

UNIVERSIDAD CENTRAL MARTHA ABREU



FACULTAD QUÍMICA FARMACIA

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO MASTER EN INGENIERÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL.

Título: Estudio de las emisiones contaminantes asociadas a la Empresa Azucarera "Melanio Hernández" y su influencia en las enfermedades respiratorias de la comunidad de Tuinucú.

Autor: Ing. Luis Enrique Cañizares Valdivia.

Tutores: Dr. Rolando Alfredo

Consultantes: MsC. Zuleiqui Gil Unday.
MsC. Osvaldo Romero Romero.
MsC. Felix Ponce Cardena.

Año.

2003

“La naturaleza inspira, cura, consuela, fortalece y prepara para la amistad al hombre”.

José Martí.

A mis padres,

Por guiar mi vida y hacer de mí lo que hoy he llegado a ser.

A mi hijo y esposa, que me impulsaron para llegar a este momento.

A mis hermanos, por su preocupación y apoyo incondicional.

A Zuleiqui por la ayuda brindada, su dedicación y amistad.

A Rolando Alfredo y Osvaldo por la asesoría brindada.

A Félix y Pacheco por su incondicionalidad.

A mi Esposa y mi hijo por su paciencia, dedicación y amor.

A Mis familiares y amigos por haberme brindado su mano cuando más lo necesitaba.

A todos los que de una forma u otra han cooperado con la realización de este trabajo.

SINCERAMENTE

MUCHAS GRACIAS.

RESUMEN.

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Tuinucú, perteneciente al municipio Taguasco, provincia de Sancti Spíritus con el propósito; de estudiar las emisiones contaminantes asociadas a la Empresa Azucarera "Melanio Hernández" y su influencia en las enfermedades respiratorias que se manifiestan en los habitantes de dicha localidad.

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. Obteniéndose los mayores valores 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.

Finalmente se realizó un estudio costo beneficio que permitió conocer que la inversión para el sistema de depuración de gases propuesto, se recuperará en un periodo de 2.5 años.

ÍNDICE.

<i>CONTENIDO</i>	<i>Pág.</i>
- INTRODUCCIÓN.	1
1- CAPÍTULO I. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ECONOMÍA AMBIENTAL. .	5
1.1- La diversificación en la industria azucarera cubana.	5
1.2- Impacto ambiental de la industria azucarera.	7
1.3- Estudio de la atmósfera.	8
1.3.1- La atmósfera como receptor y difusor de la contaminación.	9
1.3.2- Estabilidad vertical de la atmósfera.	10
1.3.3- Transporte y dispersión de contaminantes.	11
1.4- Contaminantes y fuentes.	12
1.5- Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.	17
1.6- Efectos específicos de los contaminantes sobre la salud.	20
1.7- Métodos de depuración de efluentes gaseosos industriales.	22
1.8- Enfoques preventivos en el manejo de residuales.	25
1.9- La economía ambiental.	26
CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO I.	28
2- CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.	29
2.1- Estudio de la zona.	29
2.2- Encuestas aplicadas.	30
2.3- Método de criterio de experto.	30
2.4- Caracterización de las emisiones gaseosas y de partículas sólidas.	31
2.5- Determinación de la correlación entre las emisiones y las enfermedades respiratorias.	35
2.6- Determinación del efecto económico.	35
2.7- Alternativas en función de minimizar el impacto ambiental en la atmósfera.	36
CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO II.	39

3- CAPITULO III. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.	40
3.1- Resultado del estudio de la zona.	40
3.2- Resultados de las encuestas aplicadas a la población.	46
3.3- Resultados de las encuestas a expertos.	49
3.4- Caracterización de las emisiones gaseosas y de partículas sólidas.	49
3.5- Análisis de correlación de las enfermedades respiratorias y la contaminación atmosférica.	50
3.6- medición del efecto económico del impacto de la contaminación atmosférica.	51
3.7- Alternativas de minimización de los impactos ambientales.	54
CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO III.	61
CONCLUSIONES.	62
RECOMENDACIONES.	63
BIBLIOGRAFÍA.	64
ANEXOS.	

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 el calentamiento de la superficie terrestre y la atmósfera baja, originado por la presencia en la atmósfera de gases que tienen la capacidad de absorber y remitir la radiación terrestre, como el anhídrido carbónico (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 SO_2 y los NO_x , que son contribuyentes principales de la presencia de los ácidos fuertes, tales como sulfúricos y nítrico en las lluvias ácidas.

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, 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)

Tras haber pasado ya varios años de estos pronunciamientos, han continuado agravándose, *en el orden ambiental*, los problemas tales como el calentamiento de la superficie terrestre, los procesos de destrucción de la capa de ozono y la modificación de la composición química de la troposfera. Estos a su vez se manifiestan a nivel regional a través de la contaminación transfronteriza del aire, acidificación de las lluvias y el aire, el incremento de la concentración de ozono superficial y la deposición atmosférica de tóxicos, repercutiendo de forma directa en la degradación de los suelos, pérdida de la diversidad biológica, deforestación, contaminación de las aguas y en la calidad de vida de la población.

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.

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.

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 problemas sociales al propio tiempo que se atienden los problemas ambientales y de otra índole.

No obstante, en el país se manifiestan 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.

Los esfuerzos realizados, para el estudio y mitigación de tales efectos, han estado condicionados por las condiciones económicas imperantes en el país, las que han limitado el monitoreo de los contaminantes atmosféricos de manera que permita evaluar las zonas con mayores concentraciones de gases tóxicos. Al respecto sólo se ha logrado realizar estudios que permiten determinar la magnitud de las emisiones y los elementos asociados, en zonas cercanas a la Bahía de La Habana. (Iraola, R, C, Et, at. 2003) y en zonas muy puntuales en el resto del país.

Debido a esta situación, en zonas aledañas a la industria azucarera no se han efectuado estudios similares 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 que las emisiones generadas tienen gran incidencia en la calidad de vida de los pobladores de las comunidades asociadas. 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 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 instalar una planta que permita la cogeneración de energía con la biomasa cañera, sobrante del proceso fabril de azúcar. Esto traería consigo que se alargue el período de zafra con el consiguiente aumento del tiempo de las emisiones atmosféricas en la zona.

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 surge la necesidad de desarrollar este estudio, donde se identifica que la falta de conocimiento de la incidencia de la concentración de las emisiones asociadas a la empresa azucarera con las enfermedades respiratorias de la comunidad, limita la propuesta de medidas industriales y comunitarias para mejorar la salud ambiental.

Por tal motivo nos trazamos como:

Objetivo general.

Evaluar las emisiones contaminantes asociadas a la Empresa Azucarera "Melanio Hernández" y su influencia en las enfermedades respiratorias de la comunidad de Tuinucú para proponer alternativas industriales y comunitarias encaminadas a mejorar la salud ambiental.

Objetivos específicos.

- Caracterizar la comunidad aledaña a la Empresa Azucarera "Melanio Hernández".
- Diagnosticar las concentraciones de gases contaminantes y partículas sólidas en diferentes puntos distribuidos en la comunidad.
- Caracterizar los efectos de los gases contaminantes y partículas sólidas en la población de la localidad sobre las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y las Crisis de Asma Bronquial (CAB).
- Realizar la valoración económica relacionada con el impacto ambiental que provocan las emisiones gaseosas y partículas sólidas y sus efectos sobre las Enfermedades Respiratorias Agudas y las Crisis de Asma Bronquial (CAB).
- Proponer alternativas que contribuyan a mejorar la salud en la comunidad.

Hipótesis: Si se desarrolla un estudio que permita conocer la influencia de las emisiones atmosféricas de la Empresa Azucarera "Melanio Hernández" entonces se podrán determinar los posibles efectos de estas sobre la salud de la población, posibilitando proponer alternativas industriales y comunitarias encaminadas a mejorar la salud ambiental.

Variables a estudiar.

VD: Medidas industriales y comunitarias para mejorar la salud ambiental.

VI: Falta de conocimiento sobre la influencia de las emisiones atmosféricas que se producen y sus efectos asociados.

CAPÍTULO I

1.1. LA DIVERSIFICACION 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 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 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 la caña energética, 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.

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 SO_2 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

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.

1.2. 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 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 alcohol¹”, 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 atmósfera. (Asociación de Técnicos Azucareros. 1999; Comisión Nacional de Energía. 1991).

En este sentido, las descargas al medio procedentes 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

¹ Fonseca, J. R. En el IV Taller Nacional de Protección del Medio Ambiente, Sancti Spíritus 5 de junio del 2003.

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.

1.3. ESTUDIO DE LA ATMÓSFERA.

Para Hupa, M. (1989) los gases como el Nitrógeno (N_2), Oxígeno (O_2) 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 1.1 Especies gaseosas minoritarias presentes en la atmósfera, junto con sus respectivas concentraciones en partes por millón en volumen.

<i>Especies</i>	<i>Contenido en partes por millón ppm</i>
CO ₂	33.5
Ne	18
He	5.2
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 1.1 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 1.1 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 SO_2 , óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos halogenados, compuestos aromáticos, etc. ver tabla 1.2. (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).

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.

Tabla 1.2 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.

1.3.1 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 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 rectores, 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.

1.3.2 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 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.

1.3.3 Transporte y dispersión de contaminantes.

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.

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.

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.

1.4. CONTAMINANTES Y FUENTES.

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

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 (Cl_2 , 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/contaminacionAtmosferica.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.

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 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 I, Figura 1.1). (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 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 (SO_2) y el trióxido de azufre (SO_3) son los principales óxidos de azufre presentes en la atmósfera, obteniéndose SO_2 y SO_3 en una proporción que va de 40:1 a 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 SO_2 atmosférico. El principal componente azufrado del carbón es la pirita (FeS_3), la que se oxida a Fe_2O_3 y SO_2 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 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.

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 quemaduras de bosques tropicales y otras quemaduras 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 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)

1.5. 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 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. (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 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.

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 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 pulmonar, aún a niveles 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 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)

Las manifestaciones anteriormente relacionadas constituyen preocupación de las autoridades sanitarias. Por lo que se hace necesario realizar 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.

1.6. 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 las 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 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)

Aerosoles.

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 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 aire y la disminución de la visibilidad. A las partículas en suspensión de 10 μm y menor, se le denomina PM₁₀ 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 PM_{2.5} y constituye la fracción más importante por sus efectos sobre la salud. Las partículas inferiores a 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 III, tabla 1.3 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)

1.7 MÉTODOS DE DEPURACIÓN DE EFLUENTES GASEOSOS INDUSTRIALES.

Existen múltiples métodos de depuración de gases los que se agrupan en, métodos intrínsecos y los extrínsecos.

Métodos intrínsecos. Este tipo de método es el primero que debe estar presente a la hora de evaluar o proponer cualquier sistema, por ser el que analiza donde se genera el contaminante y son los que se realizan de forma integrada en el proceso.

Una primera diferenciación sería:

a). Mejoras de proceso y/o de operación

Este tipo de mejoras pueden al tiempo que se disminuye la contaminación conseguir mejorar los rendimientos y reducir inversiones en procesos de tratamiento no productivos. Algunas modificaciones pueden ser considerables, otras menores, pero en todo caso suele interesar:

- saber cómo evolucionan las impurezas
- conocer a fondo las reacciones para optimizar la forma de operación
- conocer las reacciones en condiciones no normales

b). Cambios de combustible o de materias primas

Los cambios de combustible afectan con frecuencia a la contaminación atmosférica, dada su participación en los procesos de combustión, y por tanto en procesos como plantas térmicas, de producción de vapor, o en transportes. En general, los combustibles gaseosos son más limpios y producen menos contaminación que otros. Se debe considerar no obstante que algunos contaminantes, por ejemplo NO_x están más asociados al proceso que a la materia prima. (Spedding, D.J. 1981)

Este método debe verse como una opción ambientalmente prioritaria para resolver el problema de los residuos y emisiones de las empresas y una oportunidad económica para reducir los costos productivos y aumentar la competitividad. La literatura contemporánea lo refiere como Minimización de Residuos o Prácticas de Producción Más Limpias, muy acorde con los principios de la sostenibilidad ya que deja atrás las prácticas tradicionales de exigir a las industrias la utilización de tecnologías para el control de la contaminación al final de los procesos o actividades, a fin de garantizar el cumplimiento de los límites máximos admisibles de contaminantes en las emisiones y descargas.

Métodos extrínsecos.

Se trata de procesos de tratamiento de corrientes gaseosas, cuyo destino "inicialmente" era ya el vertido. En realidad estos métodos también pueden considerarse integrados pues son operaciones análogas a otras del propio proceso industrial. (Spedding, 1981) La separación aquí está más bien relacionada con la escasez de interacciones y ciclos con el proceso industrial, lo que hace que se denomine al tratamiento de final del tubo de vertido. Pueden considerarse diferentes etapas:

a). **Contención.**

La emisión debe ser previamente captada. En ocasiones se trata simplemente de continuar la línea de flujo, mientras en otras debe aspirarse desde las zonas de producción (por ejemplo de celdas de electrólisis). En otras ocasiones puede tener que diluirse para evitar intervalos de explosividad, o porque interese provocar una mezcla.

b). **Pretratamiento.**

A veces se considera incluido en el tratamiento. Suele tratarse de que un equipo previo, barato sirva para que el elemento final pueda funcionar, tenga una eficacia superior o pueda reducirse su costo.

c).Tratamientos.

Los procesos y equipos, pueden clasificarse según el principio que se aplique para eliminar las partículas a los gases diluidos de la corriente gaseosa residual. (Sosa, F.J. 1980) Algunos procesos de tratamiento aprovechan no obstante más de un fenómeno físico. Para *partículas*, la captación puede realizarse según se muestran en el (Anexo IV, tabla 1.4).

La selección del sistema depurador depende de las características de la corriente, del equipo, normas de emisión o regulaciones ambientales vigentes:

- Requisitos técnicos (eficacia, consumo, espacio...) y legales.
- Características del contaminante, del gas portador, del proceso de la planta.
- Costos (estudios, inversiones, costos de operación, seguros...)

Los bajos costos de adquisición, mantenimiento y funcionamiento hacen que los sistemas ciclónicos se encuentren ampliamente difundidos en la industria, esto unido a otras características, que se verán más adelante y las características de las emisiones atmosféricas de la industria azucarera los sitúan como una vía para minimizar las emisiones de esta industria.

Algunas de las propiedades o características de los ciclones, que los hacen en ocasiones muy atractivos, son las siguientes:

1. En un ciclón la separación del polvo del gas es directa, no se requiere introducir ningún agente de separación. El ciclón es un equipo de separación en seco que no genera ningún problema de polución.
2. Los ciclones se diseñan para procesos en continuo tanto para el gas como para la eliminación de los sólidos.
3. La técnica resulta atractiva por su simplicidad de diseño.
4. El fenómeno físico de separación del polvo del gas es bien conocido: fuerza centrífuga.
5. El diámetro de corte está comprendido entre 2-5 μm . y si se requiere se puede emplear un preseparador.
6. Los ciclones se pueden emplear como unidades simples o en paralelo, multiciclones.
7. En general y comparativamente presentan bajos costos de operación e inversión.

La operación en un ciclón es muy simple: la corriente de gas que contiene el polvo entra tangencialmente en el cuerpo cilíndrico del ciclón provocándose un vórtice con las líneas de flujo de la mezcla de gas y polvo. La fuerza centrífuga separa el polvo de la corriente del gas y el polvo se mueve hacia las paredes del cilindro, descendiendo por la sección cónica hasta la salida del polvo. Las líneas de corriente del gas descienden pero cambia su dirección en el centro del cono y abandona el ciclón por el tubo de salida del mismo. (Sosa, F.J. 1980)

Así, los ciclones pueden ser diseñados para trabajar a elevada eficiencia usando pequeños diámetros, largos cilindros y velocidades de entrada elevadas o para altos caudales con dimensiones opuestas. Sin embargo los pequeños diámetros incrementan la caída de presión y esto puede influir en los costos de operación teórica. El tamaño de los ciclones oscila entre

15 - 25 m. Las velocidades del gas a la entrada entre 15-20 m/s para caudales de 15-30 m³/min. Las variaciones en el flujo tienen un marcado efecto sobre la eficacia. Las partículas que son más pequeñas de 5 µm tienden a seguir los vórtices turbulentos y no son recogidas cuando están sometidas a la influencia de cientos de gas. La eficacia de colección de partículas se incrementa con la concentración de partículas en la alimentación. Las gráficas de eficacia de ciclón frente a la caída de presión son más útiles para la correcta selección de ciclones que las gráficas de eficiencia frente al flujo. Los principales factores que influyen sobre la eficiencia de ciclones son: efectos secundarios que se producen en el interior del ciclón, las dimensiones proporcionales de los ciclones, las propiedades físicas del gas, y las variables del proceso (Sastre, H, Et, Al. 1997)

Residuos del tratamiento.

Se deben considerar dos tipos de efluentes finales

1. Una corriente gaseosa tratada, que debe ser analizada para comprobar el cumplimiento de la legislación, y que se someterá a su dispersión mediante chimeneas.
2. Un residuo del tratamiento que contiene, entre otros, a los productos recuperados de la corriente contaminada.

El tratamiento de la corriente con sólidos puede dar lugar a un residuo de polvo fino (filtros, precipitadores electrostáticos) o a lodo (lavadores). Ha sido frecuente la deposición de este residuo, aunque aparecen dificultades para su transporte a las zonas de depósito. En algún caso se ha podido aprovechar como material de construcción o de relleno u otros productos comerciales. En otros casos se plantea su incineración, evidentemente debiendo controlar las nuevas emisiones atmosféricas de este proceso. (Aiche, 1980)

La aparición de partículas en efluentes gaseosos es un problema prácticamente general de este tipo de efluentes. Abarca emisiones sobre todo de centrales térmicas, de materiales de construcción, de siderurgia y en menor proporción de metalurgia no férrea, industria química y de petróleos (Miner, 1981).

Las emisiones totales que se producirían en ausencia de procesos de tratamiento sería inmensa, no obstante las partículas por encima de unas micras son relativamente fáciles de eliminar y se tienen eficacias globales muy altas con costos de inversión y de operación muy bajos en comparación con los que precisa el tratamiento de contaminantes gaseosos.

Las cámaras de sedimentación, inerciales y ciclones se usan con muy bajo costo de operación para partículas superiores a unas 3 micras. (Sosa et al, 1980) Para partículas inferiores, la filtración (corrientes secas) y precipitación electrostática (altos caudales) se usan de forma muy extendida así como los lavadores húmedos (absorción simultánea). Los equipos húmedos deben cuidar la emisión de gotas, mediante separadores, y además promueven la existencia de penachos. Las centrales térmicas suelen llevar electrofiltros de alta eficacia, en algún caso baterías de ciclones. La industria química usa con frecuencia ciclones y filtros. (Parker, A. 1983)

1.8. ENFOQUES PREVENTIVOS EN EL MANEJO DE RESIDUALES.

Durante muchos años, la práctica tradicional ha sido exigir a la industria la utilización de tecnologías para el control de la contaminación al final de los procesos o actividades, a fin de garantizar el cumplimiento de los límites máximos admisibles de contaminantes en las emisiones y descargas, reduciendo con ello los riesgos para la salud y el ambiente asociados a este fenómeno.

El establecimiento de límites de calidad de las emisiones al final del proceso y el uso de tecnologías sobre la base de las normas de descarga y emisiones tienen importantes desventajas. Entre ellas la posible degradación de los medios receptores cuando hay ausencia de objetivos de calidad de éstos, los controles innecesariamente costosos en situaciones donde los riesgos de deterioro de los cuerpos receptores no se prevé que sean altos, la transferencia de la contaminación de un medio a otro y la no incentivación a la innovación tecnológica, ni a la búsqueda de soluciones más eficientes y efectivas en términos ambientales y económicos.

Teniendo en cuenta que existe un campo de acción igualmente eficaz y mucho más promisorio a largo plazo que es el de la prevención de la contaminación a través de cambios en los procesos productivos y actividades de servicios, a finales de la década del 80, comenzó a manifestarse una nueva tendencia a nivel internacional para la protección y preservación del ambiente: prevenir la contaminación antes que se genere.

En la literatura actual se manejan y utilizan varios conceptos, tales como producción más limpia, minimización de residuos, ecoeficiencia y prevención de la contaminación. (Prácticas de Producción Más Limpias, 2003).

La producción más limpia (PML), es la aplicación *continua* de una estrategia *preventiva* integrada a los procesos, productos y servicios para *incrementar* la eficiencia y *reducir* los riesgos para los seres humanos y el ambiente. (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 1989)

La minimización de residuos es el conjunto de actividades, medidas organizativas, operativas y tecnológicas dirigidas a la disminución de los volúmenes y concentraciones de los residuales generados en las actividades productivas, sociales y de servicios hasta el nivel mínimo factible. Su objetivo básico es incrementar la eficiencia de los negocios en el uso de los recursos y la producción de bienes y servicios. Haciendo esto también se reducen o elimina la generación de residuales. El reciclaje externo para un reuso directo también es considerado una técnica de minimización, pero tiene diferente prioridad comparada con la prevención en la fuente.

En el contexto de la agroindustria azucarera una vía factible y oportuna para mitigar los impactos ambientales provocados por la misma, es sin duda alguna la implementación de las prácticas antes mencionadas, que no sería más que trazar estrategias integradas que involucre a todos los trabajadores y la comunidad en general, en la solución de los problemas, jerarquizando de forma lógica el manejo de residuos, basada en el principio de que la contaminación debería evitarse o reducirse en la fuente siempre que sea práctico, mientras

que los residuales cuya generación no puede ser evitada, deben reciclarse de una manera ambientalmente segura.

1.9. LA ECONOMÍA AMBIENTAL.

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 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.

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.

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.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO I.

1. La cogeneración de electricidad a partir de biomasa cañera en la Empresa Azucarera “Melanio Hernández”, obedece a la estrategia de diversificación de la agroindustria azucarera, lo que provocará una prolongación en el tiempo de las emisiones atmosféricas; pudiendo incidir en la agudización de los cuadros epidémicos en la población.
2. El transporte de contaminantes está vinculado directamente con los movimientos horizontales de la atmósfera y los factores que influyen en la dispersión de estos son, la dirección, la velocidad y la turbulencia del viento. Por lo que estos tres factores condicionan el transporte, la dilución, la transformación y eliminación de los mismos. Es por ello que las zonas cercanas a las fuentes de contaminación se ven seriamente afectadas, causando irritación en el sistema respiratorio, irritación ocular y de forma general exacerbación de los procesos alérgicos, siendo los asmáticos los más afectados.
3. En la industria azucarera los métodos de depuración de gases, los intrínsecos y los extrínsecos, pueden ser utilizados, siendo los más viables los intrínsecos, no dejando de darle valor a la utilización de los segundos, pero ya una vez que hayan sido evaluados los primeros. Estos métodos y las prácticas de Producción Más Limpia deben constituir estrategias prioritarias en las empresas cubanas.
4. Los problemas ambientales, citados anteriormente, muestran la existencia de impactos ambientales sobre los agentes presentes en la economía, lo cual implica un costo externo asumido por el presupuesto del Estado, las empresas y las familias. La medición económica de estos gastos como consecuencia del impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud humana, determinaría el costo social derivado de la misma. Ello presupone elaborar alternativas de solución por parte de los organismos e instituciones vinculados a esta problemática en los territorios.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la realización de este trabajo se utilizaron diferentes materiales y métodos que permitieron dar cumplimiento a los objetivos trazados. En este sentido se destaca un estudio de la zona objeto de análisis, técnicas de investigación como encuestas a la población y a expertos, se realizó una caracterización de las emisiones gaseosas y de las partículas sólidas, se determinó la correlación de las emisiones y las enfermedades respiratoria y se determinaron los costos de salud. Finalmente atendiendo a los resultados antes mencionados se desarrollaron alternativas Comunitarias e Industriales a fin de minimizar los impactos ambientales negativos; y como caso de estudio para las alternativas industriales se realizó el cálculo de un sistema de depuración de gases.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS.

2.1. ESTUDIO DE LA ZONA.

Primeramente se realizó una evaluación de la zona objeto de estudio, teniendo presente los siguientes elementos:

1. 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.
2. 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.
3. Relieve. El procedimiento realizado fue similar al anterior.
4. 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.
5. Clima. Esta información se tomó de los datos históricos de la estación de Sancti Spíritus, perteneciente al Centro Meteorológico Provincial, donde se analizaron los principales indicadores meteorológicos de la zona, dicho centro se encuentra a tres km de Tuinucú por lo que esos datos pueden considerarse representativos para esa zona.
6. 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.

7. **Atmósfera.** Este se realizó a través de la observación y la valoración de criterios de los especialistas del Centro Meteorológico Provincial.
8. **Actividad económica.** Esta se desarrolló teniendo en cuenta criterios de las autoridades locales y provinciales, así como datos de la Oficina de Estadística Territorial.
9. **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.
10. **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.
11. **Sanidad vegetal.** Se realizó basado en información brindada por la Dirección de la Agricultura perteneciente a la Empresa Azucarera "Melanio Hernández".
12. **Atención primaria y médica de la salud.** Dato brindados por la Dirección Provincial de Salud.

2.2. ENCUESTAS APLICADAS.

Se aplicó una encuesta a la población con el objetivo de establecer la posibles correlaciones entre la contaminación atmosféricas y las enfermedades respiratorias en el Consejo Popular Tuinucú, esta fue aplicada 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 V) 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.

2.3. MÉTODO DE CRITERIO DE EXPERTO.

En el método de Criterio de Experto, se seleccionaron 15 especialistas, que previamente fueron valorado para ver si cumplían con los requisitos, teniendo en cuenta los criterio que se muestran en el (Anexo VI), de ellos se seleccionaron 11, a los que se le aplicó la encuesta a expertos (Anexo VII) que permitía conocer cual era su valoración de si la

contaminación atmosférica influía o no en las enfermedades respiratorias (IRA y ASMA) y la probabilidad de que estas enfermedades estuvieran relacionadas con la contaminación atmosférica en el poblado de Tuinucú.

2.4. CARACTERIZACION DE LAS EMISIONES GASEOSAS Y DE PARTICULAS SÓLIDAS.

Para la caracterización de las emisiones gaseosas y de partículas sólidas se instaló un sistema de monitoreo de gases, teniendo en cuenta los vientos predominantes para lograr así captar una mayor cantidad de emisiones. Las mediciones fueron realizadas por espacio de 6 meses en dicha comunidad tres en tiempo de zafra y tres en no zafra. Dicho sistema de monitoreo es capaz de determinar SO_x y humos, así como partículas sólidas.

Equipamiento utilizado.

Para realizar las mediciones atmosféricas se instaló un sistema de monitoreo de gases, teniendo siempre en cuenta hacia donde soplan los vientos para lograr así captar una mayor cantidad de emisiones. Las mediciones fueron realizadas en la comunidad de Tuinucú por el captador de volumen modelo CPV-8D/A (Anexo VIII), destinado a la recogida de muestras de SO_2 y humos con una capacidad para 8 muestras, lo que lo posibilita colocarlos 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 selectivo del material particulado que 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 colocado en un desecador durante 24h, transcurrido este tiempo con una precisión de décima de miligramo. Realizada esta operación se traslada el filtro hasta el lugar del muestreo y se coloca en el portafiltros del captador.

Transcurrida 24 h, se desconecta el captador y se retira el filtro, con la precaución de no alterar la superficie donde se han recogido las partículas. Se dobla longitudinalmente, se introduce en un sobre y se traslada al laboratorio.

Previamente a la pesada, el filtro se estabiliza durante 24 horas en un desecador. Transcurrido este tiempo, se pesa hasta alcanzar peso constante. La cantidad de partículas se obtiene por diferencia entre el peso final y el peso inicial del filtro.

Cálculos:

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

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

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 el filtro no experimente 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 del filtro 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.

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.

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.

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.

Interferencias.

Este método realiza 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 SO_2 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 SO_2 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 SO_2 . 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 SO_2 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 SO_2 se realizará mediante el método de la toma.

Observaciones:

Este método permite la determinación del sulfato formado a partir de SO_2 del aire mediante cualquier otro método que permita la detección del sulfato en agua.

Antes de llegar a la disolución donde quedará retenido el SO_2 las partículas presentes en aire deberán ser retenidas mediante un filtro, ya que podrían presentarse interferencias de sulfatos en el material particulado.

2.5. 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.

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.

2.6. DETERMINACIÓN DEL EFECTO ECONÓMICO.

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 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.
- Gastos defensivos.

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.

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.
- Pérdidas de Ingreso de las familias.

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.

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

2.7. ALTERNATIVAS EN FUNCIÓN DE MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL EN LA ATMOSFERA.

Se proponen alternativas de solución 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 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.

CÁLCULO DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN DE GASES COMO UNA ALTERNATIVA INDUSTRIAL EN FUNCIÓN DE MINIMIZAR LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS.

Para el dimensionamiento del sistema ciclónico lo primero que realizamos fue la determinación del flujo de gases, tomando como punto de partida el análisis del combustible, la ecuación utilizada para el cálculo del flujo fue la descrita por (Pons, 1987) la cual presentamos a continuación:

$$W_{G.S} = \frac{11 * (\%CO_2) + 8 * (\%O_2) + 7 * (\%NO) + \% (CO)}{3 * (\%CO_2) + (\%CO)} * CRQ + S / 1.93$$

Mientras que para calcular las propiedades del ciclón se utilizó la metodología descrita por Pavlov.

Utilizando para el cálculo del diámetro del cuerpo del ciclón (D_c) la ecuación siguiente.

$$D_c = \sqrt{\frac{\dot{V}}{0.785 W_c}}$$

Igualmente se calculó W_c , que es la velocidad del gas referida a la sección transversal total de la parte cilíndrica del ciclón. Considerando que debe estar en el rango (2.5 ÷ 4) m/s

Este valor se puede calcular mediante la siguiente expresión

$$\Delta P_c = \xi_0 \frac{W_c^2 \cdot \rho}{2}$$

El valor de ΔP se escoge a partir de un valor de referencia o permitido y se fija generalmente durante la etapa de proyecto basándose en criterios económicos.

Después de haber obtenido estos parámetros se calcularon las demás dimensiones del ciclón mediante las expresiones que se muestran.

$$B_c = \frac{D_c}{4}$$

$$D_e = \frac{D_c}{2}$$

$$J_c = \frac{D_c}{4}$$

$$Z_c = 2 \cdot D_c$$

$$H_c = \frac{D_c}{2}$$

$$L_c = 2 \cdot D_c$$

$$S_c = \frac{D_c}{8}$$

$$h_{vi} = 0.003 \cdot \rho \cdot w_c^2$$

Diámetro mínimo de las partículas (pies) que son completamente coleccionadas.

$$d_{pmín} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot B_c}{\pi \cdot N_{tc} \cdot V_c \cdot \rho_s - \rho_g} \right]^{0.5}$$

Diámetro de corte (pies): diámetro por encima del cual el 50 % de las partículas son coleccionadas.

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot B_c}{2\pi \cdot N_e \cdot V_c \cdot \rho_s - \rho_g} \right]^{0.5}$$

Finalmente en un gráfico de eficiencia de recolección contra diámetro de partícula (pág. 59) se determina la eficiencia en que operará el equipo.

ESTUDIO COSTO BENEFICIO.

Para este estudio se realizó el cálculo de flujo de caja, tomando como criterio de valoración el Valor Actual Neto (VAN) y el Tiempo de Recuperación (TIR). Este análisis sólo se le realizó a la alternativa de solución donde se propone el sistema de depuración de gases, (sistema ciclónico), ya que para poder evaluar las restantes alternativas, se requeriría estudiar interioridades en diferentes procesos y por la limitante de tiempo no fue objetivos central de este trabajo.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO II.

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 técnicas de aplicación de encuestas, 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. El método de cálculo del sistema ciclónico, puede ser utilizado para el diseño de este tipo de elemento ampliamente utilizados en la industria de procesos químicos.
5. 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 este trabajo y algunas alternativas industriales y comunitarias en función de minimizar los efectos provocados por la contaminación atmosférica.

3.1. RESULTADO DEL ESTUDIO DE LA ZONA.

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 molienda.

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 etnológico 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.

El Consejo Popular Tuinucú fue fundado 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 4. 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 más significativa situada al sur del 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 tenemos 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 Spíritus, 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 mas 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 semidecíduos y siempreverdes, propios de América Tropical y el Caribe; con el complemento, además del área de influencia del río Tuinucú, donde se encuentra vegetación de este cuerpo de agua dulce.

Los bosques semidecíduos y siempreverdes, con características afines en composición y estructuras, pueden llegar en su desarrollo hasta 15 y 25 m de altura, con arbustos, herbáceos, epifitas, lianas, y palmas reales. Los semidecíduos 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 2.8 se muestran las especies existentes.

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. (Anexo IX, tabla 3.1)

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 existe 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.

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 beneficiaran 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, SO₂ 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 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).

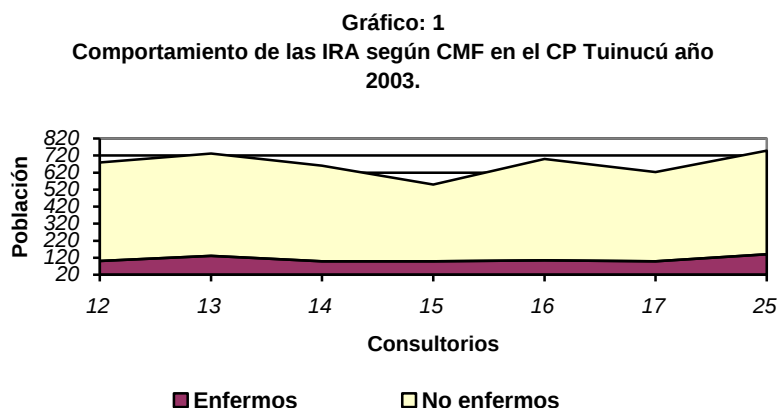
3.2. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS APLICADAS A LA POBLACIÓN.

Como se explicó en el Capítulo anterior la encuesta fue aplicada 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 pesquizando 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.

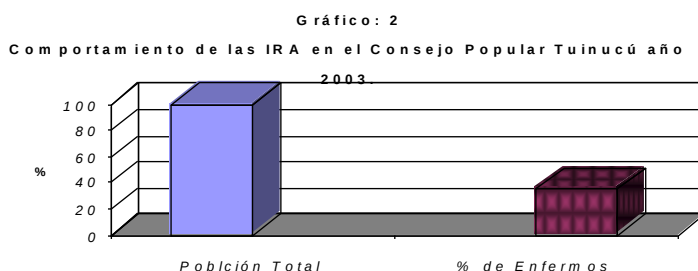
Los resultados más significativos obtenidos a partir de esta encuesta son los siguientes:

Al analizar las IRA según género y edad, estas no brindaron una correlación estadística significativa.



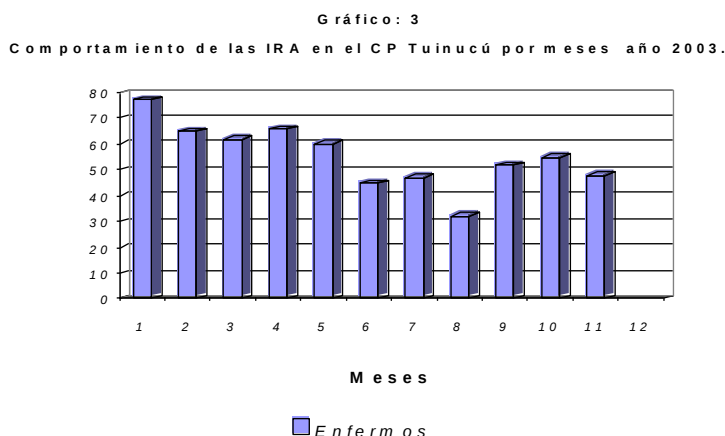
Fuente: Encuesta aplicada.

Como puede observarse en el gráfico 1, la mayor cantidad de enfermos pertenecen a los CMF 13, 16 y 25 que son los que están ubicados geográficamente más cerca de las lagunas de oxidación, que como se explicó con anterioridad, estas emiten SO_2 a la atmósfera, gas que afecta notablemente el sistema respiratorio provocando irritaciones en las mucosas, favoreciendo el desarrollo de infecciones del tracto respiratorio superior.



Fuente: Encuesta aplicada.

En el gráfico 2, se muestra el porcentaje de personas que refieren haber enfermado en relación con el total de la población encuestada, observándose que existe un 35% de población afectada, lo que demuestra además, una alta incidencia de este tipo de enfermedad en el territorio objeto de estudio.



Fuente: Encuesta aplicada.

Si nos remitimos al gráfico 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 enfermedades respiratorias agudas pueden tener su comportamiento epidémico.

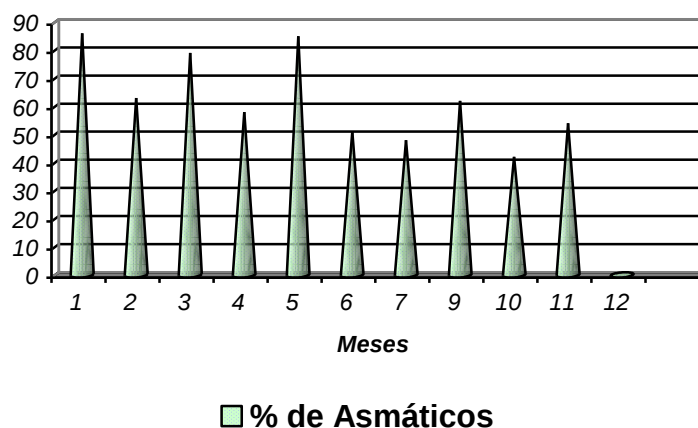
Los cambios que ocurren como consecuencia de las alteraciones de la calidad del aire en este caso están relacionados más con la severidad de los cuadros, que con su aparición, no es suficiente la contaminación para que ocurra el episodio, se necesita de agentes causales específicos y predisposición de 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 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).

Gráfico: 4 Comportamiento de las Crisis de ASMA por meses año 2003.



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.

3.3. 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.

3.4. CARACTERIZACION DE LAS EMISIONES GASEOSAS Y DE PARTICULAS SÓLIDAS.

Partiendo del estudio de la zona, se seleccionaron los puntos de muestreo los que se ubicaron distribuido en los cuatro puntos cardinales (Anexo X mapa de la zona), 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 X rosa de los vientos).

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:

$$C_{SO_2} = \frac{321 * MLNa_2CO_3}{V_a}$$

$$C_{PTS} = \frac{(5.07 * S)}{V_a}$$

$$V_a = F_f - F_i$$

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.

Tabla 3.2 Resultado de las mediciones atmosféricas.

Punto # 1		
Meses	C_{SO_2}	C_{PTS}
Febrero	30.10	55.26
Marzo	27.14	44.94
Abril	28.41	51.06
Mayo	18.29	20.42
Junio	17.63	20.35
Julio	17.96	19.80

Punto # 2		
Meses	C_{SO_2}	C_{PTS}
Febrero	30.07	52.20
Marzo	31.16	55.13
Abril	31.49	52.30
Mayo	19.19	22.08
Junio	18.17	24.37
Julio	20.99	25.41

Punto # 3		
Meses	C_{SO2}	C_{PTS}
Febrero	28.59	42.61
Marzo	26.46	47.42
Abril	25.55	43.39
Mayo	16.84	21.95
Junio	16.21	20.17
Julio	15.92	19.89

Punto # 4		
Meses	C_{SO2}	C_{PTS}
Febrero	29.41	41.63
Marzo	30.09	46.85
Abril	28.92	42.25
Mayo	14.25	22.65
Junio	15.20	20.50
Julio	14.7	20.19

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.

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 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. A continuación se describe el proceso 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 (Desulfovibrio) que reducen estas sales a Sulfuros con la consecuente producción de olores ofensivos, especialmente en las horas del crepúsculo y el amanecer.

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.

3.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

En el análisis de correlación lineal de las emisiones atmosféricas con las enfermedades, IRA y ASMA, se demuestra que existe una fuerte asociación de estas, lo que quiere decir que al aumentar una variable aumenta la otra.

Tabla 3.3 Resultado del análisis estadístico.

Punto # 1	Enfermedades	Coeficiente de correlación
C _{PTS}	ASMA	0.69
	IRA	0.65
C _{SO2}	ASMA	0.71
	IRA	0.66
Punto # 2		
C _{PTS}	ASMA	0.74
	IRA	0.55
C _{SO2}	ASMA	0.77
	IRA	0.58
Punto # 3		
C _{PTS}	ASMA	0.80
	IRA	0.63
C _{SO2}	ASMA	0.69
	IRA	0.66
Punto # 4		
C _{PTS}	ASMA	0.81
	IRA	0.63
C _{SO2}	ASMA	0.75
	IRA	0.59

Fuente: Estudio realizado.

Como se puede observar en el caso de las Crisis de Asma Bronquial existe una asociación más fuerte que en el caso de las IRA, esto tiene un comportamiento lógico, debido a que los pacientes que padecen de ASMA tienen un factor predeterminante y cuando existe cualquier cambio en las condiciones ambientales, esto puede provocar una crisis. Estos resultados coinciden con lo reportado en la literatura.

En el caso de las IRA la asociación que se observa es menor porque este tipo de enfermedad necesita un agente causal externo, microorganismos patógenos, para que aparezca la enfermedad, la contaminación en este caso lo que hace es agravar el cuadro de la entidad.

3.6. 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.

$$475 \times 0.01 \times 72.45 \times 3 = \$1032,41 \text{ /año} \quad \text{----- ASMA}$$

$$3509 \times 0.01 \times 72.45 \times 3 = \$ 7626,81 \text{ /año } \text{----- IRA}$$

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 dejen 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.

$$349 \times 21.40 \times 12 = \$ 89\,623,20 \text{ /año ----- ASMA}$$

de casos x costos medio de medicamentos para enfermos con esta patología.

$$3509 \times 5.20 = \$ 18\,246,80 \text{ /año ----- IRA}$$

Tabla 3.5. Costos totales en \$/año

<i>Entidades de costos</i>	<i>ASMA \$/año</i>	<i>IRA \$/año</i>	<i>Total \$/año</i>
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 3.5 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.

3.7. ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

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 crearan los espacio 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.

CASO DE ESTUDIO: cálculo del sistema ciclónico.

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 como sigue: Para el dimensionamiento de dicho separador lo primero que realizamos fue la determinación del flujo de gases, tomando como punto de partida el análisis del combustible, la ecuación utilizada para el cálculo del flujo fue la descrita por (Pons, 1987) la cual presentamos a continuación:

$$W_{G.S} = \frac{11 * (\%CO_2) + 8 * (\%O_2) + 7 * (\%NO) + \% (CO)}{3 * (\%CO_2) + (\%CO)} * CRQ + S / 1.93$$

$$W_{G.S} = \frac{11 * (44) + 8 * (20.65) + 7 * (3.50) + 4.0}{3 * (44) + 4} * 0.7184 + 0.1 / 1.93$$

$$W_{G.S} = 4.07 K_G \text{ degases / kgdecombustible}$$

- 1) Cálculo del diámetro del cuerpo del ciclón (D_c).
- a) Velocidad convencional del gas.

W_c : es la velocidad del gas referida a la sección transversal total de la parte cilíndrica del ciclón

$$W_c = (2.5 \div 4) \text{ m/s}$$

Este valor se puede calcular mediante la siguiente expresión

$$\Delta P_C = \xi_0 \frac{W_C^2 \cdot \rho}{2}$$

Donde: ξ_0 es el coeficiente de resistencia del ciclón

ρ : Densidad del gas que pasa por el ciclón

$$W_C = \sqrt{\frac{2 \cdot 933}{160 \cdot 1.09}}$$

$$W_C = 3.26 \text{ m/s}$$

El valor de ΔP se escoge a partir de un valor de referencia o permitido y se fija generalmente durante la etapa de proyecto basándose en criterios económicos.

Diámetro del ciclón.

$$D_C = \sqrt{\frac{\dot{V}}{0.785 W_C}}$$

$$D_C = \sqrt{\frac{2105}{3600 \cdot 0.785 \cdot 3.26}}$$

$$D_C = 0.47 \text{ m}$$

El cálculo de las restantes dimensiones del ciclón, señaladas en la figura que se muestra a continuación se realiza como sigue:

$$B_c = \frac{D_c}{4} = 0.47/4$$

$$B_C = 0.1175 \text{ m}$$

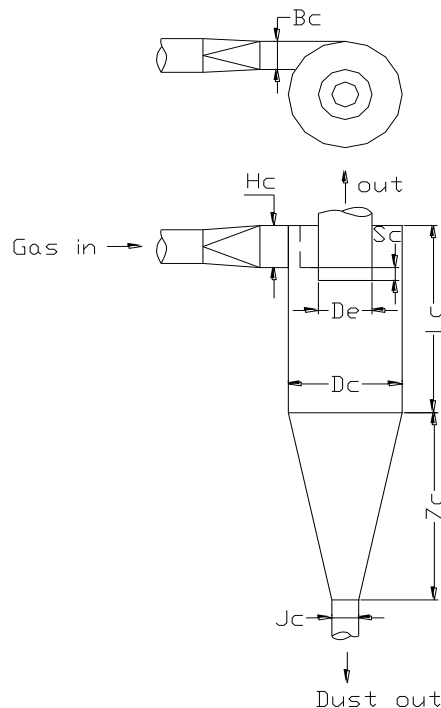
$$D_e = \frac{D_c}{2} = 0.47/2$$

$$D_e = 0.235 \text{ m}$$

$$J_c = \frac{D_c}{4} = 0.47/4$$

$$J_C = 0.1175 \text{ m}$$

$$Z_c = 2 \cdot D_c = 2 \cdot 0.47$$



$$Z_c = 0.94m$$

$$H_c = \frac{D_c}{2} = 0.47 / 2$$

$$H_c = 0.235m$$

$$L_c = 2 \cdot D_c = 2 * 0.47$$

$$L_c = 0.94m$$

$$S_c = \frac{D_c}{8} = 0.47 / 8$$

$$S_c = 0.058m$$

2) Caída de presión

La carga dinámica del gas a la entrada del ciclón h_{vi} (en pulgadas de la columna de agua) se relaciona con la velocidad de entrada del gas (pie/s) y la densidad del gas (lb/pie³) mediante la ecuación:

$$h_{vi} = 0.003 \cdot \rho \cdot w_c^2$$

$$h_{vi} = 0.003 * 0.068 * 114.3$$

$$h_{vi} = 0.023$$

3) Diámetro mínimo de las partículas (pies) que son completamente coleccionadas.

$$d_{pmín} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot B_c}{\pi \cdot N_{tc} \cdot V_c \cdot \rho_s - \rho_g} \right]^{0.5}$$

$$d_{pmín} = \left[\frac{9 * 2.6 * 199.5}{3.14 * 5 * 45 \cdot 156 - 0.068} \right]^{0.5}$$

$$d_{pmín} = 0.0000377 \text{ pies}$$

Donde:

V_c : Velocidad media del gas a la entrada en (pie/s).

N_{tc} : Número de vueltas de la corriente gaseosa en el ciclón

ρ_s : densidad de la partícula (lb/pie³).

ρ_g : densidad del gas (lb/pie³).

4) Diámetro de corte (pies): diámetro por encima del cual el 50 % de las partículas son coleccionadas.

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot B_c}{2\pi \cdot N_e \cdot V_c \cdot \rho_s - \rho_g} \right]^{0.5}$$

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot 2.6 \cdot 199.5}{2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot 45 \cdot 56 - 0.068} \right]^{0.5}$$

$$d_{pc} = 0.0000115 \text{ pies}$$

Ne puede escogerse igual a N_{tc}

Velocidad media a la entrada del ciclón ≈ 45 pies/s (cerca de 14 m/s).

Eficiencia de recolección.

En cuanto a la eficiencia, los ciclones son equipos muy eficaces. Sin embargo se observa que partículas de tamaño menor que el mínimo calculado son capturadas mientras que otras de mayor tamaño salen con el gas. Esto indica que existen otros factores que interfieren en la captura de las partículas, como colisiones entre las partículas y turbulencias que pueden afectar a la eficiencia del ciclón. Así se tiene una curva con distintos valores de eficiencia para cada diámetro de partícula

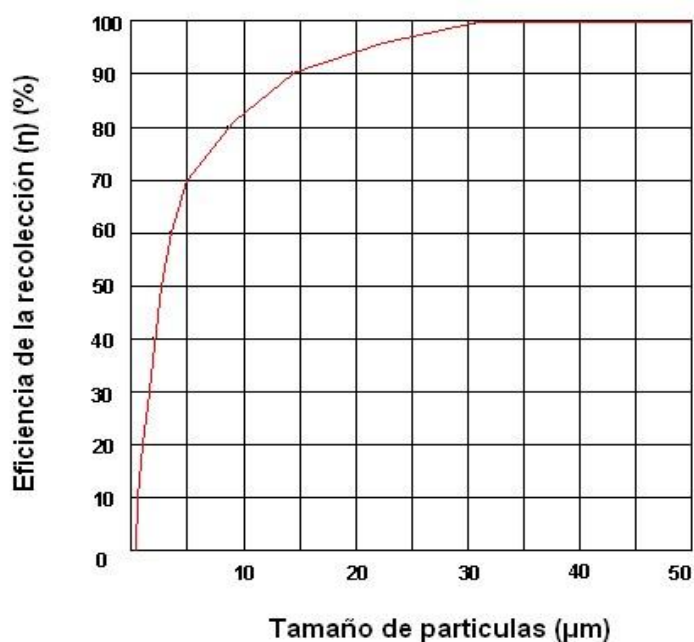


Figura 3.1. Eficiencia de la recolección.

Después de haber calculado los diámetros, vamos a la gráfica de eficiencia contra diámetro de partículas y obtenemos una eficiencia de 80%, la cual está dentro del rango establecido para ciclones de este tamaño de partículas. De acuerdo a los resultados obtenidos para minimizar los efectos de dichos gases se requiere un sistema de 3 ciclones.

ANÁLISIS ECONOMICO.

Para llevar a cabo el análisis económico de dicho sistema ciclónico, se partió del diseño realizado anteriormente y donde se tuvo en cuenta, los costos por los conceptos siguientes:

Tabla 3.6 Costos del sistema ciclónico en (\$).

Mantenimiento.....	\$ 250.00
Tuberías.....	\$ 288,70
Costo Instalación Sistema Ciclónico.....	\$ 115049,10
Total.....	\$ 115787,80

Fuente: Estudio realizado.

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.

Partiendo de los resultados obtenidos se realiza un análisis económico, **Costo Beneficio**, (flujo de caja, Anexo XII), utilizando como punto de partida los beneficios que se reportarían al instalar el sistema de depuración de gases propuesto.

Para este análisis se tuvo en cuenta el resultado de la correlación realizada, al partir del criterio de la multicausalidad de las enfermedades analizadas, por lo que se asumió que los beneficios eran el 70% de los gastos totales, obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) igual a \$ 282 077,43 y un Tiempo de Recuperación (TIR) del 76 % lo quiere decir que a partir de los dos años y medio se comienza a amortizar los gastos incurridos en la inversión, según se muestra en el gráfico, por consiguiente dicha inversión se justifica económicamente.



Fuente: Estudio realizado.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO III.

1. El estudio de la zona permitió conocer las características socioeconómicas y ambientales, las que sirven como punto de partida para trazar propuestas de solución a los problemas detectados.
2. Los resultados obtenidos a través del estudio de las emisiones de SO₂ y PTS, demuestran que es necesario profundizar en el estudio de las concentraciones, del tiempo de exposición y la influencia de la dispersión en el medio atmosférico local, para establecer una mejor correlación de dichas emisiones con las afectaciones de salud estudiadas.
3. Las concentraciones de SO₂ reportadas en el lugar, están dadas por las condiciones en que se encuentra el sistema de tratamiento de residuales líquidos, y la mala operatividad y mantenimiento del mismo.
4. La procedencia de PTS es fundamentalmente de la industria azucarera y el movimiento automovilístico en el lugar, dado por las malas condiciones en que se encuentran los viales del poblado, en tanto las provenientes de la industria se deben a problemas tecnológicos y la mala concepción de minimización de residuos en la fuente de origen.
5. Las zonas donde existen mayores concentraciones de contaminantes, son las que más cerca se encuentran de las fuentes de emisión y hacia donde fluyen los vientos predominantes.
6. El sistema de depuración de gases propuesto, conducirá a una disminución de partículas sólidas en la atmósfera, contribuyendo a mejorar las condiciones de saneamiento y la calidad de vida de la población.
7. Los costos de salud como método, puede ser el punto de partida para determinar los gastos de salud derivados de la contaminación ambiental, (atmosférica, hídrica u otras). Así como su estimación implica conocer las condiciones socioeconómicas en las cuales se efectúa el análisis. La medición económica de estos gastos determinaría el costo social derivado de la misma. Ello presupone elaborar alternativas de solución, por parte de los organismos e instituciones vinculados a esta problemática en los territorios.
8. El tiempo de recuperación de la inversión para la instalación del sistema ciclónico es de dos años y medio, por lo que resulta factible dicha inversión.

CONCLUSIONES.

1. El estudio del territorio permite conocer las características económicas, ambientales y sociales de la zona, como elemento de partida para el estudio de la problemática existente.
2. Las concentraciones de las emisiones de SO₂ y PTS, se encuentran por debajo de la norma cubana de Atmósfera, que establece límites máximos de emisión para SO₂ de 50 µg/m³ y para PTS de 150 µg/m³. Así la procedencia de PTS es fundamentalmente de la industria azucarera y el movimiento automovilístico en el lugar. Mientras que las concentraciones de SO₂ reportadas, están dadas por las condiciones en que se encuentra el sistema de tratamiento de residuales líquidos, siendo las zonas más cerca de las fuentes de emisión y hacia donde fluyen los vientos predominantes, donde existen mayores concentraciones de contaminantes.
3. Existe una correlación de moderada a fuerte entre la concentración de los contaminantes medidos y la morbilidad por IRA y ASMA, destacándose que en el caso del ASMA existe una correlación mucho mayor que para los casos de IRA. La influencia de los contaminantes es capaz de explicar el 69 % de la variabilidad de estas enfermedades. Aun queda un 30 % de variabilidad de las enfermedades que no fue posible explicar teniendo presente la contaminación. Para trabajos futuros debe tenerse en cuenta el análisis de otras variables.
4. Los costos de salud como método, puede ser el punto de partida para determinar los gastos de salud derivados de la contaminación ambiental (atmosférica, hídrica u otras). La estimación de este efecto económico, implica conocer las condiciones socioeconómicas en las cuales se efectúa el análisis. Además puede ser utilizado para valorar los costos de morbilidad con relación a la contaminación, una vez determinado el grado de incidencia de la misma. Por otra parte la medición económica de estos gastos, determinaría el costo social derivado de la misma. Ello presupone elaborar alternativas de solución, por parte de los organismos e instituciones vinculados a esta problemática en los territorios.
5. A partir del estudio realizado se proponen alternativas industriales y comunitarias teniendo como eje central la producción más limpia y la educación ambiental, siendo el sistema ciclónico un caso de estudio que contribuye a mejorar las condiciones de saneamiento y la calidad de vida de la población, con un tiempo de recuperación de la inversión de cuatros años, por lo que resulta factible dicha inversión.

RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudios por un período de tiempo más prologado, que posibilite una mejor caracterización de las emisiones y poder emitir generalizaciones más precisas sobre su efecto al medio y las personas que conviven en el.
2. Implementar las alternativas de solución propuestas y monitorear su cumplimiento y efectos en la comunidad.
3. Realizar estudios de percepción ambiental que permitan conocer el grado de conocimiento de los problemas ambientales por los habitantes de la comunidad.
4. Extender la experiencia a otras zonas con similares características y ocurrencia del mismo problema.

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. Coca, J; Díaz. M. Procesos para la eliminación de SO de gases residuales. Ing Química. 89, Nov. 1979.
19. Comisión Nacional de Energía. Algunas alternativas de energías aprovechables en Cuba. Mayo, 1991.
20. Colectivo de Autores. Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 1998. p 225-227.
21. Colectivo de Autores. Contaminación del aire y salud. Serie Salud Ambiental. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. 1992.
22. Colectivo de Autores. La Ingeniería Ambiental. Editorial Síntesis S.A. España, 2000.
23. Congreso Nacional de Economía. Desarrollo Económico y Medio Ambiente. Sevilla, 9,10 y 11 de diciembre de 1992. Editorial Aranzadi. Pp 587-593.
24. 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.
25. Constanza, R. What is ecological economics. Ecological Economics, No1. 1989.
26. 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.
27. Del Puerto Quintana y Col. Higiene del Medio. Tomo I. 1984.
28. Díaz, J; Hernanz, J.F., "Flotation and Sulphur selectivity Bituminous Coal with Different Degrees of Oxidation, 1984.
29. D. W Pearce y R. K Turner, Economía de los recursos naturales y del medio ambiente, Edición Celeste, Madrid, 1995.

30. Escalona, Julio. Ecología, 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.
31. Espinosa, R. Sistema de utilización del calor. Libro de texto. MES. La Habana, 1991.
32. 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.
33. 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.
34. Forsthofer, T. Diversificación y producción de alcohol. Conferencia Sancti Spíritus, Cuba. 2000.
35. Franza, J .A .Manual de Derecho Ambiental. Ediciones Jurídicas. Segunda Edición. Argentina, 1997.
36. Gálvez, L .O. Hacia una industria diversificada y con esquema flexible de producción. Revista Cuba Azúcar. Vol 28. Num 4. Octubre- Diciembre, 1999.
37. GEPLACEA-ICIDCA-PNUD. Manual de los derivados de la caña de azúcar. México, 1998.
38. Gestión Ambiental Urbana, Modulo de Formación Ambiental Básica, Proyecto Ecosistema Sabana Camaguey. CUB/98/G32-Capacidad 21, 2003.
39. Gilsenbach, Reimar. Alrededor de la Naturaleza. Editorial Gente Nueva, La Habana. Cuba, 1990. Pp 175.
40. Gómez, Orea. J. Evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Barcelona. España, 1995.
41. Henry, J Glynn; Heinke, Gary W. Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Prentice Hall, México, 1999. ISBN: 970-17-0266-2. Pp 800.
42. 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.
43. Hupa, M. Nitrogen Oxide Emisión of Boiler in Finland. Editorial APCH, 1989.
44. Iraola, R, C, Et, at: Aspectos Metodologicos en la Valoración del Análisis Económico Ambiental. Revista Cubana de Meteorología. V. 10, # 1, 2003.

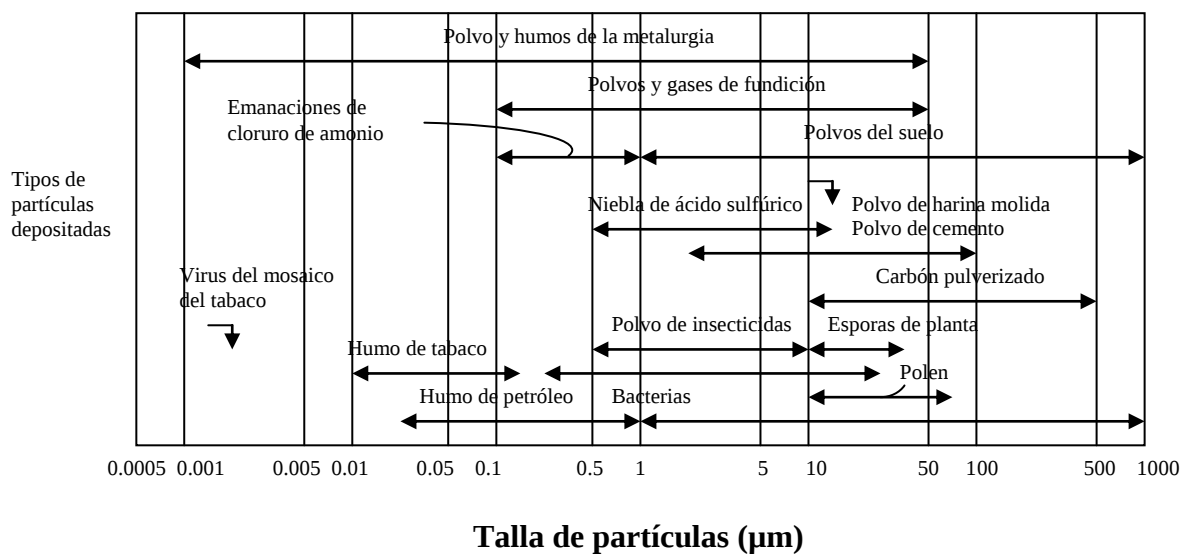
45. Joan Martinez Alier, Jordi Roca Jusmet, Economía Ecológica y Política Ambiental, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México 2000, Cap 3 Impactos ambientales e instrumentos de política ambiental.
46. Keith Caldwell, Lynton. Ecología. Ciencia y Política Medio Ambiental. Serie Mc Graw-Hill de divulgación científica. 1996. ISBN: 0-521-33743-7-251
47. Lubadie, J. M. Conferencia sobre indicadores de contaminación. IPSJAE. La Habana. 1997.
48. Luna, H. F. Industrial Pollution Handbook. Editorial Mc Graw Hill. New York. 1971.
49. 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
50. Llanes Regueiro Juan. "Políticas económicas ambientales "editorial Ciencias Sociales. 1999.
51. Marrero Marrero, Mercedes; Cruz Valido, Bárbaro. Impacto económico de la contaminación hídrica. Economía y Desarrollo #2/1999. Semestral. ISSN 0252-8584. Pp 199-208.
52. Martín, Contamino. C. El Impacto Ambiental. Publicaciones Universidad de Alicante. España, 1999. p-69.
53. Memorias, X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. II Congreso Cubano de Meteorología, La Habana 2003.
54. Merlos, M y colaboradores. Molido de caña integral, una mirada a sus posibilidades. Centro de Estudios Energéticos y Procesos Industriales. Sede Universitaria Sancti Spíritus. Cuba. 2000.
55. 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.
56. MINAZ. Diversificación: Bases del perfeccionamiento del complejo agroindustrial. Habana, 1999.
57. MINAZ. Programa reacciones del grupo de análisis y evolución para el proceso de diversificación y perfeccionamiento de los CAI. Habana. 2000.
58. Miner. Inventario nacional de focos de contaminación atmosférica producida por la industria. Ministerio de Industria y Energía. 1981.

59. Moretti, E. C. Currents Practices and Future Tends. Chemical Engineering Progress, 20 July, 1993.
60. Newman, L. S. Et. Allt Pulmonary Toxicology. In Hazardous Materials Toxicology: Clinical Principles of environmental Health. 1992.
61. Nieblas, F y otros. Caracterización de la paja de caña como combustible. Revista Centro Azúcar. Num 3. Santa Clara.1990.
62. Parker, A. Contaminación del aire por la industria. Editorial Reverte, Barcelona.1983.p 38-42
63. Paul A. Samuelson y William D. Nordhaus. Economía. Parte IV. Ministerio de Educación Superior, La Habana, 1991.
64. Pavlov, K.F. Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas en tecnología química. Editorial MIR Moscú.Vol.11.1985.p-582.
65. 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.
66. Pérez, Martín. D. Inventario Nacional de Gases del Efecto de Invernadero de la Generación Eléctrica. Preprint CIEN-R – 7/98, Habana.1998.
67. Políticas económicas ambientales. El caso contaminación. Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1999. ISBN: 959-06-0390-4. Pp 172.
68. PNUD: La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar en América Latina y el Caribe. PNUD. México, 1989.
69. Prácticas de Producción Más Limpias, Modulo de Formación Ambiental Básica, Proyecto Ecosistema Sabana Camaguey. CUB/98/G32-Capacidad 21, 2003.
70. Quintana, C. Impacto ambiental debido a la combustión de biomasa cañera en la industria azucarera cubana. Revista Centro Azúcar. No .2. 1998.
71. Quiroz Jorge A. Et al. Análisis económico de la contaminación de aguas en América Latina, CINDE. 1995
72. Rodríguez, N. Molido de caña integral. Folleto Central Remberto Abad Alemán. MINAZ, Sancti Spíritus. Cuba. 1994.
73. Romero, T. Historia de la contaminación. Revista Contaminación y Medio Ambiente. 1995. p 7-14.

74. 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.
75. Riera Font, Antonio. La valoració económica del Medi Ambient 1. El método del cost del viatge. Colección de Materiales Didácticos, 64. Universitèst de Illes Balears. 1999. Primera edición ISBN: 84-7632-537-1. Pp 103.
76. Salvar la capa de Ozono: cada acción cuenta. Centro de Información, Divulgación y Educación Ambiental. 1997.
77. Sastre, H; Bueno, L. J; Lavin, A. G. Contaminación e Ingeniería Ambiental. Editorial F.I.C.Y.T. Oviedo, 1997. p 324-332.
78. Seoáñez, C. Mariano. Manual de Gestión de los recursos en función del medio ambiente. Ediciones Mundi – Prensa. Barcelona, 2000. p 130-132.
79. Seinfeld, J.M. "Air Pollution, Physical and Chemical Fundamentals", McGraw Hill. New York. 1975.
80. Sosa, F.J. Fajardo. P.L, Theodore. L. "Particulate Air Pollution: Problems and Solutions". CRC Pres. Boca Ratón, US. 1980.
81. Spedding, D.J. "Contaminación Atmosférica". Reverte, Barcelona. 1981.
82. Van Hawermeiren, Saar. 1998. Manual de Economía Ecológica. Santiago de Chile. Publicado por el Instituto de Ecología Política.
83. Valdés, A. Azúcar de caña, una producción ecológicamente sostenible. Rev, ATAC, vol. 3, Pp 34. 1997.
84. 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.
85. Wautiez, Francoise; Reyes, Bernardo. Indicadores Locales para la Sustentabilidad. Centro Félix Varela. Publicaciones Acuario, La Habana, 2001. ISBN: 959-7071-18-5. Pp 135.
86. Wautiez, Francoise; Reyes Bernardo. Indicadores Locales para la sustentabilidad. Instituto de Ecología. Publicaciones Acuario. La Habana. 2001. ISBN: 959-7071-18-5. Pp 136.
87. Wood, S.C. "Select the right NO_x Control Technology", Chem. Eng. Prog. 1994

88. WWF. Climate Change. World Wide Fund for Nature. Switzerland, 1995.p-49.
89. www.ambientenews.com
90. www.agrobooks.com
91. www.bha.com/spanishTechPapers-pdf/BHaTexSoluciones.pdf
92. www.epagos.com
93. www.google.com
94. www.gem.es/materiales/document/document/g02/d02105/d02105.htm
95. www.ird.org.mx/paginas/publicaciones/Fichas/fiche155.htm
96. www.puc.cl/edu/contamin.htm
98. www.puc.d/sw_educ/contam/cont/Atmosfera.htm
97. www.sintesis.com

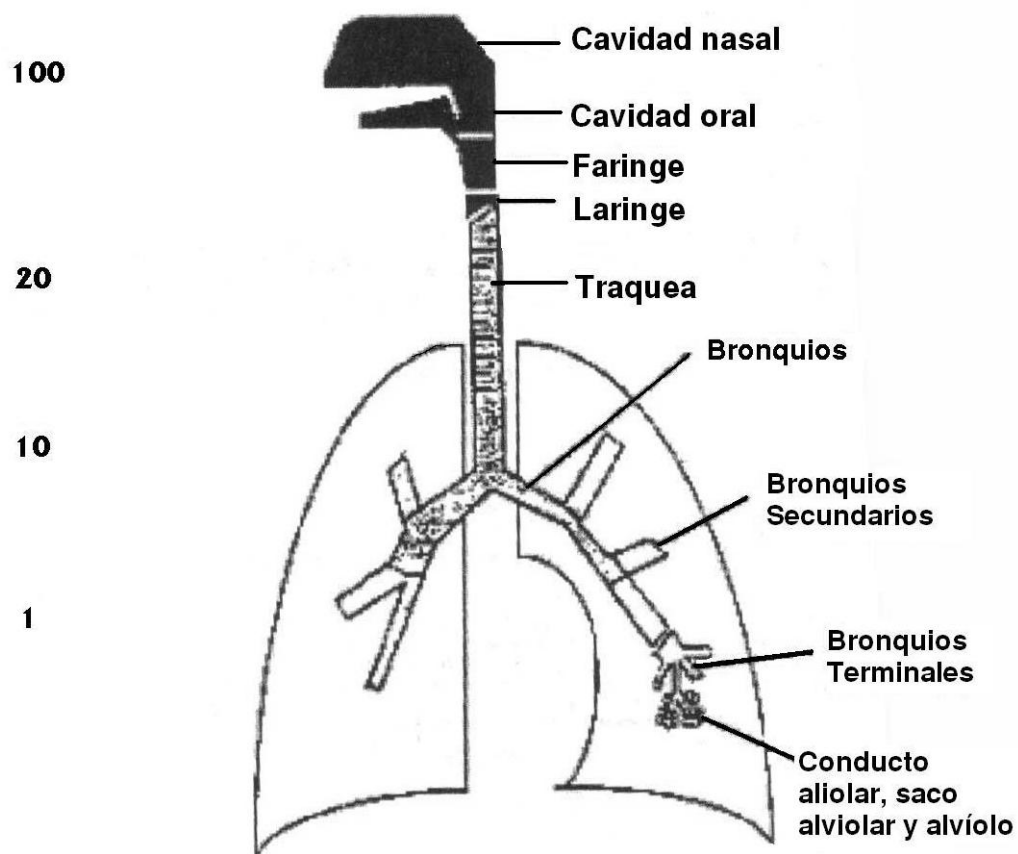
Figura 1.1 Rango de diámetro de partículas presentes en polvos y humos



Fuente: Annelee, Yancí, Et. al. 2000.

Fig: 1.2 DEPOSICION DE PARTICULAS SEGUN TALLA.

Tamaño aproximado (μm) de las partículas depositadas.



FuPente: 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.

Tabla 1.4 Tipos de captación de partículas.

Gravedad	Para partículas grandes ($D_p > 50 \mu m$). Ejemplo: sedimentadores
Inercia	Aprovechando la velocidad de las partículas Ejemplo: cámaras inerciales
Fuerza centrífuga	Bajo varias g 's se separan partículas con $D_p > 2 \mu m$ Ej. Ciclones
Colisión	Con mallas o con gotas Ejemplo: respectivamente filtros o lavadores venturi/pulverización
Campos eléctricos	Con partículas que se cargan Ejemplo: precipitadores electrostáticos
Difusión browniana	Para $D_p < 0,1 \mu m$ Ejemplo: filtros
Aglomeración ultrasónica	Para gases. Los procesos están mucho menos generalizados. Los métodos son numerosos, entre los más desarrollados se incluyen ➤ Absorción con líquidos, preferentemente acoplada con reacción química. ➤ Adsorción en sólidos, tales como carbón activo. ➤ Combustión ordinaria y/o catalítica, en hornos, antorchas o en convertidores.

Fuente: Bueno, L. J. 1997

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 anos 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?.

☐ 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 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)

Figura 2.1. EQUIPO UTILIZADO EN LAS MEDICIONES DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS.



Tabla 3.1 LISTADO FLORÍSTICO DE TUINUCÚ.

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre vulgar</i>	<i>Distribución</i>	<i>Utilidad</i>
ASTERACEAE			
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Celestina azul	Pan	1,5
<i>Bidens pilosa</i> L.	Romerillo	Pan	1,3,5
<i>Eupatorium odoratum</i> L.	Rompesaragüey	Neo	1,8
<i>Emilia sanchifolia</i> (L.) DC.	Clavel chino	Neo	1,6,7
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Lengua de vaca	Pan	1,6
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Escoba amarga	Neo	1,4
ARECACEAE			
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F Cook	Palma real	Ant.	1,2,3,5,6,7,8
AMARANTHACEAE			
<i>Achyranthes aspera</i> L.	Rabo de gato	Pan	
<i>Amaranthus apibosus</i> L.	Bledo espinoso	Pan	6,7
<i>Amarantus viridis</i> L.	Bledo blanco	Cos	1,6,7
BROMELIACEAE			
<i>Tillandsia valenzueana</i> A. Rich	Curujey	Neo	1,5,4
BOMBACACEAE			
<i>Ceiba pentadra</i> (L.) Gaerth	Ceiba	Pan	1,5,4
BORAGINACEAE			
<i>Cordia collococca</i> L.	Ateje colorado	Neo	1,2,3,6,7
<i>Cordia dentata</i> Poir	Ateje blanco	Neo	1,2,3,6,
<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Varía	Car	1,2
<i>Cordia sulcata</i> C.D.C.	Ateje cimarrón	Ant	1,3,4
BURCERACEAE			
<i>Bursera simuraba</i> (L.) Sargo	Almácigo	Neo	1,3
BRASSICACEAE			
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Mastuerzo	Neo	2,3
CAESALPINACEAE			
<i>Cassia tora</i> L.	Guanina	Pan	2
CECROPIACEAE			
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yagruma	Neo	1,2,3
CUCURBITACEAE			
<i>Mormodica charantia</i> L.	Cundeamor	Cos	2
FABACEAE			
<i>Macuna pruriens</i> (L) DC	Pica pica	Pan	2
MALVACEAE			
<i>Urena lobata</i>	Malva blanca	Pan	6,8

Continuación.

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre vulgar</i>	<i>Distribución</i>	<i>Utilidad</i>
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 offisinarum (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			
<i>Distribución firogeográfica</i>		<i>Utilidad</i>	
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

Tabla 3.7 Flujo de caja

		Años										
Conceptos		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos			3792,15	3792,15	3792,15	3792,15	3792,15	3792,15	3792,15	3792,15	3792,15	3792,15
Depreciacion			7689,17	7689,17	7689,17	7689,17	7689,17	7689,17	7689,17	7689,17	7689,17	7689,17
Beneficios			79927,31	79927,31	79927,31	79927,31	79927,31	79927,31	79927,31	79927,31	79927,31	79927,31
Inversion		115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8	115337,8
Flujo de Caja		-115337,8	87616,48	87616,481	87616,48	87616,481	87616,481	87616,48	87616,481	87616,481	87616,481	87616,481
Flujo caja actualizado		-115337,6	76188,244	66250,647	57609,26	50095,007	43560,876	37879,02	32938,281	28641,983	24906,072	21657,454
Flujo de caja Acumulado		-115337,6	-39149,356	27101,292	84710,55	134805,56	178366,43	216245,5	249183,74	277825,72	302731,79	324389,25
VAN	\$282.077,43											
TIR	76%											

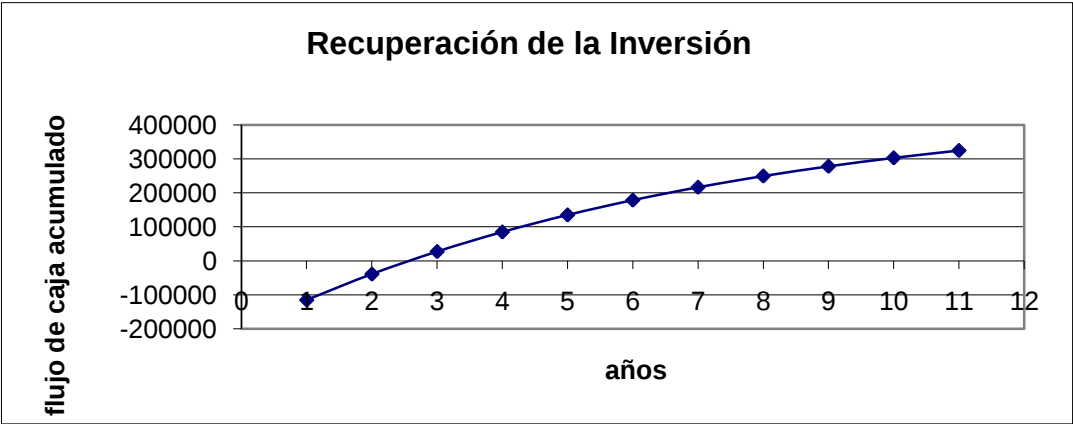
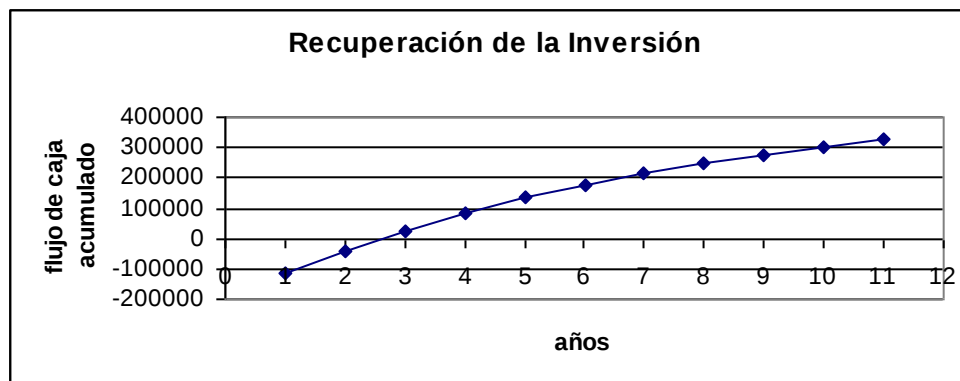


Tabla 3.7 Flujo de caja

		Años										
Conceptos		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos			3792.15	3792.15	3792.15	3792.15	3792.15	3792.15	3792.15	3792.15	3792.15	3792.15
Depreciación			7689.17	7689.17	7689.17	7689.17	7689.17	7689.17	7689.17	7689.17	7689.17	7689.17
Beneficios			79927.31	79927.31	79927.31	79927.31	79927.31	79927.31	79927.31	79927.31	79927.31	79927.31
Inversión		115338	115337.8	115337.8	115338	115337.8	115337.8	115338	115337.8	115337.8	115337.8	115337.8
Flujo de Caja		-115338	87616.48	87616.48	87616.5	87616.48	87616.48	87616.5	87616.48	87616.48	87616.48	87616.48
Flujo caja actualizado		-115338	76188.24	66250.65	57609.3	50095.01	43560.88	37879	32938.28	28641.98	24906.07	21657.45
Flujo de caja Acumulado		-115338	-39149.36	27101.29	84710.6	134805.6	178366.4	216245	249183.7	277825.7	302731.8	324389.2
VAN	\$282,077.43											
TIR	76%											



DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.

IRA, Infecciones Respiratorias Agudas o Subagudas. Este concepto no se modificará porque se especifiquen o no el germen causal, ya que se incluirán como IRA tanto los de origen bacterianas, como las virales o las etiologías no especificadas.

ASMA, (asma bronquial), enfermedad respiratoria en la que el espasmo, la constricción de los bronquios y la inflamación de su mucosa limita el paso del aire, con la consiguiente dificultad respiratoria.

Diversidad biológica, variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Medio ambiente, 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.

Desarrollo sostenible, proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfacen las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras.

Educación ambiental, proceso continuo y permanente, que constituye una dimensión de la educación integral de todos los ciudadanos, orientada a que en la adquisición de conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades, capacidades y actitudes y en la formación de valores, se armonicen las relaciones entre los seres humanos y de ellos con el resto de la sociedad y la naturaleza, para propiciar la orientación de los procesos económicos, sociales y culturales hacia el desarrollo sostenible.

Gestión ambiental, conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana.

Ecosistema, sistema complejo con una determinada extensión territorial, dentro del cual existen interacciones de los seres vivos entre sí y de estos con el medio físico o químico.