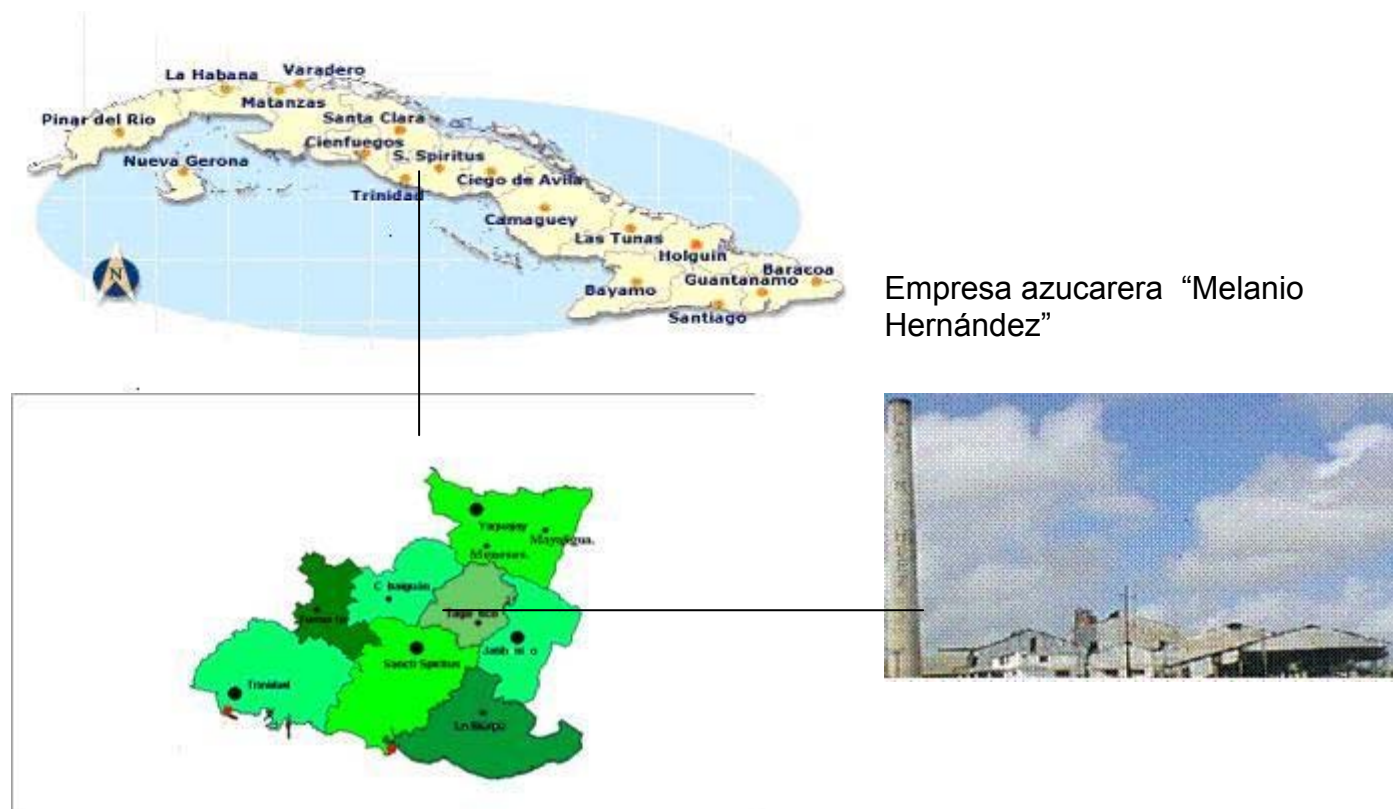
ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

En este capítulo se describen los principales resultados obtenidos en el estudio del impacto ambiental a continuación se analizan las de las etapas descritas en el Capítulo 2

1. *Definición de los objetivos y alcance del estudio:* **El estudio de la contaminación atmosférica de la biomasa cañera de la Empresa Azucarera “Melanio Hernández” y su efecto de la calidad de vida sobre la localidad de Tuinucú.**
2. *Análisis técnico y ambiental de la instalación*

La empresa azucarera “Melanio Hernández” se encuentra situada en el poblado de Tuinucú, municipio Taguasco, provincia de Sancti Spiritus, a unos 12 km de la capital provincial. Sus áreas cañeras se localizan al sur, norte y este del central en los municipios Taguasco y Sancti Spiritus. **Figura 3.1**

Figura 3.1 Mapa de Cuba y de la provincia de Sancti Spíritus



Provincia Sancti Spíritus

Municipios:

Cabaiguán - Fomento - Jatibonico - La Sierpe Sancti Spíritus -
Taguasco - Trinidad - Yaguajay

Conceptos		generales		
Extensión	superficial:	6	744	km2
Población	residente:	460	631	hab
Población	media:		459	704
Población	femenina:			49,1
Población	en edad laboral:		274	523
Índice	de urbanización:		69,7	%
Densidad de población: 68,3 hab/km2				

Características

Físico-geográficas:

Incluyendo los cayos tiene una extensión teral de 6 744,2 km2 por lo que ocupa el séptimo lugar en el país. Está situada en la región central; limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con el Mar Caribe, al este con la provincia de Ciego de Avila y hacia el oeste con Villa Clara y Cienfuegos. Tiene gran importancia

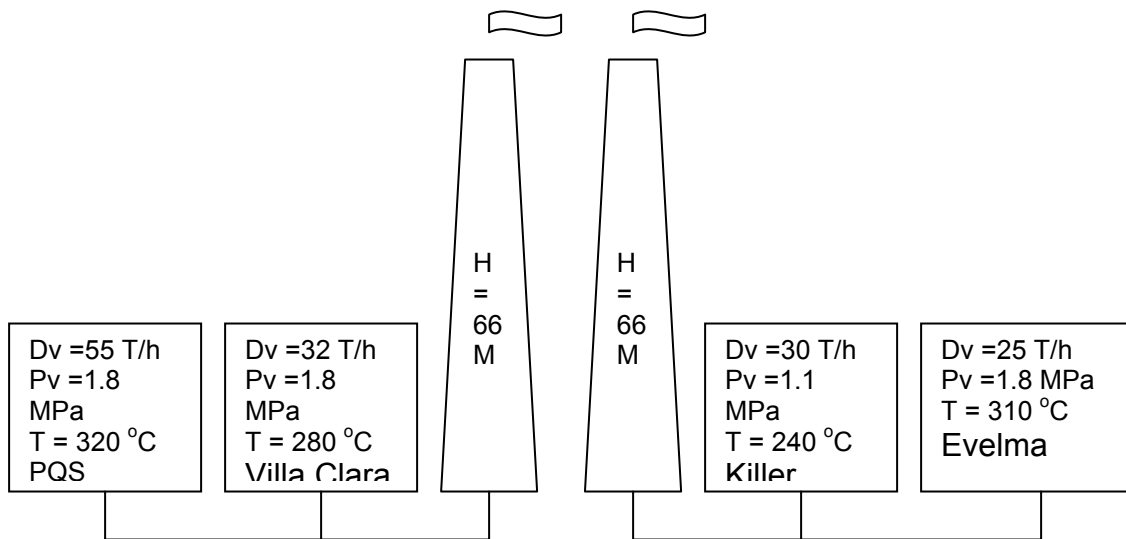
Sus vías de acceso son por carretera asfaltada desde la autopista por el acceso a la ciudad de Sancti Spíritus y desde la carretera central por la carretera Zaza del Medio a Sancti Spíritus.

La Empresa azucarera “Melanio Hernández” produce azúcar crudo, alcoholes y sus derivados. Posee una capacidad de molida de 400 000 arrobas diarias de norma potencial y una norma operacional del 80 % (320 000 @/d).

Una vez que la caña es transportada desde los campos es pesada y pasa por dos procesos: el primero es el llamado de manipulación y preparación de caña donde la planta se fragmenta en pedazos para contribuir a una mayor extracción de jugo en el proceso posterior, que es el de planta moledora o extracción de jugo donde ocurre la separación mecánica del jugo de caña y el bagazo, el jugo pasa al proceso de separación “ fragmentación de azúcar” ; y el bagazo que sale del último molino se eleva por un elevador de bagazo que es llevado a un conductor horizontal que generalmente se le

denomina rastrillo conductor de bagazo y se distribuye a los cuatro generadores de vapor existentes en el CAI “Melanio Hernández”. En la **figura 3.2** se muestra la distribución, las capacidades de producción de vapor de cada una de ellas, el tipo, la presión del vapor y la temperatura del vapor, así como la altura de la chimenea y como se distribuye los gases de salida de la combustión.

Figura 3.2 Generadores de vapor de la Empresa azucarera “Melanio Hernández”



Fuente: Estudio de los generadores de vapor realizados por el CEEPI 2003

Los hornos de combustión de los generadores de vapor Villa clara, Killer y Evelma son del de pila, específicamente para la combustión de la biomasa cañera se utilizan el Cook y el Ward, siendo estos los más difundidos en Cuba en los centrales azucareros. Estos hornos presentan desventajas para la combustión siendo las más significativas las siguientes:

- Baja eficiencia: debido a que el combustible se ubica en forma de pila cónica lo que trae como consecuencia que el oxígeno contenido en el aire no se pueda poner en contacto con la totalidad de este por lo que la combustión de la biomasa cañera se

hace ineficiente, presentándose una gran cantidad de inquemados que pueden ser emitidos a la atmósfera en forma de partículas sólida (PTS) y de gases.

- La situación anterior obliga al uso de altos coeficientes de exceso de aire, que hacen aumentar el flujo de la velocidad de salida de los gases, arrastrando mayor cantidad de PTS y disminuye la eficiencia de la caldera.
- La mecanización del proceso de extracción de las cenizas se ve muy afectada y prácticamente todos estos hornos tienen un sistema de limpieza manual, que resulta un trabajo extremadamente duro para los operarios.
- La presencia de una pila de combustible dentro del horno crea una gran capacitancia que demora la respuesta de la caldera ante las disminuciones de la demanda de vapor, limitando la automatización de la caldera.

Ante todas estas deficiencias de los hornos de pila se podría hacer la pregunta ¿ por qué se utilizan?. La respuesta a esta interrogante se encuentra en el desarrollo histórico de la industria azucarera cubana. A partir de que comenzó a utilizarse el bagazo como combustible, la inmensa mayoría de los centrales que tenían un buen balance energético, producían a partir de él todo el vapor necesario. Esta situación frenó el desarrollo de los hornos para quemar bagazo, pues no tenía sentido economizarlo, si tendría de todas formas que ser sacado del central como desecho, ya que en esa época no tenía otra utilización y los asentamientos humanos alrededor de las empresas azucareras eran muy pequeñas y las condiciones ambientales de estas localidades no presentaban los índices de contaminación que presentan en la actualidad por lo tanto el impacto de las PTS sobre los pobladores eran mínimos. Pero con el desarrollo, en las últimas décadas, otras industrias comienzan a utilizar la biomasa cañera como materia prima, dentro de ellas se destacan; la papelera, la productora de cartón y maderas artificiales, la productora de alimento animal y otras, trae como consecuencia la necesidad de economizarlo y obtenerlo como subproducto de la industria azucarera.

Esta situación, junto a la necesidad de evitar consumir petróleo, así como la elevación de los índices de la contaminación atmosférica en los asentamientos humanos que pudieran triplicar los que existieron a inicios de la creación de la empresa, hace que se inicie el desarrollo de nuevos hornos para quemar el bagazo, que sean más eficiente y que no presenten las características desventajosas de los de pila.

Atendiendo a esta necesidad es que se instala en el CAI “Melanio Hernández” un generador de vapor PQS que presenta un horno de semisuspensión que se caracteriza porque en este el combustible se combustiona simultáneamente mediante dos modos de combustión. Una parte se quema en suspensión en la cámara del horno (las partículas finas) combustionando el 25 % de la biomasa cañera y la otra se quema en capa sobre una parrilla (las partículas gruesas), con una combustión del 75% de biomasa cañera. Este efecto se logra suministrando el combustible mediante un distribuidor o lanzador que, como su nombre indica, lanza el combustible a la cámara del horno. Las partículas finas son arrastradas por la corriente de gases y quemadas en suspensión en la cámara del horno, mientras que las gruesas caen sobre la parrilla del horno quemándose en capa. La magnitud de lo que se quema por uno y otro modo de combustión depende del grado de preparación del combustible (granulometría) y de la densidad de sus partículas. Posibilitando una disminución de inquemados y de arrastre de PTS, así como de otros gases.

Los hornos de semisuspensión fueron desarrollados para carbón y con posterioridad adaptados a bagazo.

En este tipo de caldera el combustible es alimentado dentro del horno a través de varios distribuidores neumáticos, la cual permite que el bagazo sea lanzado y un % es quemado en forma de suspensión y el resto sobre la parrilla basculante.

En todos los casos estos generadores de vapor cuentan con ventiladores de tiro forzado para proveer el aire de combustión al horno y en las calderas Killer y Evelma los gases de combustión son extraídos por la diferencia de presión creada por el tiro natural de la chimenea número 1, mientras que unido al tiro natural de la chimenea número 2 las

calderas PQS y Villa Clara poseen también ventiladores de tiro inducidos los cuales incrementan la velocidad de circulación de los gases y de salida en la punta de la chimenea.

Tabla 3.1: Flujo de gases de combustión por chimenea y tipo de caldera

Tipo de Caldera	Chimenea	Flujo VTI m ³ /h	Vgases salida M/s
PQS	2	265 000	11.38
Villa Clara	2	165 000	11.38
Evelma	1	-	4
Killer	1	-	4

Fuente: Estudio de calderas realizado CEEPI 2003

Como puede observarse en la tabla anterior la velocidad de salida de los gases es de 11.38 m/s sin embargo si nos remitimos a los clásicos de la literatura en este aspecto podemos observar que (Hugot, 1967) plantea que teóricamente el diámetro de la chimenea debe ser aproximadamente igual de 0.36 m³ de la sección transversal del ducto de salida por tonelada de bagazo por hora. Según los especialistas del Central Azucarero “Melanio Hernández “ y del CEEPI las modificaciones realizadas a las calderas PQS y Villa Clara no incluyeron modificaciones en el ducto lo que incide en que la velocidad de salida de los gases este por encima de lo recomendado por este autor (página 668) que debería ser de 6 a 8 m/s afectando mayor área la dispersión de los gases, como ventaja, sin embargo tiene como desventaja un mayor arrastre de PTS a la atmósfera. Por lo que recomendamos que se realice un estudio de alternativas adecuadas para estas condiciones.

El vapor directo producido en los generadores de vapor PQS, Villa Clara y Evelma es suministrado a un colector común, el cual alimenta a dos turbogeneradores de vapor de 4 MW cada uno, que trabajan a la presión de 1.8 MPa y 310 °C, el vapor es expandido en estas turbinas hasta la presión de 0.15 Mpa que es la presión del proceso de cocción del proceso de fabricación de azúcar, la producción de vapor del generador de vapor Killer es utilizado para la mover las bombas reciprocantes que bombean las masas cocidas de azúcar.

Ninguna de estos generadores de vapor poseen sistema de colección de partículas a la salida de sus ductos de aire de combustión y por tanto la emisión de partículas por la chimenea es algo cotidiano para los pobladores de la localidad de Tuinucu donde se encuentra el CAI “Melanio Hernández”, como ya se ha explicado con anterioridad.

Los sistemas de limpieza de la ceniza se realizan de forma manual y escalonada a cada una de las herraduras de los hornos de cada generador de vapor una vez por turno de trabajo, esta ceniza es extraída hasta un rastrillo de cenizas y luego transportada hasta una carreta de tractor y se transporta a las áreas de cultivo cañeras y se utiliza en el mejoramiento de los suelos.

3. Caracterización del entorno que rodea a la instalación:

Elementos etnológicos e históricos del territorio.

Tuinucú es un vocablo aborígen, según la leyenda toma su nombre de un cacique aborígen que vivió en la etapa precolombina en la zona. En 1721 esta gran hacienda devenida en barrio era el primer proveedor de viandas, granos y vegetales de la villa espirituana y ya en esa fecha se disponía de pequeños trapiches. El ingenio fue fundado en 1787 y en 1804 poseía prestigio económico.

Durante la guerra de los 10 años el ingenio fue muy afectado y dejó de moler, reiniciándose en 1881 y en 1893 fue adquirido por la familia Rionda, se funda la compañía con el nombre de **“The Central Tuinucu Sugar Cane Manufacturing Co”**, el ingenio se reconstruye y se moderniza mejorando su capacidad de molida.

En este lugar hubo también contradicciones entre los obreros y la compañía explotadora por lo que en 1916 tienen lugar en el batey las primeras organizaciones clasistas que hacen que Jesús Menéndez visitara varias veces el lugar junto a Melanio Hernández, figura destacada de la localidad, cuyo nombre lleva actualmente esta Empresa azucarera.

La población de este territorio desde su fundación fue compuesta por blancos criollos, negros, criollos y esclavos, chinos y gallegos. El mayor porcentaje étnico lo constituyó esta raza a la cual pertenecía la élite de la sacarocracia azucarera.

Los gallegos fueron mano de obra barata importada para trabajar preferentemente en trabajos más rudos como las vías férreas, estos vivían en los llamados barracones del central de los cuales quedan aún relictos de esta construcción en la localidad.

Los negros por su condición racial humilde fueron relegados a vivir en las partes marginales del pueblo en el antiguo “Rincón Caliente”, esta raza al igual que los Gallegos eran llamados a ocupar trabajos rudos y de bajo salarios.

Después del triunfo de la Revolución la división política-administrativa sufre varias modificaciones hasta que definitivamente en 1976, el territorio de Las Villas da paso a tres provincias, una de ellas es Sancti Spíritus, Taguasco surge como municipio y Tuinucú uno de sus poblados.

La localidad de Tuinucú, Consejo Popular, fue fundada el 9 de Julio de 1988, por el acuerdo 96 de la Asamblea Provincial del Poder Popular, tiene una extensión superficial de 42 kilómetros cuadrados, está situado en la porción oeste del municipio, limita al norte con el Consejo Popular Serafín Sánchez y con el municipio de Cabaiguán, por el Sur con el municipio de Sancti Spíritus, por el Este con el Consejo Popular Zaza del Medio y por el Oeste con el Municipio de Cabaiguán. Este territorio tiene carácter urbano, cuenta con cinco asentamientos humanos, el principal y mayor es el pueblo de Tuinucú y otros como Caja de Agua, Tejar Madrigal, El Macío y Sabanilla y está conformado por siete circunscripciones, seis en la cabecera del Consejo y una en el asentamiento cañero de Caja de Agua.

Por este Consejo Popular pasan importantes vías: al norte atraviesa la Autopista Nacional, que enlaza este territorio con todo el país, por el Sur la línea vieja del Ferrocarril Nacional que lo enlaza con Zaza del Medio, Sancti Spíritus Y Tunas de Zaza y por el centro la línea

nueva del Ferrocarril Nacional que lo enlaza con todo el país. Además a través de este territorio, el municipio de Taguasco se enlaza con la cabecera provincial por medio de su carretera principal ubicada de este a oeste, que une los Consejos Populares de Taguasco, Siguaney, Zaza del Medio y Tuinucú. Además cuenta con una serie de caminos, terraplenes, carreteras secundarias que comunican los asentamientos del consejo popular, y unen a este con la circunvalación de Sancti Spíritus y con el Asentamiento de Guayos, en el municipio de Cabaiguán.

Este consejo popular tiene una población total de 4568 habitantes, de ellos 2184 mujeres, para una densidad poblacional de 108 hab/Km². Para ilustrar este dato mostramos a continuación una tabla por grupos de población, sexo y edades.

Tabla 3.2. Distribución poblacional del Consejo Popular Tuinucú.

Grupos de Edades	Masculino	Femenino	Total
0-4	123	116	239
5-9	175	159	334
10-14	163	146	309
15-19	168	153	321
20-24	159	139	298
25-29	229	208	437
30-34	245	235	480
35-39	213	200	413
40-44	115	129	244
45-49	166	150	316
50-54	122	136	258
55-59	141	93	234
60-64	114	95	209
65-74	138	123	261
75-84	81	77	158
85 y más	32	25	57
TOTAL	2384	2184	4568

Fuente: Estadísticas del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología.

Constitución geológica y suelos.

En la localidad existen importantes yacimientos de arcilla. Los suelos son pardos con carbonato, arcillosos, fértiles y ligeramente ondulados en la Cooperativa de Créditos y de Servicios "Alfredo Acosta".

Relieve.

El territorio es eminentemente llano, los puntos más elevados alcanzan entre los 173 y 190 metros de altura sobre el nivel del mar, no destacándose elevaciones relevantes.

Hidrología.

La hidrología está compuesta por el arroyo Sabanilla, el Moruno y la presa " El Bajío", y algunos estanques pequeños de menor importancia. El río Tuinucú no se enmarca en este Consejo Popular pero por su importancia y cercanía, existe una estrecha relación de la actividad económica de la zona. Las aguas del manto freático son profundas, y todos los sistemas de abasto construidos presentan un tratamiento con hipoclorito de sodio, excepto las aguas suministradas por la red del Combinado Río Zaza. La calidad del agua es buena, pero tiene niveles de contaminación en los pozos de la población, ya que el manto freático se contamina por el vertimiento de aguas residuales y albañales a este. Como fuentes de abasto se encuentra el mini acueducto de Caja de Agua que suministra a esta localidad. Además este Consejo Popular está conectado a la red de bombeo del Combinado Río Zaza. Otra de las fuentes usadas para el consumo humano son las aguas subterráneas a través de un pozo estatal, distribuido por pipas y una red de pozos particulares existente.

Clima.

Al localizarse en la región Santa Clara – Sancti Spiritus, también conocida como llanura Cubanacan, que pertenece tipológicamente al clima tropical con veranos relativamente húmedos (sabanas), o sea, predominan las condiciones tropicales, aunque con ciertos

rasgos de continentalidad; lo que se reflejan en la oscilación diaria anual de la temperatura (dada la lejanía de estas llanuras del eje central de la isla, con respecto al mar).

Así, las variables climáticas tienen un comportamiento similar al de las restantes llanuras interiores: La insolación media anual es de 7.5 horas diarias, lo que equivale a 2 737.5 horas de luz en el año; ello se refleja en el valor de la suma diaria de radiación solar entre 16 y 16.5 MJ. M² y a su vez en la temperatura, pues la media anual es de 22–24 °C con una oscilación de 6 °C entre el mes de Enero (20 a 22 °C) y el mes de Julio (26 – 28 °C). Entre el mes de Julio y Septiembre, la máxima media del aire supera los 32°C, comenzando a descender lentamente hasta alcanzar los 28 °C en Enero, para un valor medio anual de la máxima media de 30.2 °C. Por otra parte, la mínima media de la temperatura es de 19.8 °C como promedio anual, diferenciándose los meses de febrero, con el valor más reducido (15 °C) y Junio – Septiembre, con el más elevado (22 °C). La máxima absoluta de la temperatura del aire, con un 95 % de probabilidad, es de 34 – 36 °C y la mínima absoluta con idéntica probabilidad de ocurrencia, es de 10–12 °C.

La precipitación media anual es de 1 100 – 1600 mm, con un coeficiente de variación relativo de 0.20 – 0.22 como promedio, los días de lluvia superiores a 1 mm, oscilan entre 80 y 100 en el año y su origen es fundamentalmente la actividad convectiva del aire en verano y la penetración de masas de aire continental en invierno.

Del total anual, en el periodo lluvioso (Mayo – Octubre), caen entre 1 200 y 1 400 mm de precipitación, en tanto en el periodo menos lluvioso (noviembre – abril), ese valor oscila entre 200 y 300 mm solamente, lo que refleja la estacionalidad de esta variable. Es de destacar que el periodo lluvioso comienza mucho antes que en las llanuras costeras exactamente en la 1^{ra} decena de mayo.

Los días con lluvia en el año oscilan entre 180 y 200. La humedad relativa media anual es de 90 – 95 % a las 7 .00 horas y de 60 – 65 % a las 13 horas, en tanto la evaporación se comporta alrededor de los 2 200 mm.

En el transcurso del año, el promedio de días con turbonadas es de 80 – 100 días, asociándose su origen a los procesos convectivos propios del régimen normal de verano, que generan estas conocidas tormentas locales.

Las velocidades máximas anuales del viento están vinculadas también con el paso de sistemas frontales, bajas presiones extratropicales y en especial, huracanes. En condiciones normales, el viento predominante es el primer cuadrante (noreste), con una frecuencia de calmas de 22.6 % de los días del año, según la Estación de Sancti- Spíritus.

Paisaje.

Tuinucú se localiza como ya se ha hecho referencia con antelación en la llanura de Cubanacán, del distrito físico-geográfico central y su rasgo hidrográfico más destacado lo constituye el propio río Tuinucú.

Los ecosistemas y paisajes que originalmente caracterizan a Tuinucú y su entorno, se corresponden con los que tipifican el territorio nacional, antes de los procesos de deforestación que afectan a Cuba, en especial a fines del siglo XIX y primeras décadas del XX; a saber: bosques semidecuidos y siempreverdes, propios de América Tropical y el Caribe; con el complemento, además del área de influencia del río Tuinucú, donde se encuentra la vegetación de este cuerpo de agua dulce.

Los bosques semidecuidos y siempreverdes, con características afines en composición y estructuras, pudieron llegar en su desarrollo hasta 15 y 25 m de altura, con arbustos, herbáceos, epifitas, lianas, y palmas reales. Los semidecuidos presentan en la época seca hasta un 60% de pérdida de las hojas; mientras que los siempreverdes o húmedas tropicales no rebasan el 30%, manteniendo en general la apariencia de verdor y exuberancia todo el año, lo que les da nombre, con la presencia incluso de helechos arborescentes, todo lo cual los acerca en sus características a las verdaderas selvas

cubanas, que se localizan en los sitios más lluviosos de Cuba, al norte de la porción oriental y al sur de la central.

Bosques frondosos, protectores de los suelos y las aguas, en los que también debió refugiarse una variada fauna, con grupos conspicuos de aves, anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados, sin olvidar, por otra parte los recursos faunísticos de los humedades.

La flora original de esta localidad por ser propia de tipos de vegetación de amplia distribución geográfica características del Archipiélago Cubano y representativos de América tropical y el caribe no debió presentar especies únicas en el mundo a nivel local o endemismos locales, aunque no se descarta la presencia de especies endémicas de Cuba central.

En general la composición de especies debió de poseer múltiples valores socioeconómicos como maderables, melíferas, medicinales, etc., entre los que debieron sobresalir: palma real, cedro, caoba, ceiba, majagua, jocuma, almácigo, ocuje, roble, almendro o cuajaní, júcaro y otros herbáceas y trepadoras. En la tabla 3.3 se muestran las especies existentes.

Tabla 3. 3 LISTADO FLORÍSTICO DE TUINUCÚ.

Nombre científico	Nombre vulgar	Distribución	Utilidad
ASTERACEAE			
Ageratum conyzoides L.	Celestina azul	Pan	1,5
Bidens pilosa L.	Romerillo	Pan	1,3,5
Eupatorium odoratum L.	Rompesaragüey	Neo	1,8
Emilia sanchifolia (L.) DC.	Clavel chino	Neo	1,6,7
Elephantopus mollis Kunth	Lengua de vaca	Pan	1,6
Parthenium hysterophorus	Escoba amarga	Neo	1,4
ARECACEAE			
Roystonea regia (Kunth) O.F. Cook	Palma real	Ant.	1,2,3,5,6,7,8
AMARANTHACEAE			
Achyranthes aspera L.	Rabo de gato	Pan	
Amaranthus apibosus L.	Bledo espinoso	Pan	6,7

Capítulo III. Análisis de los Resultados.

Amarantus viridis L.	Bledo blanco	Cos	1,6,7
BROMELIACEAE			
Tillandsia valenzueana A. Rich	Curujey	Neo	1,5,4
BOMBACACEAE			
Ceiba pentadra (L.) Gaerth	Ceiba	Pan	1,5,4
BORAGINACEAE			
Cordia collococca L.	Ateje colorado	Neo	1,2,3,6,7
Cordia dentata Poir	Ateje blanco	Neo	1,2,3,6,
Cordia gerascanthus L.	Varía	Car	1,2
Cordia sulcata C.D.C.	Ateje cimarrón	Ant	1,3,4
BURCERACEAE			
Bursera simuraba (L.) Sargo	Almácigo	Neo	1,3
BRASSICACEAE			
Lepidium virginicum L.	Mastuerzo	Neo	2,3
CAESALPINACEAE			
Cassia tora L.	Guanina	Pan	2
CECROPIACEAE			
Cecropia peltata L.	Yagruma	Neo	1,2,3
CUCURBITACEAE			
Mormodica charantia L.	Cundeamor	Cos	2
FABACEAE			
Macuna pruriens (L) DC	Pica pica	Pan	2
MALVACEAE			
Urena lobata	Malva blanca	Pan	6,8

Nombre científico	Nombre vulgar	Distribución	Utilidad
MIMOSACEAE			
Dichrostachys cinerea (L) Wight et Arm	Marabú	Pan	1,2,8
Mimosa pudica L.	Dormidera	Pan	1,5,8
Samanea saman Jacq	Algarrobo	Pan	1,2,3,5,6,7
MELIACEAE			
Cedrela mexicana M.J. Roem	Cedro	Neo.	1,2,3,5,,7
Guarea guidonia (L.) Sleumer	Yamagua	Neo	1,2,3
Swietenia mahogoni L. Jacq	Caoba	Car	2,3
NYCTAGINACEAE			
Pisonia aculeata L	Zarza	Neo	1,2,3
ORCHIDACEAE			
Oeceoclades maculata (LDI)	Orquídea	Neo	5
POACEAE			
Saccharum officinarum (Fab)	Caña de azúcar	Neo	1,6,7
Cynodon dactylon (L) Pers	Yerba fina	Cos	1,5,6
Panicum maximun Jacq	Yerba de Guinea	Pan	6,8
Panicum purpurascens Raddi	Yerba bruja	Neo	6,8
PORTULACEAE			
Portulaca oleracea L.	Verdolaga	Cos	1,,6,7
PAPAVERACEAE			
Argemone mexicana L.	Cardo santo	Car	1,6
RUBIACEAE			
Amelia patens Jacq L	Ponací	Neo	1,8
SAPINDACEAE			
Melicoccus bijugatus Jacq	Mamoncillo	Neo	2,3,6,7
STERCULIACEAE			
Guazuma ulmifolia Lam	Guásima	Neo	2,3,6,7
Melochia tomentosa L.	Malva	Neo	1,2,3,6,7

Leyenda			
Distribución firogeográfica		Utilidad	
Cos	Cosmopolita	1	Medicinal
Pan	Pantropicales	2	Maderable
Neo	Neotropicales	3	Melífero
Car	Caribeños	4	Venenoso
Ant	Antillanos	5	Ornamental
End	Endémico	6	Comestible animal
		7	Comestible humano
		8	Otros usos

Como puede observarse en la tabla 3.3 no se presenta ninguna especie endémica, pero si existen especies con otros valores naturales, entre los que se destacan sus propiedades medicinales, su valor como recurso maderable y su utilidad para el consumo animal.

En la fauna sí debieron presentarse categorías de endemismos, como los que caracterizaron a los tipos de vegetación antes mencionadas, principalmente en aves, anfibios, reptiles y mamíferos. Entre las aves: tomeguín del pinar y de la tierra, carpinteros, cabrero, negrito y el ave nacional de Cuba, el tocororo; anfibios y reptiles como: ranas, lagartijas, chipojos y el majá de Santa María; y entre los mamíferos jutías y murciélagos.

El desarrollo socio-histórico de Tuinucú fue semejante en sus hitos de transformación, a los que caracterizaron el país, aunque aquí ocurrieron mucho antes de la mitad del siglo XIX, posiblemente por el atractivo que tuvo el territorio para el desarrollo de la industria azucarera.

El uso y aprovechamiento de aquellas riquezas naturales originales, ha transformado el medio ambiente municipal, en sitios caracterizados por ecosistemas y paisajes derivados de la actividad humana, mayormente en la actualidad como asentamientos humanos, zonas de cultivos varios, pastos y fundamentalmente caña de azúcar, acompañadas de palmas antrópicas de palma real, fragmentos de bosques, manigua secundaria, comunidades arbustivas, y herbáceas secundarias, reducto de aquellas exuberantes bellezas naturales que ahora tropiezan la zona con sus fronde.

También tiene vínculos ambientales actuales, con la calidad de las aguas del embalse del mismo nombre que sirve de abasto a la población de Cabaiguán y de Sancti Spíritus, su ciudad capital provincial, de las que los cuerpos de agua transitan o se asientan en este territorio son tributarios: y por otra parte, con aquellos fragmentos derivados de sus ecosistemas y paisajes naturales que los caracterizan, y se encuentran con relativa proximidad a zonas de interés conservacionista, como la Sierra de las Damas.

Reconocer los valores de la naturaleza de Tuinucú así como la contribución histórica y actual de los mismos a la sociedad y la cultura taguasquense, son factores indispensables para desempeñar un papel activo en el manejo del medio ambiente, no solo pensando en su preservación sino en su aprovechamiento sostenible para las generaciones actuales y futuras.

Atmósfera.

La calidad del aire no se encuentra caracterizada pero existen quejas de la población por la presencia de altos niveles de sólidos sedimentables y de malos olores, así como la emanaciones de esporas proveniente del sistema de tratamiento de residuales líquidos de la Destilería y la industria azucarera. Por lo que más adelante se exponen los resultados de esta caracterización por formar parte de las demás etapas del estudio del impacto ambiental.

Actividad económica.

La actividad económica fundamental en el territorio está asociada a la Industria Azucarera, cuenta con una Empresa Azucarera "Melanio Hernández", que a su vez tiene una Destilería "Paraíso", como unidad de la empresa, por lo que esto presupone el desarrollo en el territorio de la agricultura cañera. El Consejo Popular está conformado por una Cooperativa de Crédito y Servicio (CCS) en Tuinucú y cinco Unidades Básicas de Producción Cañera, (UBPC). Además cuenta con el Tejar "Madrigal", así como los talleres ferroviarios y la Base de Transporte del MINAZ.

Fondo habitacional y arquitectónico del poblado.

En el fondo habitacional existe un predominio con viviendas de regular a malas ya que gran parte de estas son de la época en que se funda la compañía con el nombre de "The Central Tuinucu Sugar Cane Manufacturing Co"

Residuales.

La disposición final de los residuales del poblado se realiza a través de fosas y letrinas.

La industria azucarera y la Destilería Paraíso, cuentan con un sistema de lagunas que le da tratamiento a sus residuales líquidos, en la actualidad se ejecuta la inversión de ampliación del sistema de fertirriego de los residuales de estas dos industrias, que al culminar esta se aprovechará la totalidad del residual líquido generado en estas dos, se beneficiarán 738 ha de suelos por los aportes de materia orgánica y nutrientes que contienen este residual, además de mejorar las condiciones de saneamiento de la localidad pues las lagunas no tienen un buen funcionamiento y se generan malos olores, SO_2 y microorganismos esporulados que afectan la comunidad.

La recogida de los desechos sólidos del poblado se realiza en días alternos de 4 a 8 AM para esto se cuenta con un transporte inadecuado (carretones). Los de la industria son aprovechados como materia orgánica en el beneficio de los suelos agrícolas.

La disposición final de los desechos se realiza a través de un vertedero a cielo abierto, el cual está ubicado a la izquierda en la entrada del poblado aledaño a las lagunas de las dos industrias antes mencionadas, al mismo de le aplica la incineración y el soterrado periódicamente.

Se ejecuta el barrido de calles diariamente y se atiende la limpieza de áreas verdes como mínimo dos mantenimientos mensuales.

Sanidad vegetal

Se aplican productos biológicos para el control de plagas y enfermedades, existe un Centro de Reproducción de Endógenos y Patógenos (CREE), que su actividad fundamental es la producción de moscas *Lisofaga diatraea* utilizadas para el control del

Bórer en la caña, además produce otros medios biológicos en menor escala que son utilizados para el control de plagas en el cultivo del boniato y el plátano, actividad que se extiende a otros Consejos Populares.

Atención primaria y médica a la salud

El territorio está cubierto al 100% a través de 7 Consultorio Médico de la Familia (C.M.F) que atienden a la comunidad y 1 Equipo Básico de Salud (Médico y Enfermera), que prestan servicios en la industria. Además existe un Punto Reforzado de Urgencia (24 horas) que brinda también servicio de estomatología. Estos consultorios se subordinan al Área de Salud de Zaza del Medio, al igual que las demás dependencias que conforman la estructura de la atención primaria en salud (APS).

4. Opinión pública de personas naturales jurídicas posibles afectadas

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS APLICADAS A LA POBLACIÓN.

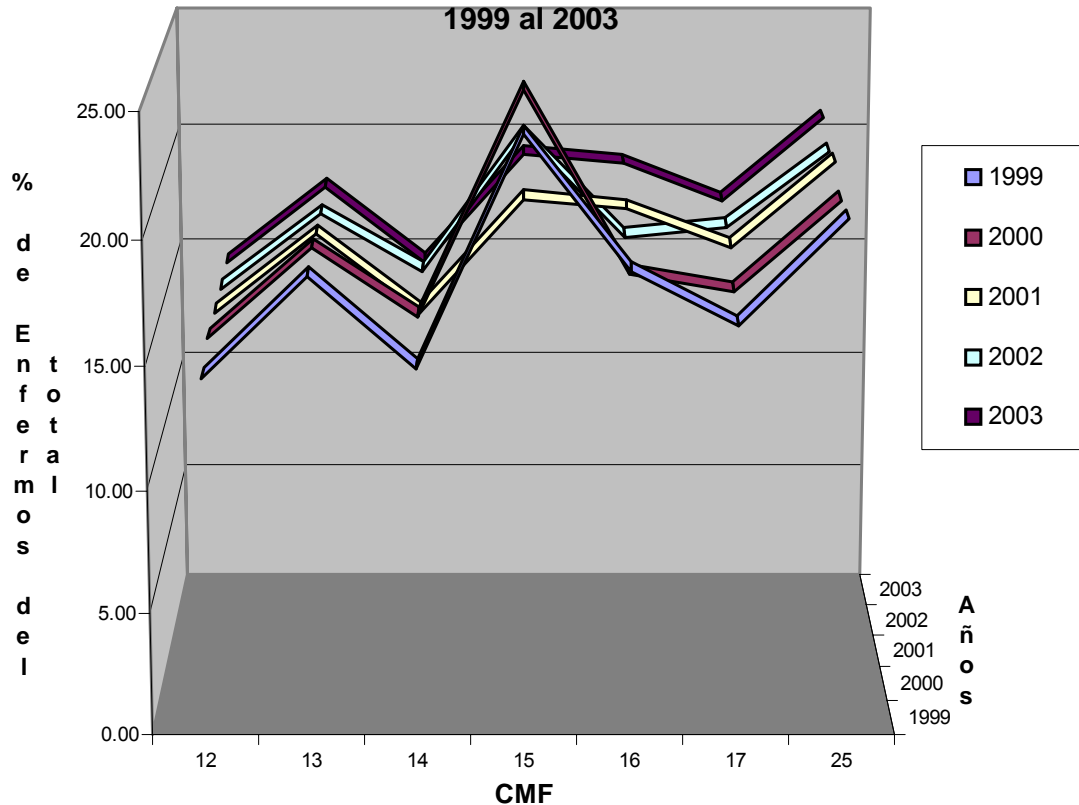
Como se explicó en el Capítulo anterior la encuesta fue aplicada durante 5 años al 20 % de la población de Tuinucú donde se encuentra localizada la Empresa Azucarera “Melanio Hernández”, primeramente se aplicó al 20% de la población total de cada CMF pesquisando posibles factores de riesgo para la incidencia de las IRA, entendidas estas como Infecciones Respiratorias Agudas o Subagudas. Posteriormente se procedió a encuestar al 100 % de los asmáticos de cada CMF.

Los resultados más significativos obtenidos a partir de esta encuesta son los siguientes:

Al analizar las IRA según género y edad, estas no brindaron una correlación estadística significativa.

En cuanto al comportamiento de la morbilidad de las IRA por CMF estas varían como puede observarse en el siguiente gráfico.

Gráfico 3.1: Comportamiento de las IRA Consejo Popular Tuinicú de



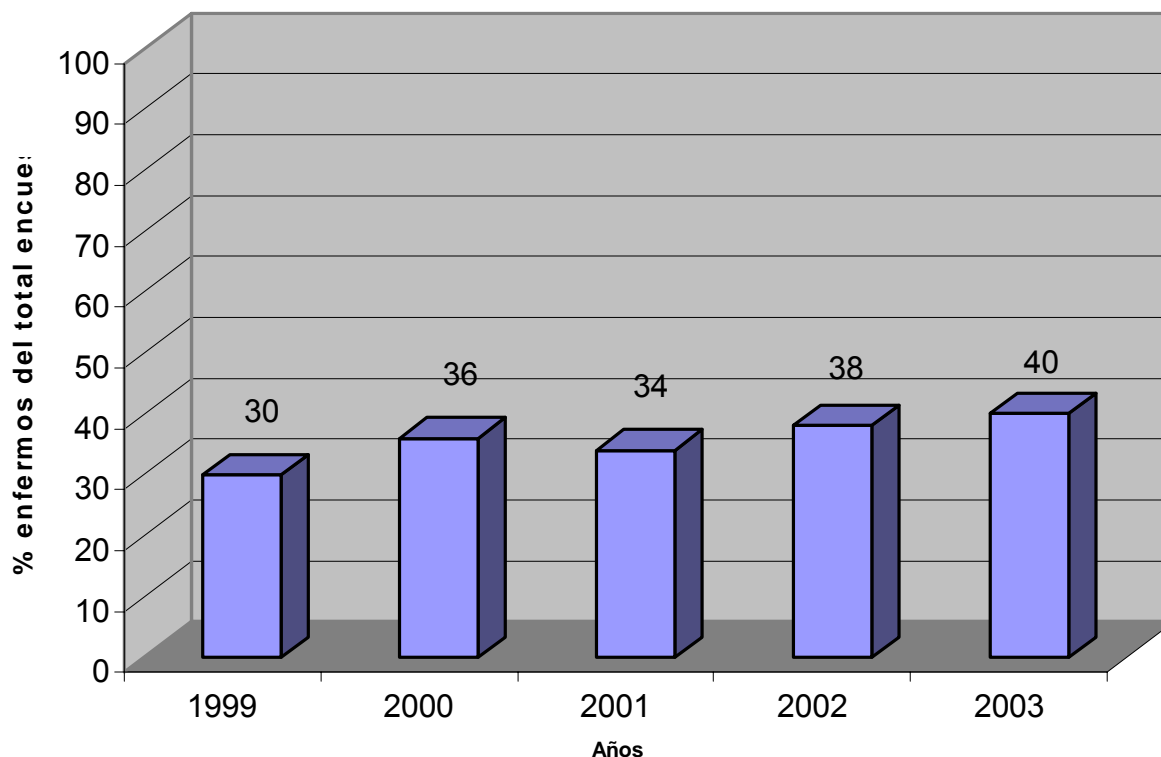
Fuente: Encuesta aplicada.

Como puede constatarse en el gráfico 3.1, la mayor cantidad de enfermos pertenecen a los CMF 13, 16 y 25 que son los que están ubicados geográficamente más cerca del Central, del la lagunas de oxidación y de la destilería(**Anexo 13**) además la dirección en que según el Instituto de Meteorología ocurren con mayor frecuencia los vientos predominantes, es del noreste por lo que la población que más se afecta es la que vive o trabaja en el Este y Suroeste lo que trae como consecuencia que en esta zona se afecte más la población con las IRA.

En el gráfico 3.2, se muestra el porciento de personas que refieren haber enfermado en relación con el total de la población encuestada, observándose que existe un 35.6% de

población afectada, lo que demuestra además, una alta incidencia de este tipo de enfermedad en el territorio objeto de estudio. Según datos aportados por el Centro de Epidemiología Provincial de la Provincia de Sancti Spíritus.

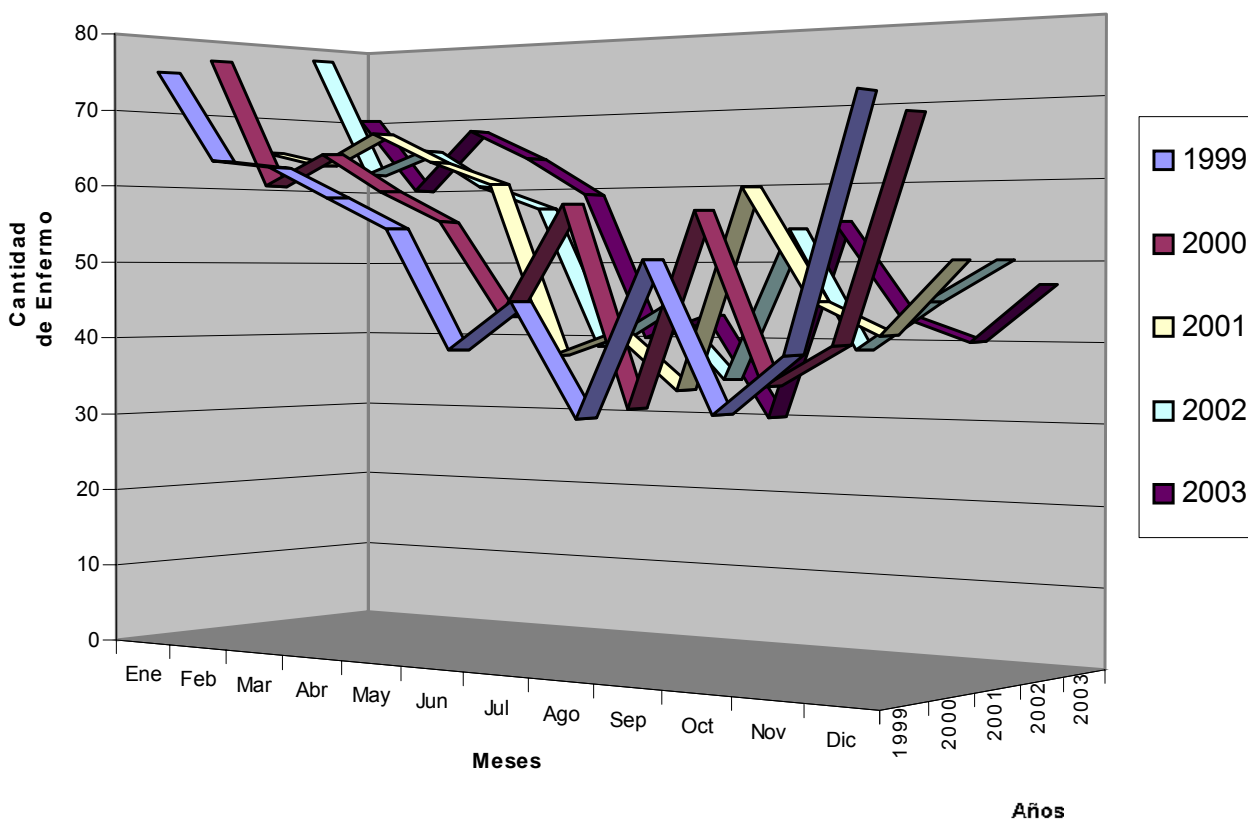
Gráfico 3.2: Comportamiento de las IRA en el Consejo Popular Tuinucú de 1999 al 2003



Fuente: Encuesta aplicada.

Si nos remitimos al gráfico 3.3 podemos ver que los períodos de mayor número de enfermos son los meses de febrero a mayo, coincidiendo con la época de zafra, además con la época de invierno y comienzo de las lluvias, en que generalmente las infecciones respiratorias agudas pueden tener su comportamiento epidémico. También se observan algunos picos en los meses de julio y agosto esto obedece como se verá más adelante a la incidencia de la destilería anexa al central en la contaminación atmosférica.

Gráfico 3.3: Comportamiento de las IRA en el Consejo Popular Tuinucú por meses y años del 1999 hasta el 2003

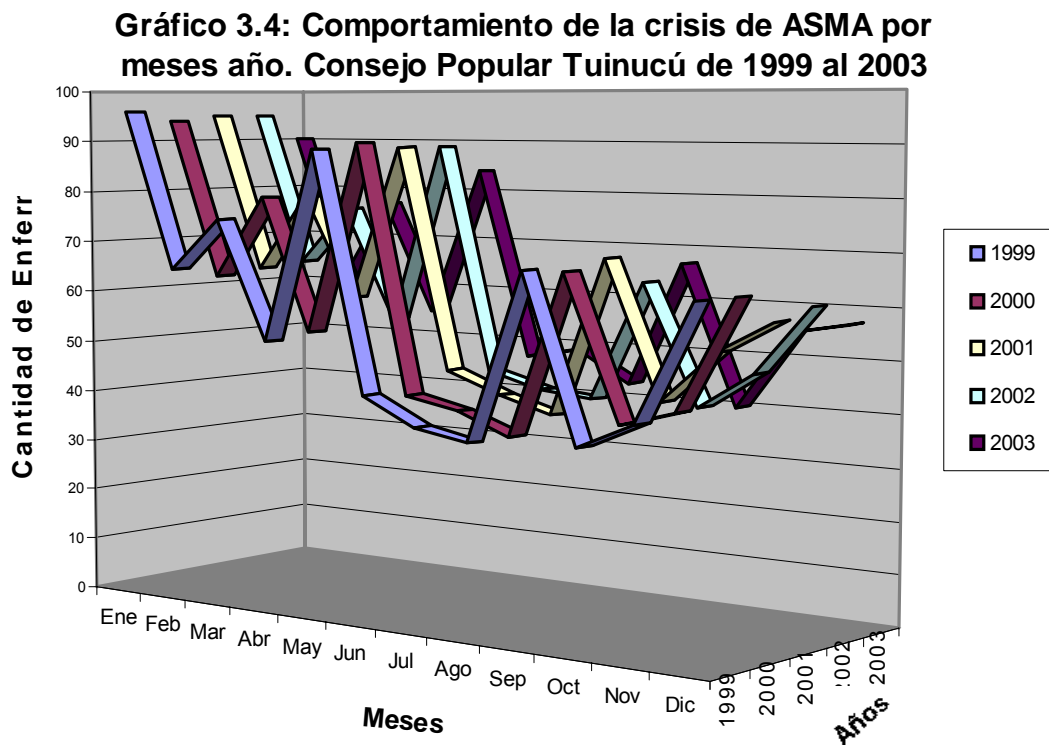


Fuente: Encuesta aplicada.

Los cambios que ocurren como consecuencia de las alteraciones de la calidad del aire en este caso están relacionados más con la severidad de los cuadros, que con su aparición, no es suficiente la contaminación para que ocurra el episodio, se necesita de agentes causales específicos y predisposición de los susceptibles

En cuanto a la asistencia al médico, el 30 % de los encuestados refieren que acudieron a consulta, el 72% asistió al Consultorio Médico de la Familia y sólo el 7% al Hospital.

En el caso de las encuestas realizadas a los asmáticos, se obtiene un comportamiento de las crisis agudas por meses según se muestra en el gráfico 3.4, siendo los meses de enero a mayo los de mayor morbilidad. Destacándose que cada paciente sufrió al menos una crisis durante este tiempo. Las Crisis Agudas de Asma Bronquial (CAAB) es el indicador más sensible de los efectos de la contaminación, esta última es un desencadenante directo de estos cuadros y por tanto, cualquier cambio cualitativo puede influir en los resultados, en este caso elevando la morbilidad. Hay un determinismo muy evidente y fundamentado por la literatura médica. (Colectivo de autores. 1992) y (Annaalee, Yaci. Et. Al. 2000).



Fuente: Encuesta aplicada.

De los afectados por esta patología, el 76% refiere haber asistido al Policlínico y el 1% acudió al Hospital, el resto refiere haber asistido al CMF y otros no acudir al médico.

En cuanto al tiempo de duración de las crisis, el 64% refiere que la duración es de 24 a 48 horas, 30% de 24 horas y sólo el 4% que la duración fue de más de 48 horas.

El 0.8% refiere haber sido hospitalizado, siendo los meses de más afectación enero, febrero y mayo.

Es de destacar que en la encuesta no se recogió el dato sobre la cantidad de crisis durante el año ni el grado de severidad de la patología, solo se tiene el dato de si tuvo crisis o no.

Según datos estadísticos de salud, en el poblado de Tuinucú hay dispensarizados 349 asmáticos, lo que quiere decir que el 7.6% de la población de esta zona se encuentra afectado por esta patología, que al compararla con el comportamiento de la media nacional que es del 8% podemos decir que existe un similar comportamiento de la morbilidad en esta enfermedad.

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A EXPERTOS.

Los resultados de la encuesta aplicada a Expertos, muestran que el 100% de estos opinan que la contaminación atmosférica es un agente causal de estas patologías y que en el territorio analizado tienen una alta incidencia. Entre tanto el 65% de ellos, consideran que la probabilidad de que estas enfermedades se correlacionen con la contaminación atmosférica en el poblado de Tuinucú es Alta, y el resto estiman que es Muy Alta, lo que corrobora el resultado de las encuestas aplicadas a la población.

CARACTERIZACION DE LAS EMISIONES GASEOSAS Y DE PARTICULAS SÓLIDAS.

Estudio teórico de las emisiones

Los factores de las emisiones de N₂O en las plantaciones cañeras fueron tomadas del inventario nacional de gases de efecto invernadero según se muestra a continuación:

Fracción de la cosecha correspondiente.....	0.25
Fracción de paja que se queda en el campo.....	0.132
El factor de emisión que brinda este método en kg N ₂ O / kg N	0.0125
La producción del cultivo (kg de biomasa seca / año)	250
Aporte N en el cultivo no fijador de N (kgN/Kgbiom.seca).....	0.015
Fracción de los residuos que se retiran del campo.....	0.45
Aporte de N para los residuos de la cosecha(kg N / año).....	4.125
Emisiones totales provenientes de los residuos de la cosecha(Kg/año)...	0.0516

Estas emisiones son muy pequeñas, pero darán un criterio real de dimensión cuando se tengan las demás emisiones.

Para el cálculo de las emisiones por generación el estudio se llevó a cabo para cada una de las cuatro etapas de generación de electricidad en que tendrá lugar la operación de la central térmica y los datos necesarios, tomados del proyecto de investigación desarrollado por el CEEPI en el que se evaluó la factibilidad de generación de energía eléctrica durante todo el año utilizando como combustible una variedad de caña con alto contenido de bagazo, se muestran a continuación en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Datos para cada etapa de generación

Datos de operación de la CT	Etapa 1 Zafra azucarera	Etapa 2 Zafra con bagazo sobrante	Etapa 3 Zafra residuos de la caña azucarera (RAC)	Etapa 4 Zafra variedades de caña con alto contenido de bagazo
Pot. bruta (MW)	24	19.9	19.98	22.8
Generación bruta Gw-h	86.4	23.9	32.7	33.8
% bagazo en caña	28	28	45	45
EFP (h / a)	3600	1200	1636	1483.68
Consumo especí­f. (g/Kw-h)	2645	2096	2096	2090
Consumo biomasa(T/zafra)	228492	29628	68601	70683
De ello bagazo(T/zafra)	192495	29628	68601	70683
Producción vapor(T/zafra)	576000	121440	16688	170623
Días de zafra	150	50		61.83

Los factores de emisión (FE) de los distintos gases se dan a continuación para la determinación de las emisiones por generación y fueron calculados mediante el software DECADES con ayuda de los datos de la tabla anterior y de la data EPA.

- FE_{CO_2} (g / kg).....879.38
- FE_{NO_x} (g / kg de vapor).....0.30
- Partículas(g/ kg).....20.00

Los resultados del procesamiento de estos datos son mostrados en la tabla 3.5 a partir de los cuales se obtuvieron diagramas circulares, para cada gas y para cada etapa de generación de electricidad.

Tabla 3.5 Cálculo teórico de los gases y partículas sólidas para cada una de las zafras en toneladas

Contaminantes	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Totales	Incremento de Contaminantes (T)	Incremento de contaminación (%)
CO ₂	197871.1	29967.33	74668.3	70934.92	373341.7	175470.55	46.9
NO _x	172.8	36.43	51.2	5	265.43	92.63	34.9
partículas	5035.7	760.1	1900.3	1805.3	9501.4	4465.7	47

Como puede observarse en la tabla 3. 5 el incremento de la contaminación es como sigue a continuación: CO₂ 46.7 %, NO_x 34.9 % y partículas 47 % solo por concepto de combustión de los diferentes tipos de biomasa cañera en las nuevas etapas de generación propuestas, esto se debe a que se prolongará el tiempo de operación de la CT emitiéndose una mayor cantidad de toneladas de contaminantes a la atmósfera.

Posteriormente se procedió al cálculo de las emisiones por transportación tomándose los factores de emisión para cada gas y de cada uno de los vehículos dados en g / T* km y tomados de la data GEMIS (2000) versión 4.0 según el peso y la marca de los mismos (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Datos para cada vehículo. (Tomados de hojas de tráfico de cada vehículo. Zafra 2000)

	Ferrocarril	Camión 1	Tractor	Camión 2
Caña transp.(T)	339739	32781.2	186260.2	186260.0
Dist. Media al CA(Km).	57.4	28.8	8	10
Carga transp.(T)	21	10.9	3.45	10.9
Nº de trailes	15	1.3	2	1.3
Nº viajes promedios / d	9.63	20.65	241	117.4

A partir de esto Romero (2000) se dió a la tarea de idear un procedimiento de cálculo para determinar las T* km para cada medio a utilizar en la CT quedando de la siguiente forma:

En los ferrocarriles.

$$CARGA = \frac{15 \text{ vagones}}{1 \text{ tren}} * \frac{21 \text{ tn}}{1 \text{ vagón}} = 315 \text{ tn} / \text{tren}$$

$$T * Km / \text{viaje} = \frac{315 \text{ tn}}{1 \text{ tren}} * \frac{57.4 \text{ Km}}{\text{viaje}} * 1 \text{ tren} = 18081$$

$$T * Km / \text{día} = \frac{18081 T * Km}{\text{viaje}} * \frac{9.63 \text{ viajes}}{\text{día}} = 174120 T * Km / \text{día}$$

Índice para la zafra de 4600 t / d (I)

$$I = \frac{174120T * Km}{día} * \frac{días}{4600tn} = 37.85T * Km/tn$$

Entonces para la zafra de 5750 t / d:

$$T * Km/día = \frac{37.85T * Km}{tn} * \frac{5750tn}{día} = 217650T * Km/día$$

Como en esta zafra se transportará la caña a la CT durante 212 días aproximadamente, entonces las T* km totales para los ferrocarriles serán:

$$T * Kmtotales = \frac{217650T * Km}{día} * 212días = 46141800T * Km$$

Para todos los vehículos se siguieron los mismos pasos en el cálculo; obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3.7 T*Km de camiones y tractores para la zafra de la CT.

	Camiones 1	Tractores	Camiones 2.
Carga (t / unidad)	14.2	6.9	14.2
T*km / viaje	409	48.3	99.4
T* Km / d (4600t/h)	8427.2	11640.3	11629.8
T* Km / d (5750t/h)	10534	14550.4	14537.3
T*Km / zafra	2233203.3	3084679.5	3081897

Para las emisiones producidas por el corte de la caña en las alzadoras y combinadas; para esto asumió equipos que consumen la misma cantidad de combustible por T*Km recorrido que los tractores y dichos consumos se muestran a continuación:

En los tractores:

Asumiendo el mismo de consumo de combustible:

$$L/d = \frac{51225.8L}{112d} * 457.4L/d \qquad L/d = \frac{177177L}{112d} = 1581.9L/d$$

Para alzadoras

$$\frac{L}{T * Km} = \frac{1581.9L}{11640.3T * Km} = 0.13L/T * Km$$

$$T * Km/d(\text{para } 5750t/d) = \frac{3518T * Km}{d} * \frac{d}{4600t} * \frac{5750t}{d} = 4397.8T * Km/d$$

$$T * Km/d(\text{para } 4600t/d) = \frac{457L/d}{0.13L/T * Km} = 3518T * Km/d$$

Al multiplicar por los 212 días de zafra da como resultado total:

$$T * Km/zafra = 932337.7$$

De esta misma forma se realizó el cálculo para las combinadas; conociendo que su consumo de combustible fue de 302494.5 L y resultó que sus T*Km serán de 55055566 en la CT.

Seguidamente se tabuló las cantidades emitidas de cada gas y de cada vehículo; así como las emisiones totales producidas por el transporte de la caña.(Tabla 3.8)

Tabla 3.8 Emisiones por transportación en la CT.(t del gas)

Contam.	Trenes	Camiones1	Tractores	Camiones 2	Alzadoras	Combinadas	Totales
T*km	46141800	22333203.3	3084679.5	3081897	932337.7	5505566	2473
CO ₂	1265.7	187.5	246.8	258.8	74.59	440.4	2473.8
SO _x	15.69	0.46	0.256	0.65	0.0077	0.46	17.6
NO _x	9.23	1.94	3.054	2.68	0.92	5.45	23.3
partículas	3.28	0.38	0.15	0.52	0.048	0.26	4.64
CO	3.28	0.49	0.62	0.68	0.2	1.1	6.37
NMVOG	2.26	0.22	0.256	0.299	0.077	0.46	3.57
CH ₄	0.23	0.0045	0.006	0.0062	0.0019	0.011	0.259
N ₂ O	0.046	0.0045	0.006	0.0062	0.0019	0.011	0.076

Al sumar cada una de las emisiones que aportan los elementos desde el cultivo hasta la generación se obtienen las emisiones totales de contaminantes que tendrá la CT en el futuro según se muestra en la tabla 3.9. Los espacios en blanco se deben a la falta de información disponible para la determinación de los factores de emisión necesarios.

Tabla 3.9 Emisiones totales de la cadena de contaminantes en la CT.

	Cultivo	Transporte	Generación	Totales
CO	-	6.36	-	6.37
CO ₂	-	2473.8	373341.8	375815.6
N ₂ O	5.16E-5	0.076	-	0.07605
NO _x	-	23.3	265.43	288.73
SO _x	-	17.6		17.6
NMVOG	-	3.57	-	3.57
CH ₄	-	0.26	-	0.26
Partículas	-	4.64	9501.34	9506

En las cuatro etapas de generación de electricidad se generan 176.8 Gwh-h, luego, expresando las emisiones en forma de índice, de manera tal que se pueda conocer la cantidad de cada gas que se envía a la atmósfera cada vez que se genere 1 Gw-h, el resultado en T del gas emitido / Gw-h generados queda según se muestra a continuación (Tabla 3. 10).

Tabla 3.10 Índice de emisiones por Gw-h generados(t / Gw-h).

	CO	CO ₂	N ₂ O	NO _x	SO _x	NMVOC	CH ₄	Part.
Indice	0.036	2125.6	4.3E-4	1.6	0	0.02	1.4E-3	53.7

- ✓ Comparación entre la CT y la CTE atendiendo a los índices de emisión de los contaminantes.

Tabla 3.11 Índices de emisión de las dos plantas en T/ Gw-h.

En ambas plantas se emiten contaminantes que pueden afectar a la atmósfera sus diferencias se encuentran fundamentalmente en la cantidad como se muestra a continuación			
Gases	CT	CTE	% de incremento de emisión de contaminantes T/Gw-h de la CT con respecto a la CTE
Partículas	53.7	1.01	5316
CO ₂	2125.6	947.8	224
CO	0.036	0.167	20
N ₂ O	4.3E-4	0.02	-
NO _x	1.6	2.2	72.7
SO _x	0	44.2	-
NMVOC	0.02	1.68	1.1
CH ₄	1.4E-3	0.29	-

NMVOC: Gases volátiles carentes de metano

De la tabla comparativa resulta que la CT tiene las siguientes ventajas sobre la CTE:

Para los contaminantes CO, N₂O, NO_x, CH₄ y los NMVOC las emisiones son casi despreciables y es carente de SO₂.

Las partículas sólidas son el contaminante atmosférico que más incrementa sus emisiones en la CT en un 5316% más partículas con respecto a la CTE. Es debido a que en los momentos actuales esta planta no presenta un separador de partículas y el combustible utilizado es el bagazo que en su combustión produce una gran cantidad de PTS. Por lo tanto si se propone un separador que elimine el 50 % de las partículas la emisión de estas se reduce a la mitad con un impacto ambiental mucho menor.

Otro contaminante en el que la CT supera a la CTE es el CO₂ sin embargo, autores como Quintana(1998), refieren que este resultado es engañoso, ya que la caña de azúcar, durante su desarrollo vegetativo, absorbe una cantidad similar a la que emite. Por tanto si se tiene en cuenta la cantidad de gas absorbido en el desarrollo de las plantaciones de caña de azúcar y se multiplica por las toneladas de caña de rendimiento promedio de una hectárea y su vez por las toneladas totales de una zafra queda.

$$\frac{55\text{tndeCO}_2}{1\text{ha}} * \frac{1\text{ha}}{70\text{tncana}} * \frac{1218022.5\text{tncana}}{\text{zafra}} = 957017.6\text{tndeCO}_2$$

Siendo este valor la cantidad que sería absorbida por las plantaciones cañeras necesarias para garantizar la producción de esta CT. Este CO₂ es fijado a la planta como carbono elemental y resulta que la cantidad de este gas que se emite para la generación de potencia es 2.55 veces menor que la que se absorbe, o lo que es lo mismo, el balance general de emisión de CO₂ en la central térmica va a ser muy positivo ya que las emisiones resultantes van a ser de – 581 202 T de CO₂ para una generación anual de energía eléctrica de 176,9 Gw-h, por lo que el índice será – 3 285.5 t / Gw-h. El resto del contenido de carbono elemental se queda en las cenizas, las mieles finales y el azúcar comercial.

- **Mediciones de la concentración de los contaminantes atmosféricos o monitoreo de los contaminantes en la localidad de Tuinucú**

Partiendo del estudio de la zona, se seleccionaron los puntos de muestreo los que se ubicaron distribuido en los cuatro puntos cardinales (**Anexo 13**), con el objetivo de analizar, como se comportaba la concentración de los contaminantes en las diferentes zonas de la comunidad, teniendo en cuenta la dirección de los vientos predominantes, (**Anexo 14**). Además se tuvo en cuenta el asentamiento poblacional y la ubicación de la empresa azucarera.

Después de haber tomado las muestras y analizadas en el laboratorio, con estos resultados se calcularon la concentración de dióxido de azufre y de partículas totales suspendidas mediante las fórmulas que se relacionan a continuación:

$$C_{SO_2} = \frac{321 * MLNa_2CO_3}{V_a}$$

V_a

$$C_{PTS} = \frac{(5.07 * S)}{V_a}$$

V_a

$$V_a = F_f - F_i$$

Simbología.

C_{PTS} : Concentración de partículas totales suspendidas.

V_a : Volumen de aire muestreado.

C_{SO_2} : Concentración de dióxido de azufre.

S : Concentración de humos en la superficie de papel de filtro.

F_f : Flujo de aire final.

F_i : Flujo de aire inicial.

Estos resultados permitieron confeccionar las tablas de a continuación se presentan:

Tabla 3.12 Resultado de las mediciones atmosféricas en mg/m³.

Año 1999					
Punto:# 1			Punto:# 2		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	26.15	31.14	Enero	28.02	32.56
Febrero	30.02	61.46	Febrero	33.12	63.27
Marzo	33.21	59.18	Marzo	30.06	62.43
Abril	31.11	62.25	Abril	31.45	61.26
Mayo	20.78	45.58	Mayo	27.42	42.14
Junio	21.58	25.56	Junio	20.12	21.34
Julio	18.56	20.47	Julio	17.45	20.66
Agosto	18.2	22.56	Agosto	20.01	22.32
Septiembre	19.45	21.34	Septiembre	19.02	20.11
Octubre	22.12	18.55	Octubre	18.78	21.87
Noviembre	16.22	18.8	Noviembre	17.33	18.5
Diciembre	20.13	21.77	Diciembre	20.22	30.89

Punto:# 3			Punto:# 4		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	21.99	32.21	Enero	21.43	30.72
Febrero	27.34	50.06	Febrero	28.64	42.04
Marzo	24.44	38.2	Marzo	29.73	45.02
Abril	28.12	41.65	Abril	32.54	40.1
Mayo	30.89	32.12	Mayo	21.04	30.16
Junio	13.67	23.11	Junio	17.46	21.22
Julio	18.58	20.44	Julio	19.86	18.85
Agosto	16.95	19.4	Agosto	17.01	19.98
Septiembre	15.21	16.2	Septiembre	15.24	21.71
Octubre	18.6	16.3	Octubre	17.23	16.03
Noviembre	17.2	12.45	Noviembre	16.85	18.4
Diciembre	18.01	19.78	Diciembre	22.12	35.77

Fuente: Mediciones realizadas

Año 2000					
Punto:# 1			Punto:# 2		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	28.15	32.14	Enero	29.01	31.55
Febrero	30.01	63.47	Febrero	30.12	62.28
Marzo	31.21	60.18	Marzo	31.06	63.44
Abril	30.11	60.25	Abril	30.44	61.25
Mayo	19.78	41.58	Mayo	26.44	41.11
Junio	19.58	21.22	Junio	19.87	20.45
Julio	18.56	20.47	Julio	19.68	21.68
Agosto	19.22	22.34	Agosto	19.84	20.24
Septiembre	18.47	19.99	Septiembre	18.96	19.88
Octubre	19.68	19.75	Octubre	19.78	18.78
Noviembre	17.44	19.85	Noviembre	19.55	19.52
Diciembre	20.55	23.79	Diciembre	19.57	22.74

Punto:# 3			Punto:# 4		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	20.47	30.21	Enero	20.45	29.74
Febrero	29.41	44.02	Febrero	28.64	42.041
Marzo	26.45	40.21	Marzo	28.78	41.03
Abril	32.14	40.56	Abril	29.55	41.55
Mayo	29.88	35.12	Mayo	24.02	30.14
Junio	16.67	21.15	Junio	16.44	20.04
Julio	17.55	19.87	Julio	15.88	19.85
Agosto	17.95	18.45	Agosto	16.01	18.97
Septiembre	17.23	17.22	Septiembre	16.24	19.74
Octubre	17.69	17.45	Octubre	15.97	17.14
Noviembre	16.24	17.61	Noviembre	15.88	17.41
Diciembre	18.99	19.87	Diciembre	19.07	19.78

Fuente: Mediciones realizadas.

Año 2001					
Punto:# 1			Punto:# 2		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	31.25	41.21	Enero	32.78	48.25
Febrero	32.44	58.47	Febrero	31.25	59.08
Marzo	31.22	54.29	Marzo	31.44	61.04
Abril	33.15	55.46	Abril	30.02	58.33
Mayo	21.12	38.14	Mayo	28.2	35.41
Junio	20.54	21.22	Junio	20.21	25.04
Julio	18.45	20.14	Julio	20.33	26.01
Agosto	18.64	20.15	Agosto	18.23	22.11
Septiembre	17.77	21.34	Septiembre	19.47	23.02
Octubre	19.54	20.18	Octubre	18.99	19.87
Noviembre	18.88	21.33	Noviembre	19.01	21.55
Diciembre	19.57	23.14	Diciembre	20.45	25.41

Punto:# 3		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	29.54	38.25
Febrero	28.33	40.14
Marzo	28.41	40.25
Abril	26.44	41.78
Mayo	20.47	22.24
Junio	17.68	19.87
Julio	17.88	18.99
Agosto	17.23	18.46
Septiembre	16.17	19.77
Octubre	15.26	19.75
Noviembre	15.47	19.01
Diciembre	16.88	20

Punto:# 4		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	19.04	28.24
Febrero	28.24	40.11
Marzo	30.22	44.8
Abril	29.64	42.88
Mayo	15.66	31.58
Junio	15.87	22.33
Julio	16.84	20.74
Agosto	16.33	20.69
Septiembre	15.89	19.07
Octubre	15.61	19.47
Noviembre	16.01	20.14
Diciembre	16.88	21.35

Fuente: Mediciones realizadas

Año 2002					
Punto:# 1			Punto:# 2		
Meses	C _{SO2}	C _{PPTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PPTS}
Enero	29.75	31.21	Enero	28.34	34.44
Febrero	29.12	61.23	Febrero	31.12	62.1
Marzo	30.22	58.44	Marzo	30.24	61.25
Abril	28.77	60.31	Abril	31.81	60.24
Mayo	18.15	21.21	Mayo	20.33	23.04
Junio	18.67	20.14	Junio	19.02	22.21
Julio	17.22	20.65	Julio	19.44	24.33
Agosto	18.01	22.11	Agosto	19.97	23.11
Septiembre	18.55	20.11	Septiembre	19.64	21.14
Octubre	19.54	19.99	Octubre	20.01	20.31
Noviembre	18.88	19.87	Noviembre	19.48	21.56
Diciembre	19.02	20.22	Diciembre	19.74	23.14

Punto:# 3			Punto:# 4		
Meses	C _{SO2}	C _{PPTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PPTS}
Enero	20.78	31.75	Enero	20.47	29.52
Febrero	28.55	41.22	Febrero	28.22	41.02
Marzo	27.22	43.11	Marzo	29.34	42.21
Abril	25.26	40.12	Abril	28.57	41.55
Mayo	20.11	35.01	Mayo	19.44	28.12
Junio	17.66	20.16	Junio	16.41	20.04
Julio	18.03	21.35	Julio	15.22	20.48
Agosto	17.28	17.24	Agosto	15.47	19.52
Septiembre	18.01	18.22	Septiembre	17.77	19.88
Octubre	17.33	18.64	Octubre	16.01	18.94
Noviembre	16.24	17.97	Noviembre	15.54	19.51
Diciembre	17.21	20.11	Diciembre	17.78	19.97

Fuente: Mediciones realizadas

Año 2003					
Punto:# 1			Punto:# 2		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}	Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	16.33	19.87	Enero	19.74	20.14
Febrero	30.1	55.26	Febrero	30.07	52.21
Marzo	27.14	44.94	Marzo	31.16	55.13
Abril	28.41	51.06	Abril	31.49	52.34
Mayo	18.29	20.42	Mayo	19.19	22.08
Junio	17.63	20.35	Junio	18.17	24.37
Julio	17.96	19.8	Julio	20.99	25.41
Agosto	17.14	21.2	Agosto	19.97	23.19
Septiembre	18.23	19.77	Septiembre	20.35	24.55
Octubre	19.54	20.22	Octubre	20.45	19.55
Noviembre	17.88	19.87	Noviembre	18.62	20.17
Diciembre	16.97	20.33	Diciembre	19.88	19.31

Punto:# 3		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	28.59	42.61
Febrero	26.46	47.42
Marzo	25.55	43.39
Abril	16.84	21.95
Mayo	16.21	20.17
Junio	15.92	19.89
Julio	15.92	19.89
Agosto	17.55	18.55
Septiembre	16.47	19.76
Octubre	18.31	19.44
Noviembre	15.33	20.14
Diciembre	15.68	19.85

Punto:# 4		
Meses	C _{SO2}	C _{PTS}
Enero	30.07	52.20
Febrero	31.16	55.13
Marzo	31.49	52.30
Abril	19.19	22.08
Mayo	18.17	24.37
Junio	20.99	25.41
Julio	14.7	20.19
Agosto	16.33	20.11
Septiembre	15.22	19.85
Octubre	15.78	19.34
Noviembre	14.24	20.17
Diciembre	16.23	19.99

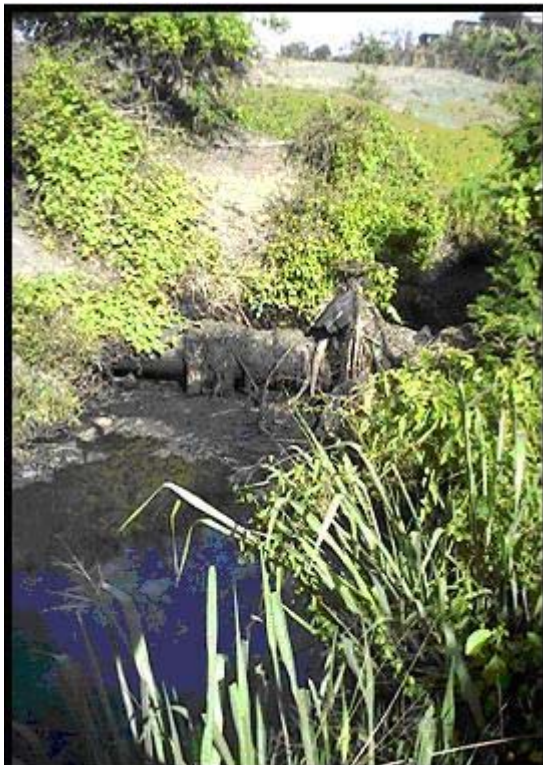
Fuente: Mediciones realizadas

Como se puede observar en los puntos de muestreos 1 y 2 se reportan mayores valores de concentración de dióxido de azufre (SO₂) y partículas totales suspendidas (PTS), esto

se debe a que dicha zona se encuentra más cerca del foco de contaminación y a la dirección de los vientos predominantes. (**Anexo 13**)

Con estos resultados se puede decir que las partículas sólidas y el SO₂ son los causantes principales de la contaminación de la atmósfera de esta zona, no quedando duda alguna de que las partículas sólidas provenían del central en mayor cuantía y no así las del SO₂, dada las características del central que utiliza bagazo como combustible, que no se caracteriza por emitir concentraciones apreciables de este gas, se procedió entonces a realizar una búsqueda para determinar las posibles fuentes de emisión de SO₂ en la zona, llegándose a concluir por medio de consultas a expertos, que este gas provenía de las lagunas de oxidación de la Destilería anexa al Central, más la contribución de la combustión del transporte automovilístico y de la caldera de la destilería que combustiona crudo cubana con un 7% de azufre cuando el central no puede abastecerla con el vapor que genera partir de la combustión del bagazo. A continuación se describe el proceso que tiene lugar en la producción del alcohol para tratar de demostrar su presencia.

Según la información recibida, para ajustar el pH de la batición en la Destilería, se añade 0.50 Kg de ácido sulfúrico H₂SO₄ al 92 % por hectolitro de alcohol y 0,050Kg/Hl de (NH₄)₂SO₄ para la nutrición de la levadura, lo que quiere decir que existe formación de sales de Azufre que llegan al sistema de tratamiento de residuales líquidos y que intervienen en el proceso de degradación de la materia orgánica, si a esto añadimos la baja eficiencia con que opera este sistema y que por simple inspección visual se detecta por su coloración en ocasiones rosado, rosado lechoso o rojizo con formación de espumas carmelitas, se puede inferir la presencia de bacterias reductoras (Desulfobrio) que reducen estas sales a Sulfuros con la consecuente producción de olores ofensivos, especialmente en las horas del crepúsculo y el amanecer. En las fotos que a continuación se presentan se observan los sistemas de vertimiento y tratamiento de los residuales de la Empresa azucarera Melanio Hernández específicamente de la Destilería anexa a esta empresa.



1. Vertimiento de residuales Empresa Azucarera "Melanio Hernández" Destilería anexa

Mayo 21/2004. Yordanis G. Puerta de Armas



2. Sistema de tratamiento de residuales Empresa Azucarera "M. Hernández" Destilería anexa

Mayo 21/2004. Yordanis G. Puerta de Armas



3. Sistema de tratamiento de residuales Empresa Azucarera "M. Hernández" Destilería anexa
Mayo 21/2004. Yordanis G. Puerta de Armas

Estas zonas de mayor concentración de contaminantes coincide con las áreas de salud de mayor cantidad de casos de enfermedades respiratorias y donde mayor incidencia existe de estas enfermedades, según datos de los departamentos de estadísticas de las diferentes áreas de salud y de la dirección municipal de Higiene y Epidemiología.

Resultados de la modelación de la dispersión de la concentración de contaminantes de la destilería. Empleando combustibles fósiles.

Como parte del trabajo se calculó de la dispersión de contaminantes también se estimaron las expulsiones asociadas con la destilería para el procesamiento de la biomasa. Se obtuvieron los siguientes resultados a partir de los datos tecnológicos de las fuentes emisoras y para estimar las emisiones en la fuente a partir de la utilización de factores de

emisión para este tipo de proceso y con los datos de flujo de producción suministrados por los especialistas de la empresa.

Las siguientes tablas muestran los resultados alcanzados a partir de la utilización del modelo **DISPER** versión 1.0, metodología según la Norma Cubana de Calidad del Aire (NC39:1999). En las Tablas 3.14 a la 3.17 se muestran las Concentraciones Máximas estimadas para el dióxido de azufre (SO₂), las partículas y el dióxido de nitrógeno (NO₂) en la destilería (producción de alcoholes). En el caso del proceso de obtención de alcoholes en la destilería, los valores obtenidos a partir del modelo muestran que el dióxido de azufre, las partículas y el NO₂ son los contaminantes atmosféricos cuyas concentraciones máximas estimadas son superiores a la concentración máximas admisible de esta sustancia establecidas por la Norma Cubana para plazos de 20 minutos.

Tabla 3.13 Valores de Concentración Máxima estimados en la Destilería “ Paraíso” para el SO₂ según el modelo DISPER

Contaminante	Cma Horaria (mg/m³)	Concentración Máxima estimada (mg/m³)
SO ₂	0.5	10.5
Distancia Máxima (m)	-	209
Velocidad Peligrosa (m/s)	-	3.2

Cma: concentración máxima admisible

Tabla 3.14 Valores de Concentración Máxima estimados en la Destilería para las Partículas según el modelo DISPER

Contaminante	Cma (mg/m³)	Concentración Máxima estimada (mg/m³)
PARTÍCULAS	0.1	5.8
Distancia Máxima (m)	-	209
Velocidad Peligrosa (m/s)	-	3.2

Cma de 0.1 porque tiene un contenido de óxido de Sílice de 0.75

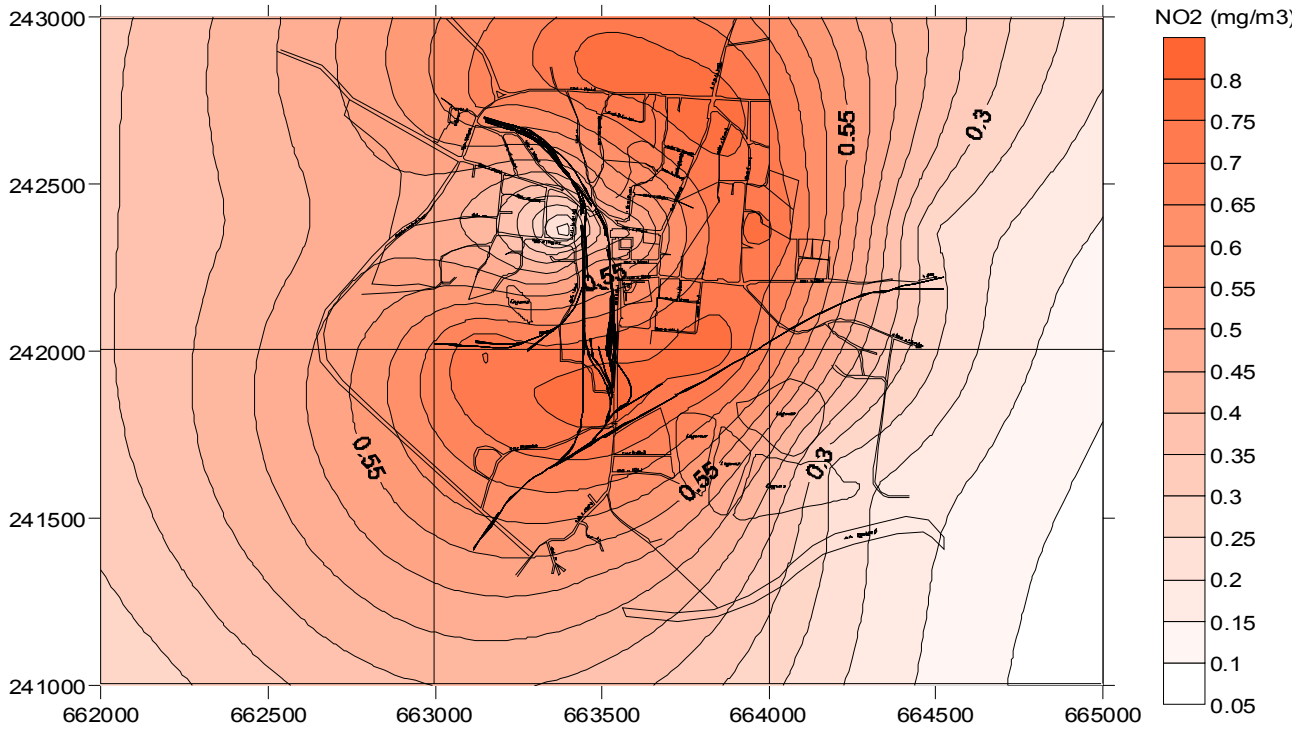
Tabla 3.15 Valores de Concentración Máxima estimados en la Destilería para el NO₂ según el modelo DISPER

Contaminante	Cma (mg/m³)	Concentración Máxima estimada (mg/m³)
NO ₂	0.085	0.8
Distancia Máxima (m)	-	209
Velocidad Peligrosa (m/s)	-	3.2

En las **Figuras 3.3, 3.4 , 3.5 y 3.6** se aprecian la distribución espacial de las concentraciones calculadas para el SO₂ las partículas y el NO₂ según los valores representados, el área de estudio se encuentra afectada por concentraciones superiores a la concentración máxima admisible. Siendo para el SO₂ el valor máximo absoluto de 10.5 mg/m³ , para las partículas de 5.8 mg/m³ y por ultimo para el NO₂ es de 0.8 mg/m³ ambos ocurren a una distancia máxima entre 500 y 550 metros que lo sitúa muy cerca del limite entre la destilería y la zona poblada colindante.

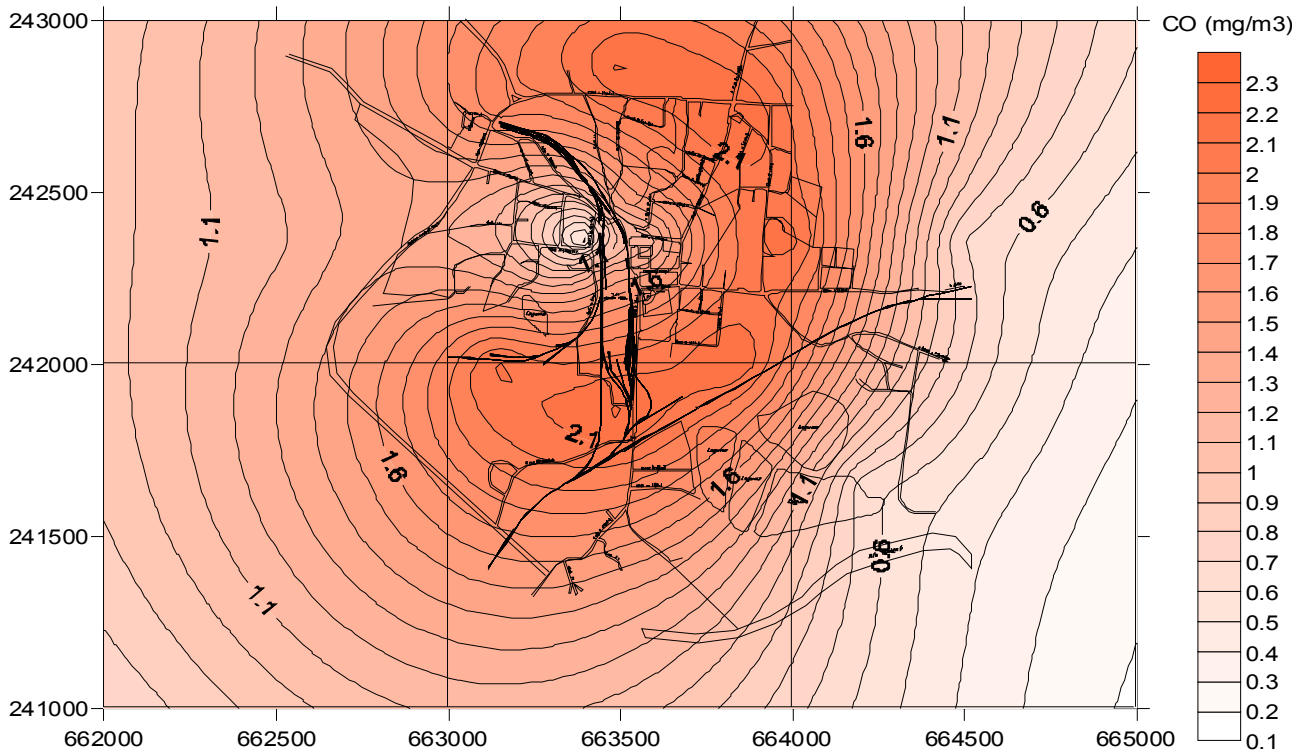
Si se observan detenidamente los mapas de dispersión para cada uno de los contaminantes que emite la destilería se evidencia que se afecta la población en los dieciséis rumbos del viento siendo la zona más afectada le la dirección del viento predominate.

Figura 3.3 Distribución espacial del NO₂ (mg/m³)



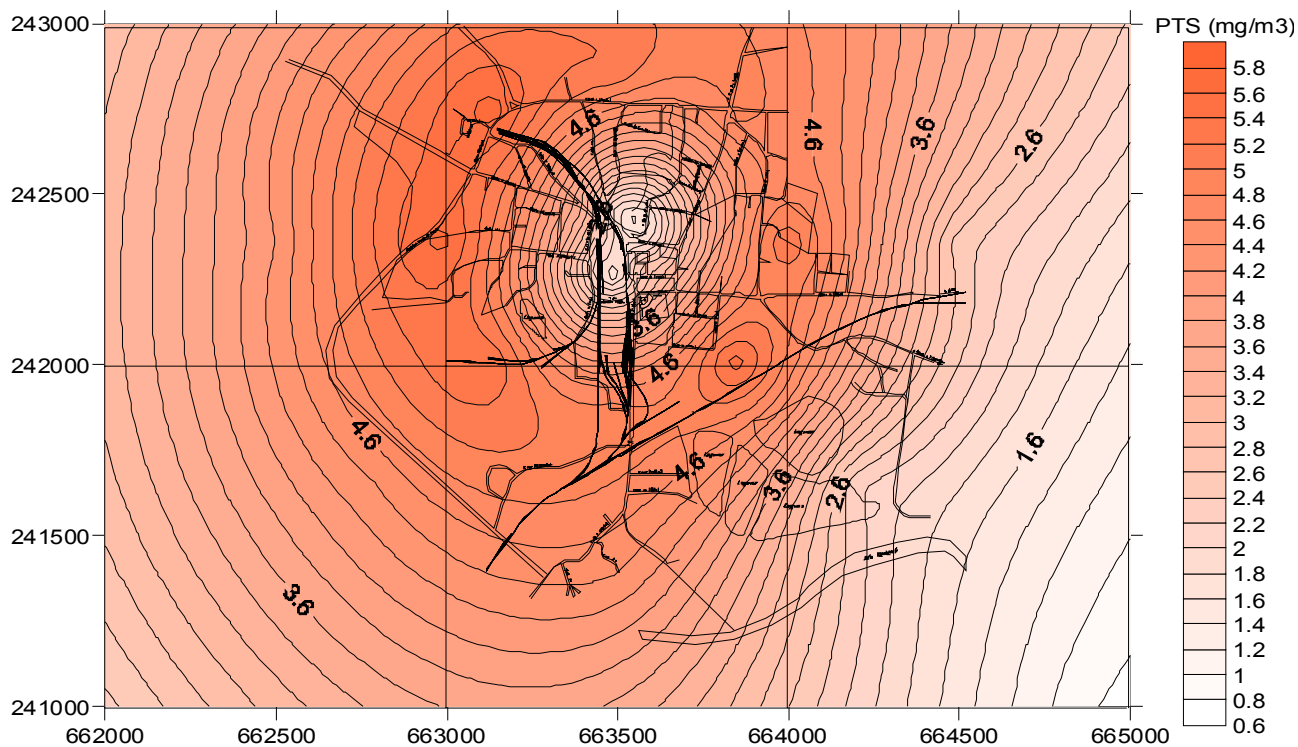
Fuente: Modelo DISPERS

Figura 3.4 Distribución espacial del CO (mg/m³)



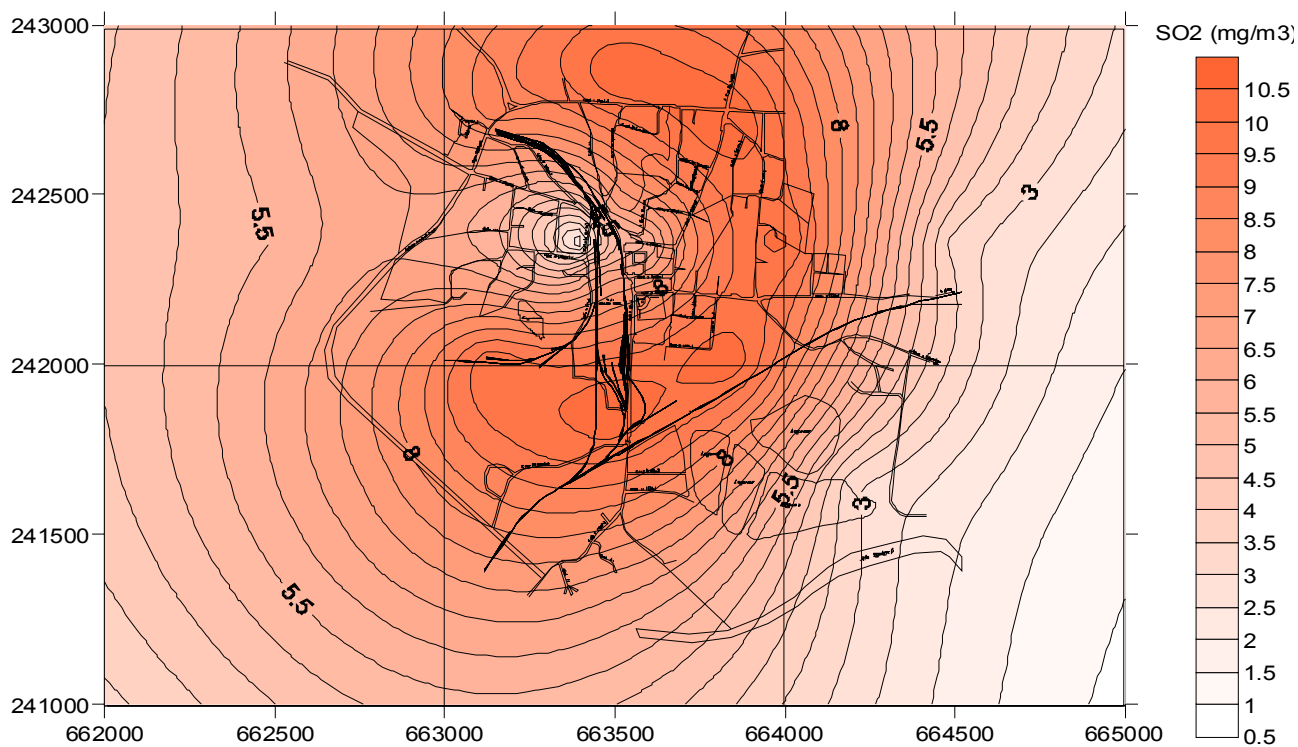
Fuente: Modelo DISPERS

Figura 3.5 Distribución espacial del PTS (mg/m³)



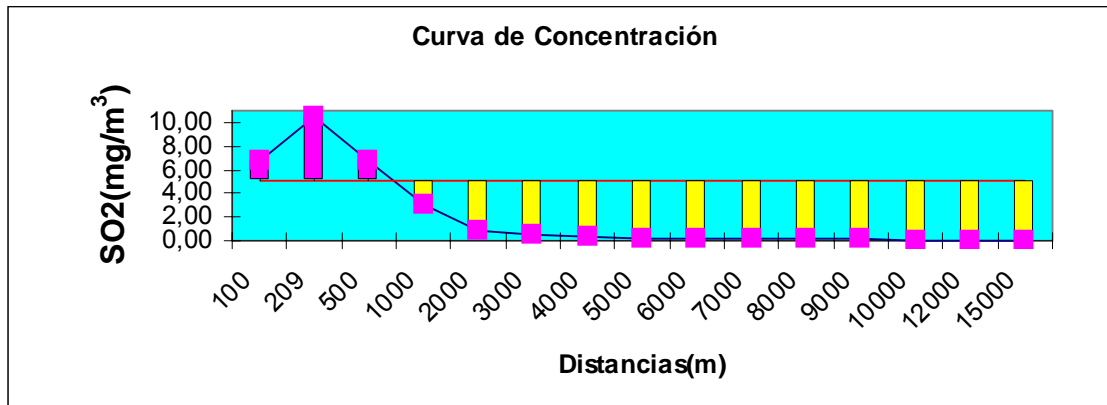
Fuente: Modelo DISPER

Figura 3.6 Distribución espacial del SO₂ (mg/m³)



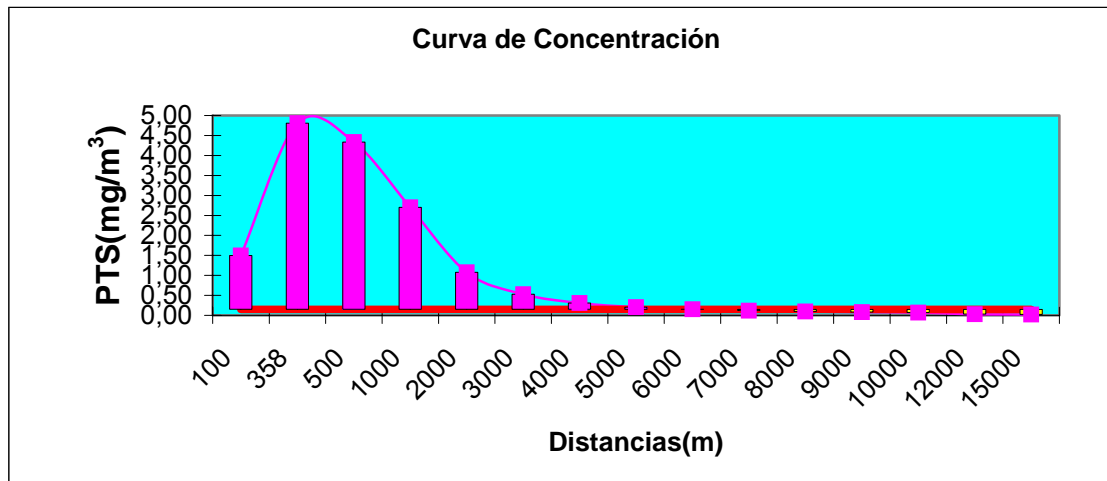
Fuente: Modelo DISPER

Figura 3.7: Comportamiento a lo largo del eje central del penacho de las concentraciones de SO₂ en la Destilería Paraíso.



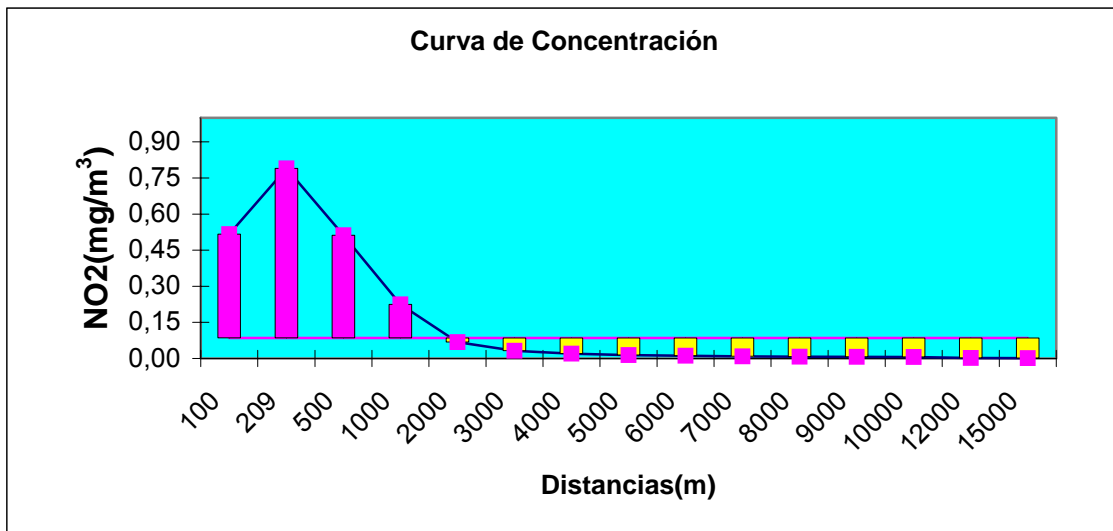
A los 209 metros se alcanza una concentración máxima estimada de 10.00 mg/m³ y a los 500 metros una de 8 mg/m³

Figura 3.8: Comportamiento a lo largo del eje central del penacho de las concentraciones de PTS en la Destilería Paraíso



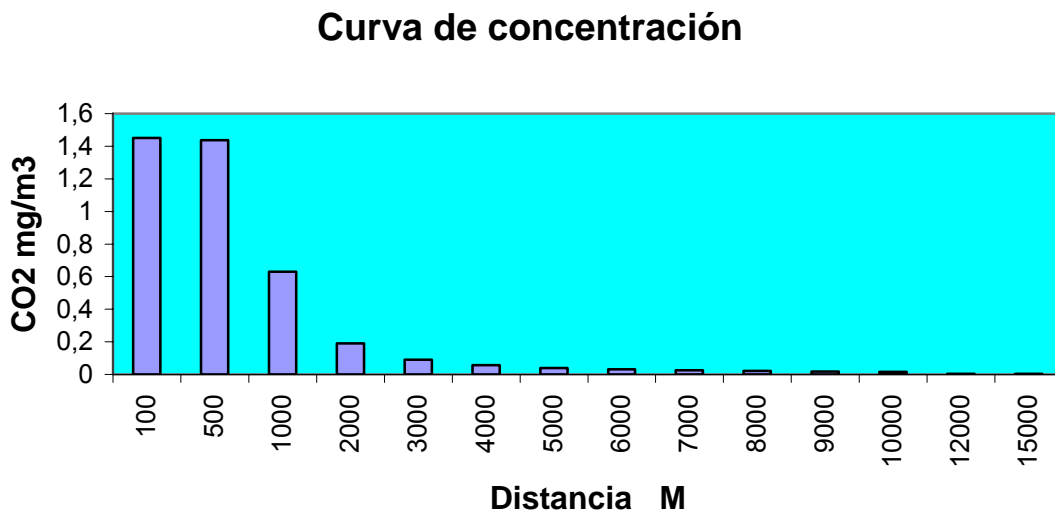
Entre los 350 metros y 500 metros puede alcanzar concentraciones máximas estimadas de 4.50 mg/m³ a 5.00 mg/m³ y hasta los 4000 metros se mantiene una concentración de 0.50 mg/m³.

Figura 3.9: Comportamiento a lo largo del eje central del penacho de las concentraciones de NO₂ en la destilería Paraíso.



A los 209 metros se tiene una concentración máxima estimada de 0.75 mg/m³ y a los 500 0.50 mg/m³

Figura 3.10: Comportamiento a lo largo del eje central del penacho de las concentraciones de CO en la Destilería Paraíso.



De los 100 metros a los 500 metros la concentración máxima estimada es de 1.4 disminuyendo a 0.6 mg/m³a partir de los 1000 metros

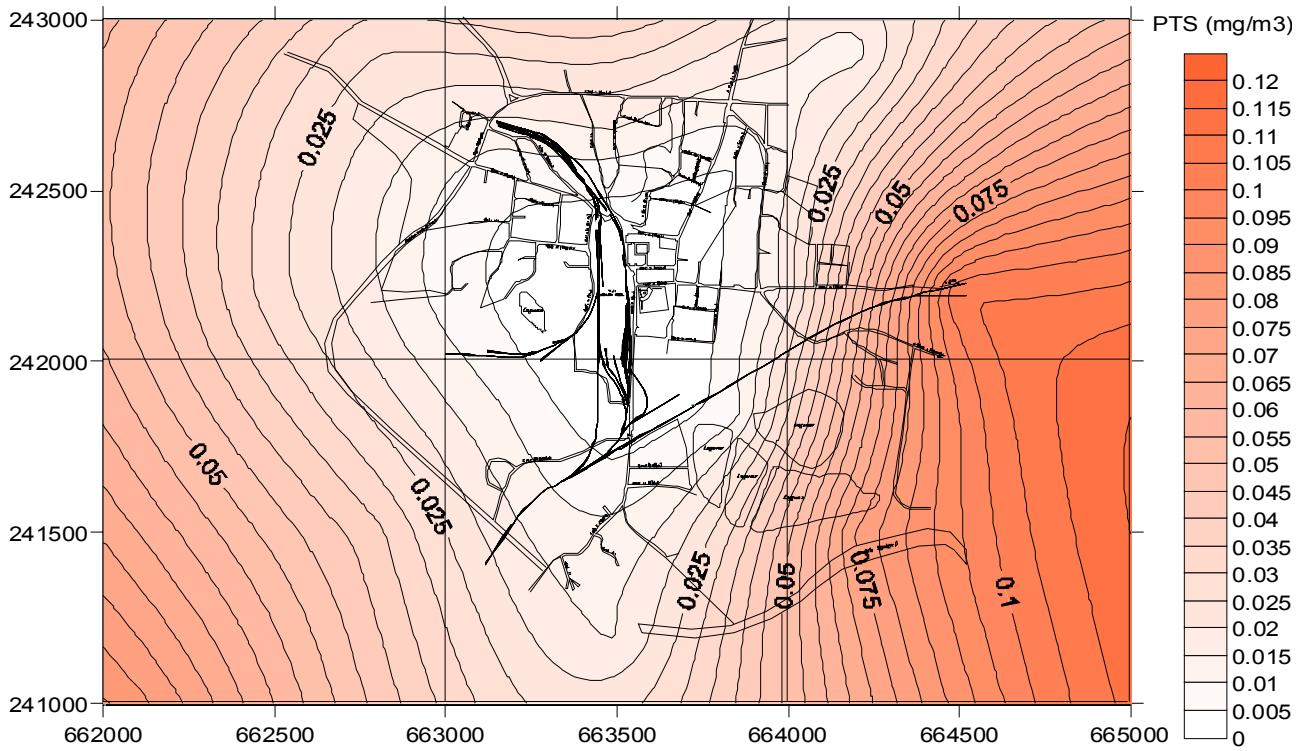
Resultados de la modelación de la dispersión de contaminantes en la Empresa azucarera Melanio Hernández en época de zafra. No emplea combustibles fósiles solamente quema de biomasa (bagazo de caña)

En la Tabla 3.16 y **Figura 4** se aprecian las concentraciones calculadas para las partículas y según los valores representados, el área de estudio se encuentra afectada por concentraciones superiores a la concentración máxima admisible. Siendo el valor máximo absoluto de 0.12 mg/m^3 que ocurre a una distancia máxima de 3000 metros. La Cma se sobrepasa en este caso hasta una distancia de 1000 m. En la **Figura 5** se observan las concentraciones calculadas para el NO_2 no superando la norma cubana.

Tabla 3.16 Valores de Concentración Máxima estimados en el Central Melanio Hernández para las partículas según el modelo DISPER.

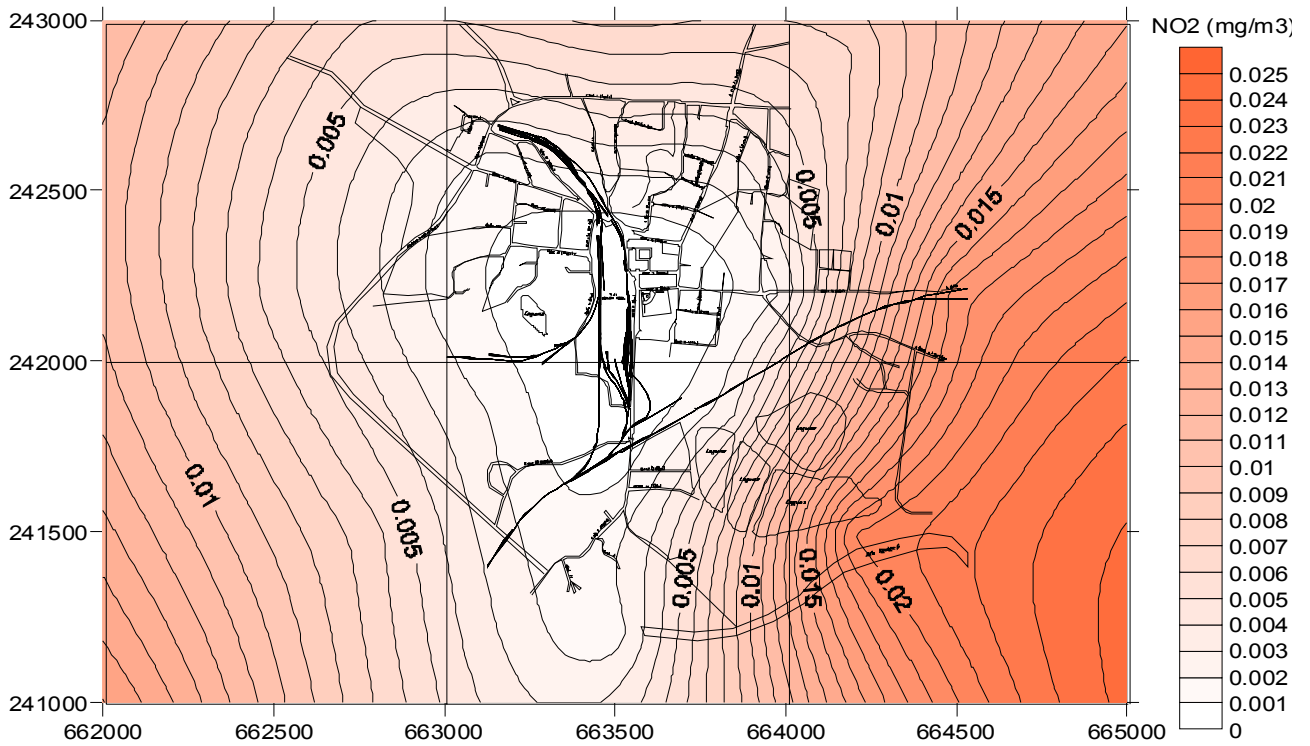
Contaminante	Cma (mg/m^3)	Concentración Máxima estimada (mg/m^3)
Partículas	0.15	0.12
Distancia Máxima (m)	-	1000
Velocidad Peligrosa (m/s)	-	3.9

Figura 4 Distribución espacial de PTS (mg/m³)



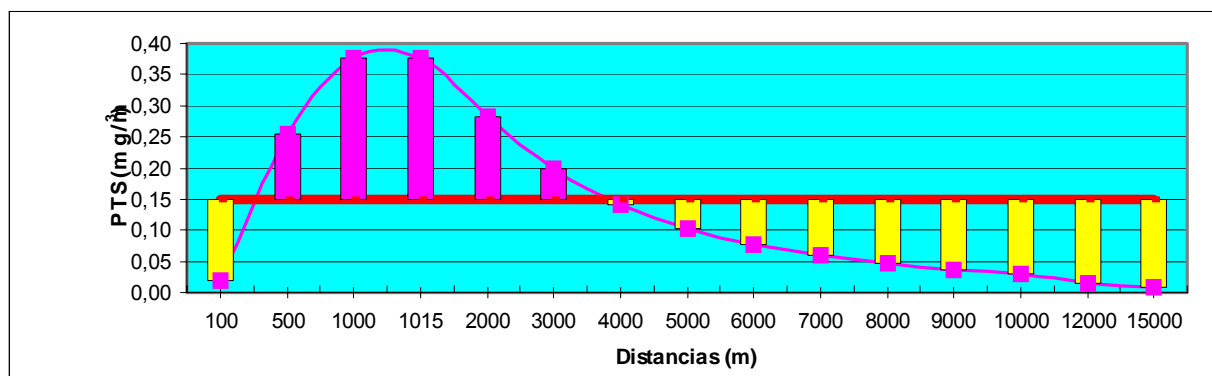
Fuente modelo DISPER

Figura 4.1 Distribución espacial de NO₂ (mg/m³)



Fuente modelo DISPER

Figura 4.2 Comportamiento a lo largo del eje central del penacho de las concentraciones de PTS para las partículas en la Empresa Azucarera Melanio Hernández.



A partir de los 500 metros se comienzan a observar valores de 0.26 mg/m^3 alcanzando la concentración máxima estimada en los 1000 y 1015 metros de 0.35 mg/m^3

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

La prueba no paramétrica de Mann-Whitney del paquete estadístico SPSS indica que en los meses de zafra o de molida y en los meses de no zafra y de no molida con relación a la frecuencia de IRA es significativa obteniéndose como resultado 0.000 menor que 0.5 como puede observarse en la tabla 3.17.

Tabla 3.17 Significado de las IRA con relación a los meses de zafra y no zafra

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
IRA	Temporada de molida	30	44.55	1336.50
	Temporada de no molida	30	16.45	493.50
	Total	60		

Resultados de las pruebas para determinar si hay asociación entre PTS, SO₂ y puntos

- Lambda: Cuando se conoce un valor de PTS o SO₂ se tiene un 82% con una significación de 0.00000 de mejora en el punto a que pertenece por lo que se puede pronosticar a que punto pertenece un valor determinado de concentración de un contaminante, esto reafirma los resultados obtenidos en la modelación por el modelo DISPER.
- Coeficiente de correlación lineal

Tabla 3.18: Resultado de la correlación lineal

Caso de estudio	Correlaciones
1	ASMA contra PTS 0.3943 para una significación de 0.000, siendo altamente significativa
2	ASMA contra SO ₂ 0.4249 para una significación de 0.000, siendo altamente significativa
3	IRA contra PTS 0.3750 para una significación de 0.0, siendo altamente significativa
4	IRA contra SO ₂ 0.4037 para una significación de 0.0 siendo altamente significativa

Fuente: Estudio realizado

Como puede observarse a medida que aumenta la concentración del contaminantes aumenta la morbilidad de las enfermedades.

Para el caso de estudio 1 en la medida que aumenta la concentración de PTS aumenta el ASMA en un 39% . En el caso 2 en la medida que aumenta el SO₂ aumenta el ASMA en un 42%. Los casos 3 y 4 tienen un comportamiento similar a medida que aumenta la concentración de PTS aumentan las IRA en un 37% y cuando se incrementa la concentración de SO₂ aumentan las IRA en un 40%

- Coeficiente de correlación de Kendall

Tabla 3.19: Resultados de la correlación de Kendall

Caso de estudio	Correlaciones
1	ASMA contra PTS 0.2597 para una significación de 0.00, siendo altamente significativa
2	ASMA contra SO ₂ 0.3245 para una significación de 0.00, siendo altamente significativa
3	IRA contra PTS 0.2803 para una significación de 0.00, siendo altamente significativa
4	IRA contra SO ₂ 0.3370 para una significación de 0.0 siendo altamente significativa

Fuente: Estudios realizados

Para el caso 1 el 25% de todos los pares es concordante, en el caso 2 32% de todos los pares es concordante, el caso presenta el 28% de todos sus pares concordante y el caso 4 tiene el 33% de todos sus pares concordantes.

- Coeficiente de correlación de Spearman

Tabla 3.20: Resultados del coeficiente de correlación de Spearman

Caso de estudio	Correlaciones
1	ASMA contra PTS 0.3667 para una significación de 0.000, siendo altamente significativa
2	ASMA contra SO ₂ 0.4442 para una significación de 0.000, siendo altamente significativa
3	IRA contra PTS 0.4002 para una significación de 0.00, siendo altamente significativa
4	IRA contra SO ₂ 0.4841 para una significación de 0.00 siendo altamente significativa

Fuente: Estudio realizado

Varias pruebas estadísticas demuestran que hay una fuerte asociación entre ASMA – PTS, ASMA-SO₂ , IRA-PTS y IRA-SO₂ .

Resultados de las pruebas para determinar la posible asociación de ASMA, PTS y SO₂ por meses:

- Coeficiente de correlación de lineal

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ASMA-PTS	0.0869	0.814	0.772	0.731	0.162	0.440	0.437	0.506	0.3052	0.333	0.343	0.180
	0.716	0.000	0.000	0.000	0.493	0.052	0.054	0.001	0.191	0.151	0.139	0.446
ASMA_SO ₂	0.327	0.567	0.539	0.234	0.101	0.682	0.127	0.577	0.707	0.731	0.514	0.386
	0.152	0.009	0.015	0.327	0.671	0.001	0.592	0.00	0.000	0.000	0.020	0.091

- Coeficiente de correlación de Kendal

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ASMA-PTS	0.0653	0.507	0.543	0.566	0.133	0.367	0.315	0.414	0.278	0.238	0.158	0.329
	0.695	0.003	0.002	0.001	0.451	0.035	0.076	0.016	0.105	0.157	0.335	0.057
ASMA_SO ₂	0.1963	0.918	0.401	0.160	0.048	0.507	0.229	0.461	0.558	0.501	0.365	0.306
	0.239	0.013	0.020	0.360	0.784	0.003	0.198	0.008	0.001	0.003	0.032	0.077

- Coeficiente de correlación de Spearman

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ASMA-PTS	0.089	0.719	0.725	0.761	0.180	0.457	0.415	0.590	0.441	0.376	0.309	0.497
	0.708	0.000	0.000	0.000	0.448	0.042	0.068	0.006	0.051	0.102	0.184	0.026
ASMA_SO ₂	0.252	0.581	0.496	0.259	0.051	0.668	0.269	0.600	0.742	0.763	0.547	0.410
	0.288	0.007	0.026	0.270	0.838	0.001	0.251	0.005	0.000	0.000	0.013	0.072

Resultados de las pruebas para determinar la posible asociación de IRA, PTS y SO₂ por meses:

- Coeficiente de correlación de lineal

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
IRA-PTS	0.364	0.730	0.679	0.603	0.150	0.105	0.450	0.629	0.599	0.610	0.447	0.161
	0.114	0.000	0.001	0.005	0.526	0.558	0.046	0.003	0.005	0.004	0.48	0.497
IRA_SO ₂	0.029	0.602	0.417	0.424	0.009	0.359	0.672	0.564	0.668	0.688	0.799	0.488
	0.902	0.005	0.067	0.062	0.968	0.119	0.001	0.010	0.001	0.001	0.000	0.029

- Coeficiente de correlación de Kendal

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
IRA-PTS	0.107	0.492	0.288	0.466	0.242	0.189	0.350	0.455	0.491	0.450	0.421	0.323
	0.515	0.003	0.079	0.005	0.148	0.264	0.034	0.007	0.003	0.007	0.011	0.050
IRA_SO ₂	0.112	0.449	0.273	0.324	0.055	0.275	0.490	0.439	0.422	0.501	0.587	0.415
	0.494	0.006	0.097	0.050	0.743	0.101	0.003	0.009	0.012	0.003	0.000	0.012

- Coeficiente de correlación de Spearman

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
IRA-PTS	0.174	0.682	0.549	0.644	0.275	0.275	0.461	0.660	0.669	0.655	0.537	0.410
	0.461	0.001	0.012	0.002	0.239	0.240	0.041	0.002	0.001	0.002	0.015	0.072
IRA_SO ₂	0.144	0.562	0.359	0.475	0.079	0.469	0.665	0.638	0.633	0.720	0.758	0.550
	0.542	0.010	0.120	0.034	0.741	0.037	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000	0.012

Análisis de variansa (Repetir ASMA contra años y meses como variables directas a repetir (factores) y covariantes (SO₂ y PTS))

La variación del ASMA es significativamente diferente de 0 para el SO₂ y PTS como covariante y los meses como factores (la variabilidad del ASMA es independiente de las PTS, SO₂).

Análisis de series de tiempo (Comportamiento en el tiempo de la enfermedad)

Se detienen 11 variables ficticias:

M1- vale 1 en enero

M2-vale 1 en febrero Hasta noviembre y en diciembre es 1

Entran todas las variables menos los años porque tiene un comportamiento similar.

MEDICIÓN DEL EFECTO ECONÓMICO DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Para realizar este análisis se utilizó el método de valoración propuesto, determinando los gastos que implican las IRA y las Crisis de Asma Bronquial (CAAB), debido a la contaminación atmosférica, tanto para las familias, el presupuesto del Estado y las empresas.

GASTOS ASUMIDOS POR EL PRESUPUESTO DEL ESTADO.

➤ Gastos Hospitalarios:

Morbilidad x % de enfermos hospitalizados x gastos hospitalarios/días x promedio de días al año hospitalizados por paciente.

$$475 \times 0.01 \times 72.45 \times 3 = \$1032,41 \text{ /año} \quad \text{----- ASMA}$$

$$3509 \times 0.01 \times 72.45 \times 3 = \$ 7626,81 \text{ /año} \quad \text{----- IRA}$$

El % de hospitalizados se estimó a partir de las encuestas aplicadas.

Los 3 días de hospitalización se estimó como valor medio.

Se tomó como base para el cálculo el año 2002, teniendo en cuenta los valores estadísticos de morbilidad de las enfermedades.

Simbología.

x: Signo de multiplicación

\$: Pesos

➤ Gasto por asistencia a cuerpo de guardia:

Morbilidad x % de enfermos que refieren haber asistido a cuerpo de guardia x gastos de cuerpo de guardia por pacientes.

$$475 \times 0.76 \times 5.30 = \$1\,913,30 \text{ /año} \text{ ----- ASMA}$$

$$3509 \times 0.07 \times 5.30 = \$\,1\,301,83 \text{ /año} \text{ ----- IRA}$$

El % de asistencia al cuerpo de guardia se estimó a partir de las encuestas aplicadas.

➤ Gastos por asistencia médica:

Morbilidad x % de trabajadores que refieren haber asistido al médico / # de pacientes atendidos por día x salario del medico por día

$$(475 \times 0.76) / 16 \times 22.20 = \$500,88 \text{ /año} \text{ ----- ASMA}$$

$$(3509 \times 0.30) / 16 \times 22.20 = \$\,1\,460,62 \text{ /año} \text{ ----- IRA}$$

Para la estimación de estos gastos se consideró solamente el salario de los médicos de las familias y que consultaban 16 pacientes por días.

GASTOS ASUMIDOS POR LAS EMPRESAS.

➤ Gastos por afectación por certificados:

Morbilidad x índice de trabajadores x % de enfermos que refieren tener crisis más de 48 horas x productividad /días x días dejados de trabajar/ año

$$475 \times 0.25 \times 0.04 \times 12.91 \times 3 = \$183,96 \text{ /año} \text{ ----- ASMA}$$

Morbilidad x índice de trabajadores x % de enfermos que refieren haber asistido al hospital x productividad /días x días dejados de trabajar/ año.

$$3509 \times 0.25 \times 0.07 \times 12.91 \times 3 = \$ 2378,31/\text{año} \text{ ----- IRA}$$

El índice de trabajadores del área se asumió 0.25 basándonos en el Informe Central al Congreso de la CTC, que refiere agrupar a más de tres millones de afiliados cifra que constituye el 98.6 % del total de trabajadores del país.

- Gastos por la afectación que producen que las madres dejen de trabajar para cuidar a sus hijos:

Morbilidad x % de niños x % de enfermos que refieren tener crisis más de 48 horas x productividad /días x días dejados de trabajar/ año

$$475 \times 0.12 \times 0.04 \times 12.91 \times 3 = \$ 88,30 /\text{año} \text{ ----- ASMA}$$

Morbilidad x índice de trabajadores x % de enfermos que refieren haber asistido al hospital x productividad /días x días dejados de trabajar/ año.

$$3509 \times 0.12 \times 0.07 \times 12.91 \times 3 = \$ 1 141,58 /\text{año} \text{ ---- IRA}$$

El % de niños del área se obtuvo a través de datos de la Oficina Territorial de Estadística.

GASTOS ASUMIDOS POR LAS FAMILIAS.

- Gastos por afectación del salario:

Morbilidad x índice de trabajadores x % de enfermos que refieren tener crisis más de 48 horas x salario medio/ días x días dejados de trabajar/ año

$$475 \times 0.25 \times 0.04 \times 12.73 \times 3 = \$ 181,40 \text{ /año} \text{ ----- ASMA}$$

Morbilidad x índice de trabajadores x % de enfermos que refieren haber asistido al hospital x salario medio/días x días dejados de trabajar/año.

$$3509 \times 0.25 \times 0.07 \times 12.73 \times 3 = \$ 2\,345,15 \text{ /año} \text{ ----- IRA}$$

➤ Gastos por la afectación que producen que las madres deje de trabajar para cuidar a sus hijos:

Morbilidad x % de niños x índice de trabajadores x salario medio/días x días dejados de trabajar/año.

$$475 \times 0.12 \times 0.25 \times 12.73 \times 3 = \$ 54,42 \text{ /año} \text{ ----- ASMA}$$

$$3509 \times 0.12 \times 0.25 \times 12.73 \times 3 = \$ 4\,020,26 \text{ /año} \text{ ---- IRA}$$

➤ Gastos por medicamentos:

de asmáticos x costos de los medicamentos que consumen mensualmente x 12 meses.

$$349 \times 21.40 \times 12 = \$ 89\,623,20 \text{ /año} \text{ ----- ASMA}$$

de casos x costos medio de medicamentos para enfermos con esta patología.

$$3509 \times 5.20 = \$ 18\,246,80 \text{ /año} \text{ ----- IRA}$$

Tabla 3.21. Costos totales en \$/año

Entidades de costos	ASMA \$/año	IRA \$/año	Total \$/año
Gastos Asumidos por el Presupuesto del Estado	3 446,59	10 89,26	1 335,85
Gastos Asumidos por las Empresas	272,26	3 519,89	3 792,15
Gastos Asumidos por las Familias	89 859,02	2 4612,21	114 471,23
Costos Totales	93 577,87	29 221,36	119 599,23

Fuente: Estudio realizado.

Como se puede observar en la tabla 3.21 el efecto económico del impacto de la contaminación atmosférica en la comunidad de Tuinucú es de un estimado de \$ 119 599,23, como resultado del procedimiento propuesto, destacándose los costos asumidos por las familias, lo que demuestra que la contaminación no solo tiene efectos negativos en la población en cuanto a lo que a enfermedades se refiere, sino que repercute directamente en la economía familiar.

Es de señalar que existen otros costos asociados (externalidades) que no fueron medidos y que pudieran ser objeto de valoración en otros trabajos.

5. Valoración y comparación de alternativas

Dentro de las alternativas de mitigación de los impactos ambientales se proyectan alternativas Industriales y Comunitarias que son las que se plantean a continuación.

Alternativas Industriales.

1. Instalar un sistema de depuración de gases. El sistema ciclónico que se calcula más adelante puede ser utilizado, dado a las características de las emisiones de la industria azucarera.
2. Implementar estrategias integradas y dirigidas al establecimiento de Prácticas de Producción Más Limpia. Entre las que se puede citar de forma general: mejorar la eficiencia energética, cerrar circuitos de agua, evitar el arrastre de partículas sólidas

por los vientos proveniente del área de caldera y evitar el vertimiento de sustancias peligrosas (aceites, combustibles, álcalis y ácidos).

3. Establecer programas de educación ambiental que involucre a todos los trabajadores y directivos de la empresa. Dentro de estas se pueden citar: charlas con los obreros donde se haga referencia a la temática ambiental, establecer ciclos de conferencias dirigidas a técnicos, especialistas y dirigentes, realizar talleres y concursos donde se aborden estos temas.
4. Identificar y priorizar las inversiones de interés en lo relacionado con el medio ambiente. Estas prioridades deben estar dirigidas a aquellas inversiones que den solución o mitiguen los principales problemas ambientales de la empresa, como los relacionados con el manejo de los residuales líquidos, la emisión de partículas sólidas a la atmósfera y la disminución del consumo de agua, entre otras.
5. En el contexto del plan de la economía, diferenciar las inversiones ambientales. Eso tendrá en cuenta la diferenciación de las inversiones de interés ambiental en acápites diferentes a otras inversiones que no están relacionadas con la temática.
6. Identificar los problemas relacionados con la temática ambiental y elaborar proyectos que permitan buscar diferentes vías de financiamiento para resolver los mismos. Existen vías de financiamientos nacionales e internacionales que aun no están debidamente explotadas, para resolver los problemas en las empresas, limitado por la falta de elaboración de proyecto y de gestión de estos. Estos proyectos pudieran ser presentados a: Organizaciones no Gubernamentales, créditos blandos que se establecen para la introducción de producciones más limpias, disminución arancelaria para la importación de tecnologías limpias, etc.
7. Establecer un sistema de Gestión Ambiental empresarial. Parte del sistema de gestión general de la empresa que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y

los recursos para desarrollar, implantar, realizar, revisar y mantener la política ambiental.

Alternativas comunitarias.

1. Trabajar en programas de educación ambiental que involucre a la población en general y evaluar su marcha. Tiene que ver con la ejecución de proyectos que incluyan charlas, talleres, concursos, divulgación de fechas de significación ambiental, donde tenga participación la comunidad.
2. Promover el conocimiento, a través de los programas de educación para la salud, de los problemas ambientales del territorio y orientar vías de solución. Se refiere a brindar a la población la interpretación de los diferentes problemas ambientales que afectan a la comunidad y la vinculación de cada ciudadano con estos y las vías de solucionarlos.
3. A través de los programas formales del sistema educacional dar a conocer a los estudiantes los principales problemas ambientales de la comunidad y su vinculación con cada uno de ellos. Que en los planes de estudios del sistema de educación se aborden las temáticas ambientales y los problemas de esta índole que se manifiestan en la comunidad.
4. Que los decisores a nivel de la comunidad, analicen soluciones a los problemas ambientales locales, a través de su gestión de gobierno. Que el presidente del Consejo Popular, los delegados de las diferentes circunscripciones y demás dirigentes de organizaciones políticas y de masas, conozcan los problemas ambientales que tienen lugar en la comunidad y gestionen su solución.
5. Exigir el cumplimiento de la legislación ambiental y poner en marcha un programa de información urbanística a los ciudadanos. Las autoridades locales velaran por el comportamiento adecuado de las entidades que inciden en los problemas ambientales y crearán los espacios necesarios para mantener informada a la población respecto a la conducta de los actores y de la evolución de las variables ambientales.

6. Analizar por parte de las autoridades locales, la interrelación del Ordenamiento Ambiental con el Ordenamiento Territorial en los programas de desarrollo local (*no se ha logrado articular en la práctica que el primero sirva de sustento al segundo*). Quiere decir que las autoridades locales, analicen los planes de desarrollo del territorio de manera que permitan un manejo integral de las variables ambientales, económicas y sociales con el objetivo de elevar la calidad de vida de la población.

6. Propuestas de medidas preventivas y correctoras

Teniendo en cuenta las características de las emisiones de la industria azucarera y partiendo de las ventajas que tienen los sistemas ciclónicos se calculó este a partir de la metodología de Casal y Martínez 1989.

Se asume el modelo Zenz

$$a) D_c = 1.4 \text{ m}$$

$$a = 0.5D$$

$$a = 0.5 * 1.4 = 0.7 \text{ m}$$

$$b = 0.25D$$

$$b = 0.25 * 1.4 = 0.35 \text{ m}$$

Datos necesarios para calcular di(50)

$$v = \frac{h}{a} = \frac{h/D}{a/D} = \frac{2.0}{0.5} = 4$$

$$p_s = 249.8 \text{ kg/m}^3$$

$$p_g = 1.089 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu = 0.000027 \text{ Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cálculo de di(50)

$$di = \sqrt{\frac{9b\mu}{(p - p_g)\pi\nu u}}$$

$$di(50) = \sqrt{\frac{9 * 0.35m * 0.000027 \frac{Kg}{m/s}}{(249.8kg/m^3 - 1.089kg/m^3) * 4 * 3.14 * 20m/s}} = 0.000038m = 38\mu m$$

Tabla: Eficacia

Di medio (µm)	Fracción %	di/d50	Ni%	Fracción recuperada%	Fracción Perdida%
6000	1.3	193.5	100	1.3	0
3500	2.8	112.9	100	2.8	0
1500	27.2	48.38	100	27.2	0
750	36.6	24.19	100	36.6	0
300	18.3	7.89	96	17.56	0.73
55	13.8	1.44	65	8.97	4.83
				94.44	5.56

Fuente: Datos obtenidos por la autora.

La concentración de partículas a tratar y la fracción perdida son 4.04 g/m³ y 0.0556 % respectivamente por lo tanto la emisión de PTS no separadas es de 0.22g/m³ inferior a la norma australiana que hemos tomado como referencia.

Como el flujo de salida de gases es de 430 000m³/h.

Para un D de 1.4 se dispone de un área de entrada de 1.53 m² y con una velocidad de 20m/s se pueden tratar 30.77m³ /s o 110779m³/h, necesiándose para poder manipular todo el flujo de gases de la combustión 4 ciclones

Para poder determinar si el diámetro del ciclón cumple con $\Delta p < 2500Pa$ se utilizó la ecuación siguiente ecuación

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho_g u^2}{2}$$

En función de calcular ζ se utilizó la ecuación que Casal y Martínez (1984)

$$\zeta = 11.3 \left[\frac{ab}{D_e^2} \right] + 3.33$$

$$D_e = 0.5D = 0.5 * 1.4 = 0.7m$$

$$\zeta = 11.3 \left[\frac{ab}{D_e^2} \right] + 3.33$$

$$\zeta = 11.3 \left[\frac{0.7m * 0.35m}{(0.7m^2)^2} \right] + 3.33 = 11.3[0.5] + 3.33 = 5.65 + 3.33 = 8.98$$

Una vez calculada ζ entonces se calcula la presión

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho_g u^2}{2}$$

$$\Delta p = 8.98 \frac{1.089 Kg / m^3 * 20^2 m^2 / s}{2} = 1955 Pa$$

Como la Δp obtenida es de 1955 Pa entonces se cumple que $\Delta p < 2500 Pa$ y el Dc supuesto es correcto.

7. Plan de vigilancia ambiental

Impactos a considerar

- Concentración de las, PTS, Nox ,SO₂, Control estadístico de las IRA y del ASMA , control de la emisión y de la concentración de los contaminantes variando los parámetros de operación y mantenimiento.

- Seguimiento de las externalidades ambientales.

Indicadores críticos inadmisibles de cada uno de estos impactos

Contaminante Principal	Índice 100 Calidad Aceptable		Índice 300 Límite inferior de Calidad Pésima		Índice 500 Límite inferior de Calidad Crítica	
	Diario	Horario	Diario	Horario	Diario	Horario
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0,05	0,5	0,15	1,5	0,25	2,5
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	0,04	0,085	0,12	0,255	0,2	0,425
Partículas en suspensión totales (PST)	0,1	0,3	0,3	0,9	0,5	1,5
Partículas en suspensión ≤ 10 μm (PM ₁₀); Partículas torácicas	0,05	No se aplica	0,15	No se aplica	0,25	No se aplica
Monóxido de Carbono (CO)	3	5	9	15	15	25

Enfermedades respiratorias menos de un 10% de la media nacional.

Frecuencia y programa de la toma de datos: es recomienda cada 6 meses hacer un control de las estadísticas de salud en lo referente a IRA y ASMA, realizar mediciones de la concentración de los contaminantes atmosféricos en la localidad en los periodos de zafra y de no zafra donde los responsables de esta actividad serán actores de la

comunidad y la empresa en cuestión. Repetir este estudio dentro de dos años con el objetivo de valorar el cumplimiento de las medidas.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO III.

1. El estudio de la zona mostró que existe un poblado con 4568 habitantes que se encuentra esparcido entre 3 y 5 Km de los focos contaminantes. Determinándose que la vegetación de la zona presenta una perdida notable de su endemismos y biodiversidad lo que incide de igual manera en la fauna que debiera existir. En cuanto al clima predominan las condiciones tropicales con oxilaciones diarias anuales de temperatura y precipitaciones anuales medias entre 180 y 200 mm.
2. Un estudio de la tecnología de las calderas de bagazo del central Melanio Hernández mostró que son tecnología antiguas a las que se le han hecho modificaciones elevando sus chimeneas a 66 m de altura y que unida a las modificaciones de las calderas hace que el flujo de salida de os gases sea de 11.8 m , no incluyendo en esta modificaciones del ducto factor que combina con que la dispersión de los gases sea mayor lo que favorece una mayor contaminación.
3. Análisis de concentraciones de contaminates realizadas durante 5 años en la zona de estudio mostraron la existencia de valores fuera de las normas admisibles de PTS y SO₂ fundamentalmente en los puntos 1 y 2 , que son los que más cerca están de los focos contaminates y a favor de la dirección de los vientos lo que fue demostrado con la aplicación del Modelo Disper.
4. La procedencia de PTS es fundamentalmente de la combustión del bagazo en las calderas objeto de investigación y de la destilería cuando utiliza crudo cubano, los altos contenidos de So₂ pueden ser explicados por la existencia en la zona de una Destilería que combustiona petróleo crudo cubano y las posibles emanaciones provenientes de las lagunas de oxidación.

5. .Un estudio de los datos del Centro de Higiene de la provincia apuntan que las IRA y el Asma en la localidad de Tuinucú es superior en un 35% a la media del resto de las localidades que conforman la provincia de Sancti Spíritus. Un estudio de correlación mostró la mayor incidencia de estas enfermedades en las épocas de diciembre a abril correspondiéndose con el periodo de zafra.
6. Un análisis de los costos externos asociados a la contaminación atmosférica mostró que se producen gastos anuales por 119 599,23 debido a gastos de enfermedades dentro de los presupuestos del estado, la empresa y la familia.
7. Se analiza la posibilidad técnica de sustituir el petróleo crudo cubano de la destilería Paraíso del Melanio Hernández, causante principal de la contaminación por SO₂ por una correcta política de cogeneración con bagazo de caña.

CONCLUSIONES

1. Debido a la diversificación de la industria azucarera cubana existen potenciales para la implementación eficiente del uso de la biomasa cañera como combustible renovable en la generación de energía, demostrando la literatura sus ventajas como no productor de gases de efecto invernadero frente a los combustibles fósiles. Sin embargo la combustión de dicha biomasa provoca fenómenos locales de contaminación atmosférica por partículas los cuales no han sido estudiados a profundidad. Se propone en este trabajo un estudio de impacto ambiental de esta problemática utilizando como caso de estudio la Empresa Azucarera “Melanio Hernández”.
2. Para la realización de la investigación se proponen un conjunto de herramientas que permitió dar una visión holística al fenómeno estudiado entre las que tenemos el estudio de las características de la instalación y la línea base del territorio, la valoración empírica de los valores de concentración de los contaminantes y la aplicación de los modelos de dispersión correspondientes, el estudio epidemiológico de la población de la localidad de Tuinucu, la correlación estadística entre las anteriores variables, la valoración de los costos externos asociadas a la contaminación, la valoración técnica y económica de soluciones para contribuir a la minimización de esta.
3. Las tecnologías existentes para quemar bagazo en el CAI Melanio Hernández se demostró que son obsoletas con chimeneas con conductos modificados que no incluyen la modificación del ducto, factor que, lo que provoca contaminación atmosférica por partículas que inciden fundamentalmente sobre el medio biótico de la localidad cambiando sus

- características y sobre una población cercana de 4568 habitantes que se encuentran esparcidos entre 3 y 5 Km del foco contaminante.
4. Se demostró por análisis químicos durante 5 años la existencia dentro de la zona de valores de PTS y SO₂ muy próximo a los límites admisibles de acuerdo a la norma de calidad del aire para asentamientos humanos para las condiciones de Cuba, fundamentalmente a favor del penacho de la chimenea. Los altos valores de PTS son responsabilidad de las calderas de bagazo del CAI "Melanio Hernández" y los altos valores de SO₂ se deben fundamentalmente a una destilería de alcohol en la zona que combustiona crudo cubano.
 5. Análisis de los datos de los últimos años del centro de higiene de la Provincia de Sancti Spiritus mostró la existencia en la zona investigada la incidencia de IRA y ASMA superiores al 35% de la media de la provincia, demostrándose por estudios de correlación la mayor incidencia de estas enfermedades en épocas correspondientes con el periodo del funcionamiento del central. Una valoración de los costos externos asociados a estas enfermedades mostró datos anuales de 19593. 23 pesos.
 6. Se propone como medida correctora para disminuir la contaminación de PTS en caldera bagacera la instalación de un sistema de depuración de gases, la cual es factible técnica y económicamente recuperándose al inversión en dos años y medio. Otra medida de mitigación para solucionar la problemática de los SO₂ sería la sustitución de la problemática de la destilería mediante una correcta política de cogeneración.

RECOMENDACIONES

1. El siguiente trabajo constituya una propuesta metodológica para la valoración de los impactos ambientales de la generación de energía con biomasa cañera en Cuba, el cálculo de sus costos externos y sus medidas de mitigación.
2. El siguiente trabajo sea discutido con la comunidad de Tuinucu, el gobierno de la provincia de Sancti Spiritus y el MINAZ provincial a fin de resolver los problemas que plantea el mismo mediante su aplicación práctica.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Aiche. Sump, Ser. Emission Control from Stationary Power Sources. Technical Economic and Environmental Assessment, 1980.
2. Annalee, Yací; Tord, Kjellstrom; Theo, deKok; Tee, Guidotti: Salud Ambiental Básica. Versión al español realizada en el Instituto de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana. 2000.
3. Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba. La caña una producción ecológicamente sostenible. Revista ATAC, Febrero, 1999.
4. Alvarez Zequeira, María Elena. Esquema para la Valoración Económica del Refugio de Fauna "Río Máximo" En Camagüey. I Taller Nacional de la Sociedad de Economía Ambiental. Ciego de Ávila, Marzo. 2003
5. Avila Foucat, Sophie; Colin Castillo, Sergio; Muñoz Villareal, Carlos. Economía de la Biodiversidad. Memoria del seminario internacional de la paz, BCS. SEMARNAP. DFID. México, 1999. ISBN: 968-817-279-9. Pp 502.
6. Azqueta Oyarzun, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Universidad de Alcalá de Henares. Interamericana de España, S.A. Madrid.1994. Pp 295
7. Barry C, Field. Department of Resources Economics. University of Massachusetts at Amherst. Mc Graw-Hill. Colombia. ISBN: 0-07-020197-6. Pp 579.
8. Bournicore, A; D, Wayne. Air Pollution Engineering Manual. Editorial Mc Graw Hill, New York. 1992. p 330-372.
9. Bruce, Mitchell. La Gestión de los Recursos y del Medio Ambiente. Versión española Domingo Gómez Orea, Gabriel Gasco Guerrero. Universidad Politécnica de Madrid. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. Barcelona. México 1999. ISBN: 84-7114-789-0. Pp 290.
10. Bueno. J. Et al. Contaminación e Ingeniería Ambiental. Oviedo 1997. Tomo V.
11. Cabanzón, Hernández, Ramón y Col: Texto para la formación del técnico de Higiene y Epidemiología. 1988.
12. Camacho Barreiro, Aurora; Ariosa Roche, Liliana. Diccionario de términos ambientales. Centro Félix Varela. Publicaciones Acuario. La Habana 2000. ISBN: 959-7071-16-9.
13. Carter, W. Larry. Environmental Impact Assessment. Second Edition. University of Oklahoma. EEUU, 2000. p 130-133.
14. Castillo, J.C. Informe de la Ecological Society of América y del Comité Internacional para un desarrollo sostenible. Chile, 1991.

15. Centro Félix Varela. Memoria- Resumen. Conferencia Internacional Ética y cultura del desarrollo: construyendo una economía sostenible. La Habana, 31 de mayo al 6 de junio de 1998. Publicaciones Acuario, La Habana, Cuba. ISBN: 959-7071-08-8. Pp 94.
16. Cherni, Judith A. Medio ambiente y globalización: desarrollo sustentable modernizado. Revista Economía y Desarrollo № 2/2001. Año XXXI. Vol 129. Publicación de la Facultad de Economía de la Universidad de la Habana en colaboración con la Asociación Nacional de Economistas de Cuba. ISSN: 0252-8584-0-0. Pp 193-212.
17. CITMA. Primera Comunicación Nacional de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Octubre, 2001.
18. CITMA. Estrategia ambiental nacional. La Habana 2005/2010
19. Coca, J; Díaz. M. Procesos para la eliminación de SO de gases residuales. Ing Química.89, Nov. 1979.
20. Comisión Nacional de Energía. Algunas alternativas de energías aprovechables en Cuba. Mayo, 1991.
21. Colectivo de Autores. Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 1998. p 225-227.
22. Colectivo de Autores. Contaminación del aire y salud. Serie Salud Ambiental. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. 1992.
23. Colectivo de Autores. La Ingeniería Ambiental. Editorial Síntesis S.A. España, 2000.
24. Collazo Arnaldo y Osvaldo Cuesta. Calidad del aire y la generación de energía por biomasa. CD Trópico 2004
25. Congreso Nacional de Economía. Desarrollo Económico y Medio Ambiente. Sevilla, 9,10 y11 de diciembre de 1992. Editorial Aranzadi. Pp 587-593.
26. Control Económico de los Residuos Empresariales. Trabajos presentados V Congreso Internacional de Costos. Acapulco, México. 1997. Tomo II. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 968-6964-70-3. Pp 761-780.
27. Constanza, R. What is ecological economics. Ecological Economics, No1. 1989.
28. Conexa. Evaluación del impacto ambiental. Editorial Reverté. 1993
29. Delgado Díaz, Carlos Jesús. Cuba verde. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI. Editorial José Martí. Instituto del Libro. ISBN: 959-09-0177-8. Pp 232- 265.
30. Del Puerto Quintana y Col. Higiene del Medio. Tomo I. 1984.

31. Díaz, J; Hernanz, J.F., "Flotation and Sulphur selectivity Bituminous Coal with Different Degrees of Oxidation, 1984.
32. D. W Pearce y R. K Turner, Economía de los recursos naturales y del medio ambiente, Edición Celeste, Madrid, 1995.
33. Escalona, Julio. Ecológia, desarrollo y educación. Número especial. Dirección General Sectorial de Educación Ambiental y Participación Comunitaria del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Venezuela. Año 4. Nº 11. Septiembre 2000. ISBN: 980-04-1102-4. Pp 12-16.
34. Espinosa Guillermo. Fundamento de evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo –BID-. Centro de Estudio para el desarrollo –CED- Santiago de Chile 2001
35. Espinosa, R. Sistema de utilización del calor. Libro de texto. MES. La Habana, 1991.
36. Fernández Cuesta, Carmen. El coste de descontaminación y restauración del entorno natural. Revista Española de Financiación y Contabilidad. Volumen XXIII. Nº81. Octubre-Diciembre. Madrid. 1994. Pp 1011-1031.
37. Fernández Cuesta, Jorge; Gutiérrez Aragón, Oscar. Ponencia Costes de la Gestión Empresarial del Suelo. IX Congreso, AECA. Salamanca, 25,26 y 27 de septiembre de 1997. Caja Duero. Junta de León y Castilla. ISBN: 84-86414-93-8. Pp 647-665.
38. Forsthofer, T. Diversificación y producción de alcohol. Conferencia Sancti Spíritus, Cuba. 2000.
39. Franza, J .A .Manual de Derecho Ambiental. Ediciones Jurídicas. Segunda Edición. Argentina, 1997.
40. Gálvez, L .O. Hacia una industria diversificada y con esquema flexible de producción. Revista Cuba Azúcar. Vol 28. Num 4. Octubre- Diciembre, 1999.
41. GEPLACEA-ICIDCA-PNUD. Manual de los derivados de la caña de azúcar. México, 1998.
42. Gestión Ambiental Urbana, Modulo de Formación Ambiental Básica, Proyecto Ecosistema Sabana Camaguey. CUB/98/G32-Capacidad 21, 2003.
43. Gilsenbach, Reimar. Alrededor de la Naturaleza. Editorial Gente Nueva, La Habana. Cuba, 1990. Pp 175.
44. Gómez, Orea. J. Evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Barcelona. España, 1995.

45. Henry, J Glynn; Heinke, Gary W. Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Prentice Hall, México, 1999. ISBN: 970-17-0266-2. Pp 800.
46. Hicks, J. R. Valor y Capital. Investigación sobre algunos principios fundamentales de Teoría Económica. Versión Española de Javier Márquez. Fondo de Cultura Económica. Pánuco, 63. México. 1994. Pp 413.
47. Hupa, M. Nitrogen Oxide Emisión of Boiler in Finland. Editorial APCH, 1989.
48. Hugott, E. Manual para ingenieros azucareros. Edición Revolucionaria. La Habana, 1867.
49. Iraola, R, C, Et, at: Aspectos Metodologicos en la Valoración del Análisis Económico Ambiental. Revista Cubana de Meteorología. V. 10, # 1, 2003.
50. Joan Martinez Alier, Jordi Roca Jusmet, Economía Ecológica y Política Ambiental, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México 2000, Cap 3 Impactos ambientales e instrumentos de política ambiental.
51. Jure, J. Y S. Rodríguez. Aplicabilidad del sistema de evaluación de impacto ambiental a los planos reguladores comunales. Instituto INACAS 1997
52. Keith Caldwell, Lynton. Ecología. Ciencia y Política Medio Ambiental. Serie Mc Graw-Hill de divulgación científica. 1996. ISBN: 0-521-33743-7-251.
53. Kunzli y otros, 2000.
54. Lubadie, J. M. Conferencia sobre indicadores de contaminación. IPSJAE. La Habana. 1997.
55. Leal, 1997
56. Luna, H. F. Industrial Pollution Handbook. Editorial Mc Graw Hill. New York. 1971.
57. Llanes Regueiro, Juan. La valoración económica de los recursos ambientales: entre lo novedad y la duda. Economía y Desarrollo #2/1999. Semestral. ISSN 0252-8584. Pp 183 -198
58. Llanes Regueiro Juan. "Políticas económicas ambientales "editorial Ciencias Sociales. 1999.
59. Marrero Marrero, Mercedes; Cruz Valido, Bárbaro. Impacto económico de la contaminación hídrica. Economía y Desarrollo #2/1999. Semestral. ISSN 0252-8584. Pp 199-208.
60. Martín, Contamino. C. El Impacto Ambiental. Publicaciones Universidad de Alicante. España, 1999. p-69.
61. Ministerio de Industria Básica. Ahorro de energía y respeto ambiental bases para un futuro sostenible. Editora Política, La Habana, 2002

-
62. Memorias, X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. II Congreso Cubano de Meteorología, La Habana 2003.
63. Merlos, M y colaboradores. Molida de caña integral, una mirada a sus posibilidades. Centro de Estudios Energéticos y Procesos Industriales. Sede Universitaria Sancti Spíritus. Cuba. 2000.
64. Molina Molina, Ernesto. Vicisitudes del método de investigación en la historia del pensamiento económico en Cuba. Revista Economía y Desarrollo № 2/2001. Año XXXI. Vol 129. Publicación de la Facultad de Economía de la Universidad de la Habana en colaboración con la Asociación Nacional de Economistas de Cuba. ISSN: 0252-8584-0-0 Pp 141-163.
65. MINAZ. Diversificación: Bases del perfeccionamiento del complejo agroindustrial. Habana, 1999.
66. MINAZ. Programa reacciones del grupo de análisis y evolución para el proceso de diversificación y perfeccionamiento de los CAI. Habana. 2000.
67. Miner. Inventario nacional de focos de contaminación atmosférica producida por la industria. Ministerio de Industria y Energía. 1981.
68. Moretti, E. C. Currents Practices and Future Tends. Chemical Engineering Progress, 20 July, 1993.
69. Newman, L. S. Et. Allt Pulmonary Toxicology. In Hazardous Materials Toxicology: Clinical Principles of environmental Health. 1992.
70. Nieblas, F y otros. Caracterización de la paja de caña como combustible. Revista Centro Azúcar. Num 3. Santa Clara.1990.
71. Parker, A. Contaminación del aire por la industria. Editorial Reverte, Barcelona.1983.p 38-42
72. Paul A. Samuelson y William D. Nordhaus. Economía. Parte IV. Ministerio de Educación Superior, La Habana, 1991.
73. Pavlov, K.F. Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas en tecnología química. Editorial MIR Moscú. Vol.11.1985.p-582.
74. Pere Fullana y Rita Puig. "Análisis del ciclo de vida". Editorial Rubes, España 1997
75. Pérez, F; Rubio, A. Realidad acerca del uso de los residuos de la caña de azúcar como combustible en la industria azucarera cubana durante los 20 años. Folleto Delegación del Minaz, Villa Clara, Cuba, 2000.
76. Pérez, Martín. D. Inventario Nacional de Gases del Efecto de Invernadero de la Generación Eléctrica. Preprint CIEN-R – 7/98, Habana.1998.

77. Políticas económicas ambientales. El caso contaminación. Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1999. ISBN: 959-06-0390-4. Pp 172.
78. PNUD: La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar en América Latina y el Caribe. PNUD. México, 1989.
79. Prácticas de Producción Más Limpias, Modulo de Formación Ambiental Básica, Proyecto Ecosistema Sabana Camaguey. CUB/98/G32-Capacidad 21, 2003.
80. Quintana, C. Impacto ambiental debido a la combustión de biomasa cañera en la industria azucarera cubana. Revista Centro Azúcar. No .2. 1998.
81. Quiroz Jorge A. Et al. Análisis económico de la contaminación de aguas en América Latina, CINDE. 1995
82. Rodríguez, N. Molida de caña integral. Folleto Central Remberto Abad Alemán. MINAZ, Sancti Spíritus. Cuba. 1994.
83. Romero, T. Historia de la contaminación. Revista Contaminación y Medio Ambiente. 1995. p 7-14.
84. Romero Romero, Osvaldo. Generación de energía eléctrica durante todo el año en el CAI Melanio Hernández. 1999.
73. Rosales, U. Comunicación a delegados provinciales del MINAZ y directores del CAI. Habana, 1999.
85. Riera Font, Antonio. La valoración económica del Medi Ambient 1. El método del cost del viatge. Colección de Materiales Didácticos, 64. Universitst de Illes Balears. 1999. Primera edición ISBN: 84-7632-537-1. Pp 103.
86. Salvar la capa de Ozono: cada acción cuenta. Centro de Información, Divulgación y Educación Ambiental. 1997.
87. Sastre, H; Bueno, L. J; Lavin, A. G. Contaminación e Ingeniería Ambiental. Editorial F.I.C.Y.T. Oviedo, 1997. p 324-332.
88. Seoáñez, C. Mariano. Manual de Gestión de los recursos en función del medio ambiente. Ediciones Mundi – Prensa. Barcelona, 2000. p 130-132.
89. Seinfeld, J.M. "Air Pollution, Physical and Chemical Fundamentals", McGraw Hill. New York. 1975.
90. Sosa, F.J. Fajardo. P.L, Theodore. L. "Particulate Air Pollution: Problems and Solutions". CRC Pres. Boca Ratón, US. 1980.

91. Spedding, D.J. "Contaminación Atmosférica". Reverte, Barcelona. 1981.
92. Van Hawermeiren, Saar. 1998. Manual de Economía Ecológica. Santiago de Chile. Publicado por el Instituto de Ecología Política.
93. Valdéz, A. Azúcar de caña, una producción ecológicamente sostenible. Rev, ATAC, vol. 3, Pp 34. 1997.
94. Valdez, A. La biomasa azucarera como fuente de energía renovable. Mayo 2004
95. Zedello, Ponce de León, L. E. Mensaje del Secretario Ejecutivo de GEPLACEA al Seminario internacional." Generación comercial de energía eléctrica en la agroindustria cañera. Guatemala.1994.
96. Wautiez, Françoise; Reyes, Bernardo. Indicadores Locales para la Sustentabilidad. Centro Félix Varela. Publicaciones Acuario, La Habana, 2001. ISBN: 959-7071-18-5. Pp 135.
97. Wautiez, Françoise; Reyes Bernardo. Indicadores Locales para la sustentabilidad. Instituto de Ecología. Publicaciones Acuario. La Habana. 2001. ISBN: 959-7071-18-5. Pp 136.
98. Wark kenneth y Cecil F. Warner. Contaminación del aire. Origen y Control. Editorial Limusa, México 1994
99. Wood, S.C. "Select the right NO_x Control Technology", Chem. Eng. Prog. 1994
100. WWF. Climate Change. World Wide Fund for Nature. Switzerland, 1995.p-49.
101. www.ambientenews.com
102. www.agrobooks.com
103. www.bha.com/spanishTechPapers-pdf/BHaTexSoluciones.pdf
104. www.epagos.com
105. www.google.com
106. www.gem.es/materiales/document/ document/g02/d02105/d02105.htm
107. www.ird.org.mx/paginas/publicaciones/ Fichas/fiche155.htm
108. www.puc.cl/edu/contamin.htm
98. www.puc.d/sw_educ/contam/cont/Atmosfera.htm

109. www.sintesis.com

Evolución de la concepción de Evaluación Ambiental

Antes de 1970	Pre evaluación ambiental	Revisión de proyectos basada en estudios económicos y de ingeniería, por ejemplo: análisis costo-beneficio. Consideración limitada de consecuencias ambientales.
1970-75	Desarrollo metodológico	La evaluación ambiental se introduce en algunos países desarrollados; se focaliza inicialmente en identificar, predecir y mitigar efectos biofísicos, aparecen oportunidades para la implicación pública de trabajos importantes.
1975-80	Inclusión de la disminución social.	E.A. multidimensional. Incorporación de la Evaluación del Impacto Social (EIS) y el análisis de riesgos. La consulta pública deviene parte integral de la planificación y evaluación. Se incrementa el énfasis en la justificación y el diseño de alternativa en el análisis de proyecto.
1980-85	Redireccionamiento de procesos y procedimientos.	Esfuerzos para integrar el proyecto de la E.A. con la política de planificación y sus fases subsecuentes. La investigación y el desarrollo se enfocan a los efectos del monitoreo, a los procesos de evaluación ambiental y de auditoría y a los enfoques de reflexión y resolución de conflictos. Adopción de la E.A. por las agencias internacionales de ayuda y de algunos países en desarrollo.
1985-90	Paradigma de sustentabilidad	Se comienza a reanalizar las plataformas científicas e institucionales de la E.A. en respuesta a las ideas imperativas de la sustentabilidad. Se comienza las vías para estudiar los cambios ambientales globales y los impactos acumulativos. Crece la cooperación internacional en la investigación y entrenamiento de E.I.A.
1990-95		Se introduce en varios países en desarrollo la E.A. como estrategia de política, programas y planes. Convención internacional para E.A. transfronteriza nuevas demandas para expandir en la E.A los conceptos, métodos y procedimientos para promover la sustentabilidad.
1995-2000		Adopción de E.A. por casi todos los países. Perfeccionamiento del trabajo interdisciplinario. Búsqueda

		de mecanismos para perfeccionar los procesos de vigilancia ambiental. Nuevos métodos de valoración de impactos basados en sistemas de información geográfica de alta tecnología.
--	--	--

Clasificación de impactos	
Criterios de Clasificación	Clases
Por el carácter	<p><i>Positivos:</i> son aquellos que significan beneficios ambientales, tales como acciones de saneamiento o recuperación de áreas degradadas.</p> <p><i>Negativos:</i> son aquellos que causan daño o deterioro de componentes o del ambiente global.</p>
Por la relación causa- efecto	<p><i>Primarios:</i> son aquellos efectos que causa la acción y que ocurren generalmente al mismo tiempo y en el mismo lugar de ella; a menudo éstos se encuentran asociados a fases de construcción, operación, mantención de una instalación o actividad y generalmente son obvios y cuantificables.</p> <p><i>Secundarios:</i> son aquellos cambios indirectos o inducidos en el ambiente. Es decir, los impactos secundarios cubren todos los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudiesen ocurrir más adelante o en lugares diferentes como resultado de la implementación de una acción.</p>
Por el momento en que se manifiestan	<p><i>Latente:</i> aquel que se manifiesta al cabo de cierto tiempo desde el inicio de la actividad que lo provoca.</p> <p><i>Inmediato:</i> aquel que en el plazo de tiempo entre el inicio de la acción y el de manifestación es prácticamente nulo.</p> <p><i>Momento Crítico:</i> aquel en que tiene lugar el más alto grado de impacto, independiente de su plazo de manifestación.</p>
Por la interrelación de acciones y/o alteraciones	<p><i>Impacto simple:</i> aquel cuyo impacto se manifiesta sobre un sólo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevas alteraciones, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia.</p> <p><i>Impactos acumulativos:</i> son aquellos resultantes del impacto incrementado de la acción propuesta sobre algún recurso común cuando se añade a acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro.</p>

Por la extensión	<p><i>Puntual:</i> cuando la acción impactante produce una alteración muy localizada.</p> <p><i>Parcial:</i> aquel cuyo impacto supone una incidencia apreciable en el área estudiada.</p> <p><i>Extremo:</i> aquel que se detecta en una gran parte del territorio considerado.</p> <p><i>Total:</i> aquél que se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado.</p>
Por la persistencia	<p><i>Temporal:</i> aquel que supone una alteración no permanente en el tiempo, con un plazo de manifestación que puede determinarse y que por lo general es corto.</p> <p><i>Permanente:</i> aquel que supone una alteración indefinida en el tiempo</p>
Por la capacidad de recuperación del ambiente	<p><i>Irrecuperable:</i> cuando la alteración del medio o pérdida que supone es imposible de reparar.</p> <p><i>Irreversible:</i> aquel impacto que supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medio naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.</p> <p><i>Reversible:</i> aquel en que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales.</p> <p><i>Fugaz:</i> aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas de mitigación.</p>

Fuente: **Jure, J. y S. Rodríguez, 1997.**

Valoración de los impactos ambientales

CRITERIOS USADOS

Carácter (positivo, negativo y neutro, considerando a estos últimos como aquel que se encuentran por debajo de los umbrales de aceptabilidad contenidos en las regulaciones ambientales)

Grado de Perturbación en el medio ambiente (clasificado como: importante, regular y escasa)

Importancia desde el punto de vista de los recursos naturales y la calidad ambiental (clasificado como: alto, medio y bajo)

Riesgo de Ocurrencia entendido como la probabilidad que los impactos estén presentes (clasificado como: muy probable, probable, poco probable)

Extensión areal o territorio involucrado (clasificado como: regional, local, puntual)

Duración a lo largo del tiempo (clasificado como: “permanente” o duradera en toda la vida del proyecto, “media” o durante la operación del proyecto y “corta” o durante la etapa de construcción del proyecto)

Reversibilidad para volver a las condiciones iniciales (clasificado como: “reversible” si no requiere ayuda humana, “parcial” si requiere ayuda humana, e “irreversible” si se debe generar una nueva condición ambiental)

CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS

Carácter (C)

Positivo ⁽¹⁾





Negativo ⁽⁻¹⁾

Neutro ⁽⁰⁾

Perturbación (P)	Importante ⁽³⁾	Regular ⁽²⁾	Escasa ⁽¹⁾
Importancia (I)	Alta ⁽³⁾	Media ⁽²⁾	Baja ⁽¹⁾
Ocurrencia (O)	Muy Probable ⁽³⁾	Probable ⁽²⁾	Poco Probable ⁽¹⁾
Extensión (E)	Regional ⁽³⁾	Local ⁽²⁾	Puntual ⁽¹⁾
Duración (D)	Permanente ⁽³⁾	Media ⁽²⁾	Corta ⁽¹⁾
Reversibilidad (R)	Irreversible ⁽³⁾	Parcial ⁽²⁾	Reversible ⁽¹⁾
TOTAL	18	12	6
VALORACIÓN DE IMPACTOS			
Impacto Total = C X (P + I + O + E + D + R)			
Negativo (-)			
Severo			≥ (-) 15
Moderado			(-) 15 ≥ (-) 9
Compatible			≤ (-) 9
Positivo (+)			
Alto			≥ (+) 15

Mediano		(+) 15 ≥ (+) 9
Bajo		≤ (+) 9

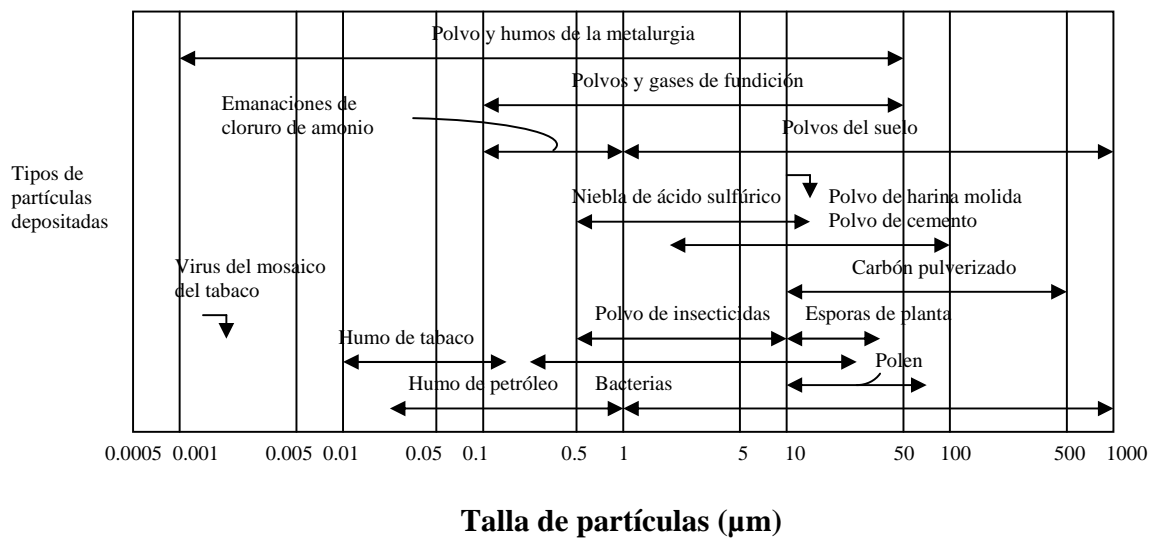
Valorización de la importancia de un impacto

1. SIGNO		BENEFICIOSO	+	
		PERJUDICIAL	-	
	PREVISIBLE PERO DIFÍCIL DE CALIFICAR			
	SIN ESTUDIOS DE DETALLE			X
2. INTENSIDAD: Puntuación Cualitativa		BAJA	1	
		MEDIA	2	
		ALTA	3	
3. EXTENSIÓN		PUNTUAL	1	
		PARCIAL	2	
	EXTENSO (TODO EL ÁMBITO)			3
			INMEDIATO	3

4. MOMENTO EN QUE SE PRODUCE	MEDIO	2
	LARGO PLAZO	1
5. PERSISTENCIA	TEMPORAL	1
	PERMANENTE	3
6. REVERSIBILIDAD DEL EFECTO	IMPOSIBLE	4
	LARGO PLAZO	3
	MEDIO PLAZO	2
	CORTO PLAZO	1
7. POSIBILIDAD DE INTRODUCIR MEDIDAS DE MITIGACIÓN	EN PROYECTO	P
	EN OBRA	O
	EN OPERACIÓN	F
	NO ES POSIBLE	N
IMPORTANCIA DEL IMPACTO		
3 (valor intensidad) + 2 (valor extensión) + valor del momento + valor de reversibilidad		

Fuente: **Gómez Orea**, 1994, modificado.

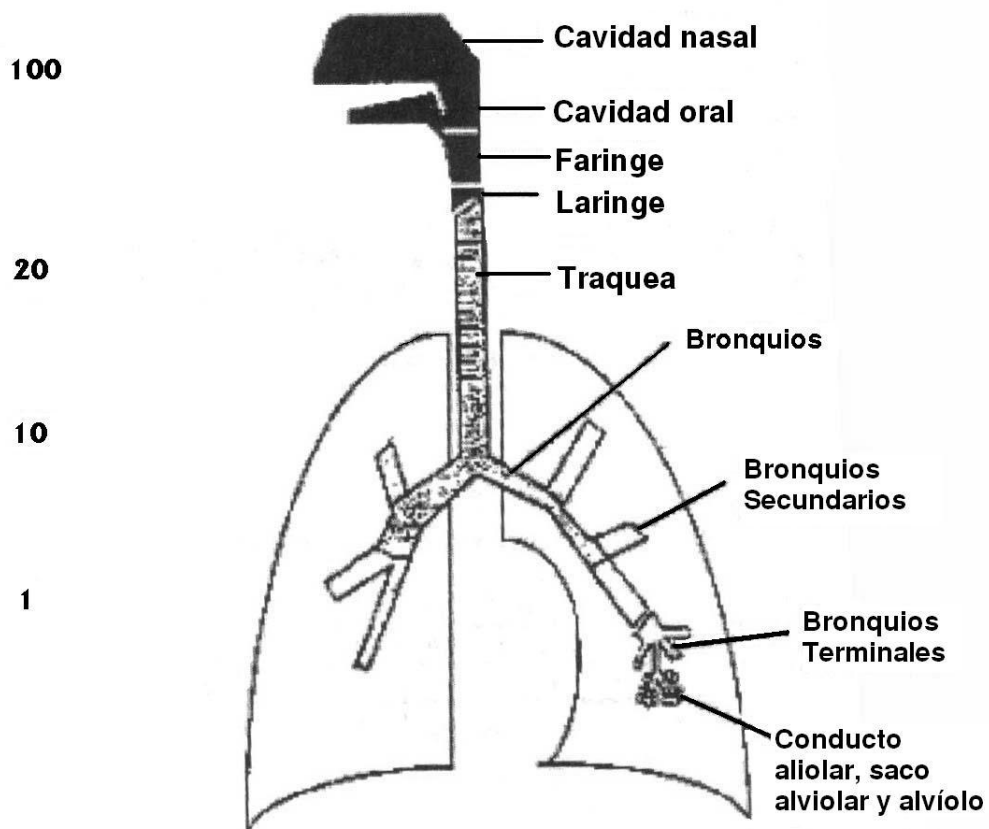
Figura 1.1 Rango de diámetro de partículas presentes en polvos y humos



Fuente: Annelee, Yancí, Et. al. 2000.

Fig: 1.2 DEPOSICION DE PARTICULAS SEGUN TALLA.

Tamaño aproximado (μm) de las partículas depositadas.



Fuente: Annalee, Yaci; et al. 2000.

Tabla 1.3 Contaminantes del aire en zonas urbanas. Fuentes y efectos sobre la salud.

<i>Contaminantes</i>	<i>Fuentes</i>	<i>Efectos sobre la salud</i>
Aldehídos.	Biomasa y combustibles fósiles. Humo de cigarrillos.	Irritación ocular, irritación del tracto respiratorio superior.
Ácido acético.	Combustión de biomasa, materiales de construcción.	Irritación de membrana mucosa.
Monóxido de carbono.	Biomasa y combustión de combustibles fósiles, humo de cigarrillos, tráfico de vehículos.	Cefalea, náuseas, vértigos, dificultad para respirar, fatiga, bajo peso al nacer, dificultad visual, confusión mental, angina de pecho, coma, muerte.
Formaldehído	Combustión de biomasa, materiales de construcción y el mobiliario, humo de cigarrillo	Irritación ocular y del tracto respiratorio, alergias, posibilidades de cánceres.
Plomo (y otros metales pesados)	Gasolina con plomo	Efectos neurofisiológicos, daño del Sistema Nervioso Central, trastorno del aprendizaje.
Microorganismos	Mobiliario, personas y animales.	Enfermedades infecciosas, alergias.
Óxidos de nitrógeno	Combustión de biomasa y combustibles fósiles, humo de cigarrillos y el transporte.	Irritación ocular, infección del tracto respiratorio (especial vulnerabilidad de los niños), exacerbación del asma
Ozono	Tráfico, escape de hidrocarburos, combustión de combustibles fósiles.	Irritación bronquial
Partículas en suspensión	Combustión de biomasa, combustibles fósiles, mobiliario y materiales de construcción, humo de cigarrillos, el transporte e industrias.	Irritación ocular, infección del tracto respiratorio, alergias, exacerbación de enfermedades respiratorias, y cardiovasculares
Fenoles	Combustión de biomasa, compuestos químicos usados en el hogar.	Irritación de la membrana mucosa.
Hidrocarburos aromáticos policíclicos.	Combustión combustibles fósiles, tráfico.	Incluyen carcinógenos.
Radón y derivados.	Rocas subyacentes y suelos.	Carcinógenos.
Óxidos de azufre.	Combustión combustibles fósiles, biomasa, emisiones de combustiones industriales.	Irritación del tracto respiratorio, afección de la función pulmonar, exacerbación de enfermedades cardiopulmonares.

Ácido sulfúrico (formado en el aire por óxidos de azufre)	Combustión combustibles fósiles, biomasa, emisiones de combustiones industriales.	Infecciones del tracto respiratorio, broncoespasmo.
Hidrocarburos orgánicos volátiles.	Combustión de biomasa, combustibles fósiles por el tráfico, fundiciones, materiales de construcción, compuestos químicos usados en el hogar.	Dolor de cabeza, vértigo, irritación del tracto respiratorio superior, nauseas, incluyen carcinógeno.

Fuente: Salud Ambiental Básica 2000.

ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICA DE LA POBLACION.

Estimado compañero(a) se está llevando a cabo una investigación con la finalidad de de conocer la posible relación de la contaminación atmosférica con algunas enfermedades respiratorias, deseamos que usted nos facilite la información solicitada en el presente cuestionario. Apreciamos de antemano su sinceridad.

Gracias.

SECCIÓN I

1- Edad _____ 2- Sexo _____ 3- Escolaridad _____

4- Ocupación habitual _____ 5- Centro de trabajo _____

_____ Dirección _____

5- Consultorio médico número _____

SECCIÓN II (ser contestadas por todas las personas, en caso de menores de 15 años por un adulto en aptitud y disposición para responder)

1- ¿Ha tenido manifestaciones respiratorias con fiebre, tos y expectoración durante el último año?

____ Si Marque el mes en que ocurrió(eron) los síntomas.

____ No

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

2- ¿Acudió al médico?

____ Sí

____ No

3- Marque con una X a que lugar(es) acudió:

Consultorio Médico de Familia	
Policlínico	
Hospital	
Consultorio y Policlínico	
Consultorio y Hospital	
Policlínico y Hospital	
Otros(especifique)	

4- ¿Cuánto tiempo aproximadamente estuvo enfermo por esta causa?.

- Una semana o menos.
 Entre una y dos semanas.
 Entre dos y tres semanas.
 Tres semanas o más.

SECCIÓN III (ser contestadas por todas las personas con antecedentes patológicos de asma bronquial, en caso de menores de 15 años por un adulto en aptitud y disposición para responder)

1- ¿Ha tenido crisis agudas durante el último año?.

Sí Marque el mes en que ocurrió(eron) los síntomas.

No

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

2- ¿Acudió al médico?

Sí

No

3- Marque con una X a que lugar(es) acudió:

Consultorio Médico de Familia	
Policlínico	
Hospital	
Consultorio y Policlínico	
Consultorio y Hospital	
Policlínico y Hospital	
Otros(especifique)	

4- ¿Cuánto tiempo aproximadamente le duraron las crisis ?.

- Menos de 24 horas.
- Entre 24 y 48 horas.
- Más de 48 horas.

5- ¿Requirió hospitalización por esta causa?

- Si Marque el mes en que ocurrió(eron) los ingresos.
- No

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE LOS EXPERTOS.

Nombre: _____

Edad _____ Especialidad _____ Año de Graduado _____

Centro de trabajo _____

Ocupación _____ Años de experiencia _____

Participación en eventos _____

Investigaciones realizadas _____

Publicaciones _____

Para conocer su valoración acerca de la problemática analizada, es necesario que marque con una (x) en la casilla que responda a su grado de conocimiento sobre el tema. El valor más alto indica mayor grado de conocimiento

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

ENCUESTA A EXPERTOS.

La Unidad de Medio Ambiente realiza investigaciones para determinar el efecto de la contaminación atmosférica sobre la salud humana. Dicho estudio se realiza en el poblado de Tuinucú.

¿Cree usted que influya la contaminación atmosférica en las Enfermedades Respiratorias, (IRA y ASMA)?

SI _____ NO _____

Argumente.

¿Qué probabilidad usted considera que exista, en que las Enfermedades Respiratorias (IRA y ASMA) en el poblado de Tuinucú, se deban a la contaminación atmosférica?

_____ Muy alta (0.85 – 1.00)

_____ Alta (0.60 – 0.84)

_____ Media (0.40 – 0.59)

_____ Baja (0.20 – 0.39)

_____ Muy baja (<0.20)

Características de los combustibles utilizados

Características	Crudo	Bagazo	Paja
Valor calórico bruto (HHV) (MJ/Kg)	40.66	9.637	11.94
Valor calórico neto (HHV) (MJ/Kg)	38.37	7.46	-
Densidad (g/Cm ³)	1	-	-
Humedad	-	50	15
Residuo	-	2.0	12.63
Fracción combustible	-	48	72.37
Cenizas (A) %	0.32	2.5	-
Carbono (C) %	80.14	45.0	42.1
Hidrogeno (H) %	9.89	6.5	6.3
Azufre %	-	-	0.06
Vanadio (ppm)	94	-	-
Níquel (ppm)	28	-	-
Otros			

Datos necesarios para buscar T* Km de alzadoras y combinadas

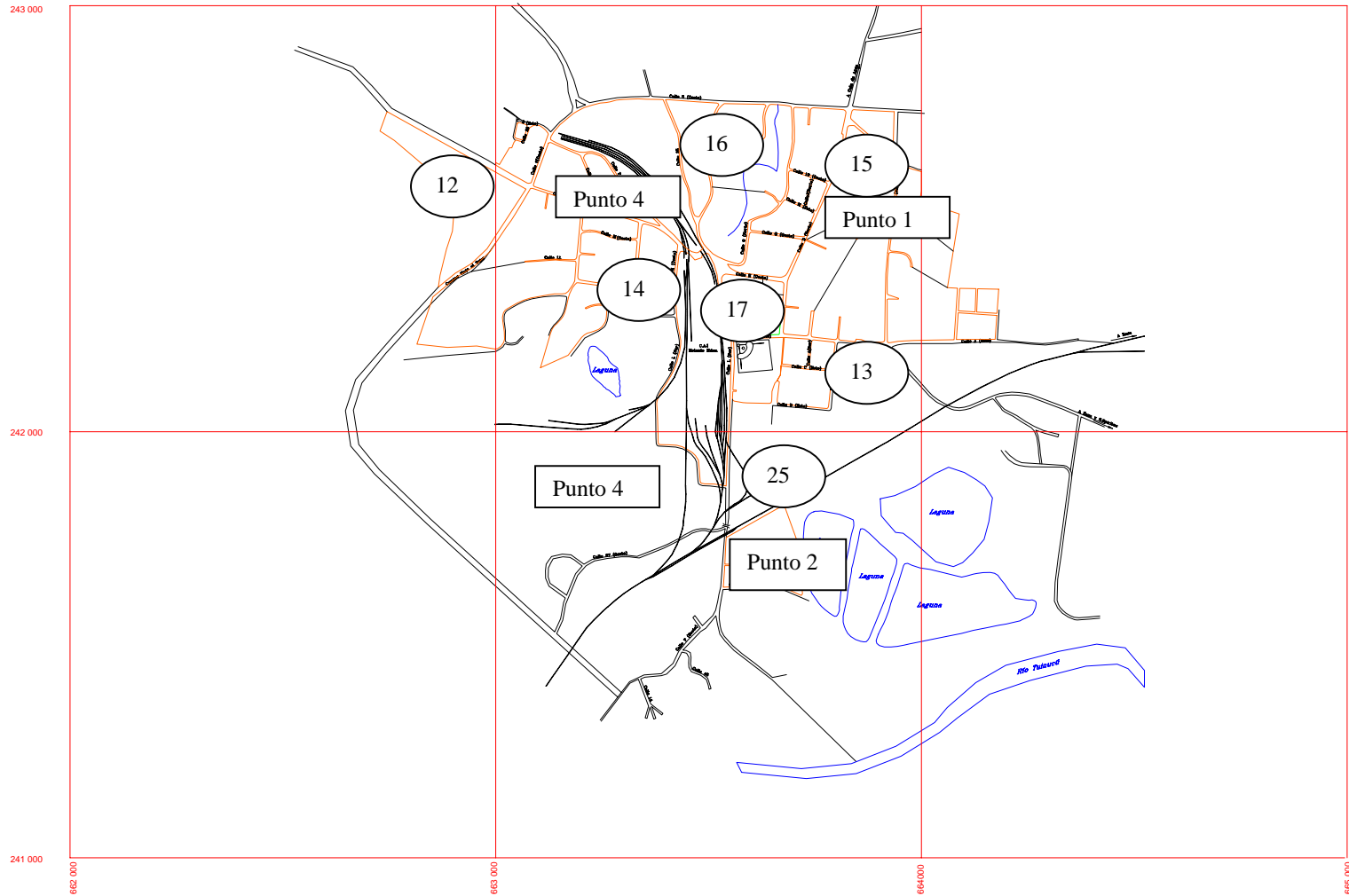
Parámetros (Arrobas)	Camiones	Tractores	Total
Corte manual	2817100	7775502	10592602
Corte mecanizado	13379422	8421037	21800459

Parámetros (Arrobas)	Alzadoras	Combinadas
Indice de consumo Gin/1000	1.3	3.73
Consumo	51225.8	302494.5

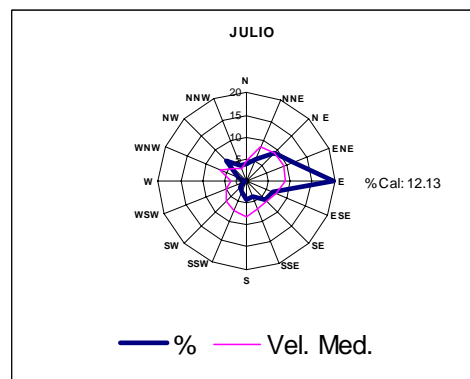
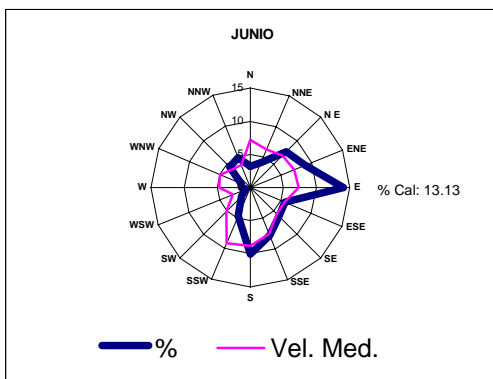
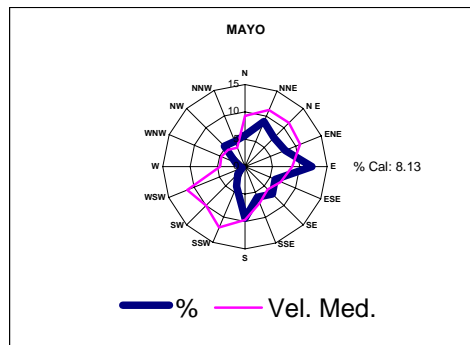
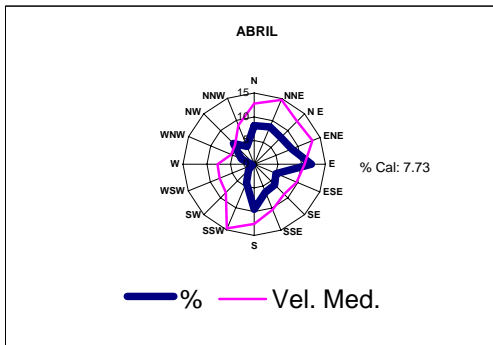
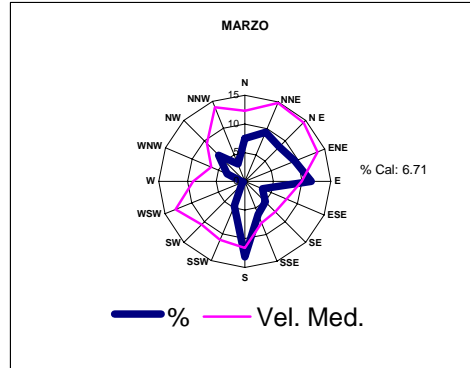
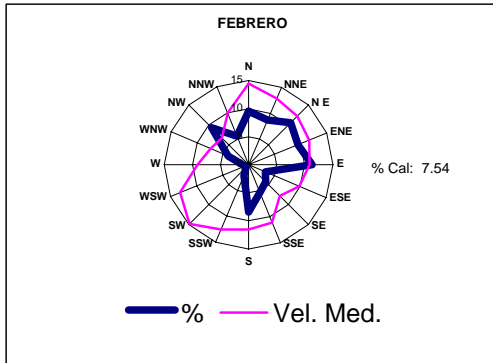
EQUIPO UTILIZADO EN LAS MEDICIONES DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS.



Mapa del poblado Tuinucú



Rosa de los vientos de los meses analizados en estación metereológica de Sancti Spíritus, muy próxima a la zona objeto de estudio.



% Cal: representa el % de calma (momento que no hay viento)