



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

**ESPECIALIDAD EN DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN
AMBIENTAL**

**“Análisis de la situación actual de las emisiones del
Ingenio Central Progreso, Veracruz.”**

Trabajo Recepcional

Presenta:

C. Karen Bustamante Marín

Director:

M.C. Bertha María Rocío Hernández Suárez

Xalapa-Enríquez, Veracruz, agosto 2014

INDICE

I.INTRODUCCIÓN	1
I. ANTECEDENTES	2
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
IV. OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
V. JUSTIFICACIÓN	6
VI. MARCO TEORICO	7
6.1 La atmósfera	8
6.2 Capas de la atmósfera	9
6.2.1 Troposfera.....	10
6.2.2 Estratosfera.....	10
6.2.3 Mesosfera	11
6.2.4 Ionosfera o Termosfera.....	11
6.2.5 Exosfera	11
6.3 Contaminantes Primarios y secundarios.....	14
6.3.1 Óxidos de azufre (SO _x)	16
6.3.2 Monóxido de carbono.....	17
6.3.3 Óxidos de nitrógeno (NO _x)	17
6.4 Efectos de la contaminación del aire.....	18
6.4.1 En la atmósfera	19
6.4.2 En el clima.	20
6.4.3 En las plantas	21
6.4.4 En los materiales.....	22
6.3.5 En la salud humana	23
6.5 Proceso de producción de azúcar.....	24
6.5.1 Impactos generados por el proceso de producción de azúcar	33

6.6 Legislación aplicable a la calidad del aire y de contaminantes atmosféricos en México.....	37
6.7 Gestión de la calidad del aire.....	43
VII. METODOLOGIA	44
7.1 Identificación de las emisiones atmosféricas del ingenio central progreso	45
7.2 Determinación de las repercusiones de las emisiones a la salud de la población cercana al ingenio.....	46
.VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES:	65
RECOMENDACIONES	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 6.1 Capas de la atmósfera.....	9
Figura 6.2 Composición atmosférica y sus contaminantes	13
Figura 6.3 Contaminantes del aire	14
Figura 6.4 Origen y efectos de los contaminantes primarios y secundarios.....	15
Figura 6.5 Efectos de la contaminación atmosférica.....	19
Figura 6.6 Efectos en el clima	20
Figura 6.7 Efecto a las plantas por contaminación atmosférica	21
Figura 6.8 Efecto sobre los materiales por contaminación atmosférica	22
Figura 6.9 Personas susceptibles a la contaminación atmosférica	24
Figura 6.10 Proceso de producción de azúcar.....	25
Figura 6.11 Diagrama de generación de residuos en el proceso de producción de azúcar.....	36
Figura 7.1 Metodología	45
Figura 8.1 Diagrama de flujo de los gases de combustión para un ingenio	48
Figura 8.2 Mapa de dispersión de contaminantes de la caldera 1 en el año 2012	53

Figura 8.3 Mapa de dispersión de contaminantes de la caldera 4 en el año 2012	53
Figura 8.4 Mapa de dispersión de contaminantes de la caldera 5 en el año 2012	53
Figura 8.5 Vulnerabilidad.	54
Figura 8.6 Personas vulnerables niños y personas de la tercera edad	55
Figura 8.7 Efectos de la contaminación en la salud humana	59
Figura 8.8 Certificado de Industria Limpia	72
Figura 8.9 Certificado de excelencia ambiental.....	69

INDICE DE TABLA

Tabla 6.1 Emisión de contaminantes por tonelada de caña	35
Tabla 6.2 Normas Mexicanas en Materia de Salud.....	39
Tabla 6.3 Normas Mexicanas en Materia de Medición de Concentraciones.....	40
Tabla 6.4 Normas Mexicanas en Materia de Fuentes Fijas	42
Tabla 8.1 Resultados isocinéticos de las calderas central progreso $\mu\text{g}/\text{m}^3$	49
Tabla 8.2 Límites permisibles de exposición a NO_2 , SO_2 , PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$	50
Tabla 8.3 Límites máximos permisibles de las normas de salud para SO_2 , NO_2 y PTS52	
Tabla 8.4 Efectos en la salud por exposición al monóxido de carbono	60
Tabla 8.5 Efectos en la salud humana por exposición a dióxido de azufre.	61
Tabla 8.6 Efectos en la salud por exposición al bióxido de nitrógeno	62
Tabla 8.7 Efecto a la salud por exposición a material particulado.....	64

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS:

Por todo lo que me ha dado y en el momento que me lo ha dado, por llenarme siempre de bendiciones y no dejarme vencer nunca en la vida, por darme una hermosa familia y por permitirme ser parte de esta vida.

A mis padres:

Por siempre apoyarme en todo por no ser más que mis padres si no mis amigos y no dejarme vencer y confiar en mí siempre en todo momento, por estar conmigo en las buenas y en las malas, en la salud y en la enfermedad, pero aquí seguimos firmes para seguir adelante, los amo padres, gracias por elegirme ser parte de sus vidas.

A mi hijo: Por llegar a mi vida e iluminarla diariamente con tu sonrisa y tu amor, mi niño te amo, eres el regalo más hermoso que Dios me dio.

A mis hermanas:

Porque aunque estén lejos también siempre he recibido buenos consejos y su gran apoyo y por ser mis amigas de toda la vida las amo.

A mis niños:

Los amo con todo mi corazón son la bendición más grande que la vida le regaló a esta familia y aunque estemos lejos siempre los tengo en mi mente los amo mucho mis pequeños hijos.

A mis tíos(as):

Por todo el apoyo que me han brindado siempre, aunque a veces me hagan enojar, saben que los quiero y saben de quien hablo.

A mi abuela:

Aunque sea enojona sabe que la quiero y le agradezco todo el apoyo que me ha dado junto con mis tíos y por querer a mi bebé.

A mi familia que hoy ya no está físicamente conmigo pero sé que me cuidan desde el cielo pero que siempre están presente en mi corazón.

A mis amigos(as):

Que siempre me han apoyado, con palabras, con su ayuda y su sabiduría y que no los nombrare pero saben perfectamente quienes son y que porque esa amistad la hemos tenido de años y también a la mis nuevos amigos y a ti amiguita gracias por todo hasta el último momento y agradezco a Dios el haberte conocido, gracias.

Y como dice mi Padre que la vida está hecha de sacrificios y a veces es necesario para lograr llegar al éxito y la de mi madre que siempre luchemos por lo que queremos.

Gracias a todos por ser parte de mi vida.

I.INTRODUCCIÓN

La industria azucarera se ha desarrollado en México en forma ininterrumpida desde la conquista española, siendo una de las actividades de mayor tradición y trascendencia en el desarrollo histórico del país debido a la fuerza económica y social que representa en el sector agropecuario. La producción de azúcar es una actividad agroindustrial que se realiza en México en estados como Campeche, Colima, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz, estados donde se encuentran las condiciones apropiadas para el cultivo de caña (Crespo, 2009).

Es importante señalar que la azúcar está considerada dentro de la canasta básica de los mexicanos, además de representar una materia prima a nivel industrial para la elaboración de diversos productos (como refrescos y bebidas, jugos, néctares, galletas, repostería, conservas y enlatados, productos lácteos, bebidas alcohólicas, dulces y otros alimentos etc.). Su fermentación produce etanol, butanol glicerina, ácido cítrico y ácido levulínico (Aguilar , 2011).

El impacto socioeconómico de esta industria genera 400, 000 empleos tanto en forma directa como indirecta, distribuidos en 165 mil productores de caña, 176 mil trabajadores de campo, 28 mil transportistas, 23 mil obreros sindicalizados y 16 mil en labores administrativas, entre otros (Aguilar, 2013).

El estado de Veracruz es considerado como el principal productor de azúcar; cuenta con 22 ingenios que representan al 36 % de la planta azucarera nacional, los cuales se abastecen de una superficie industrializable de 233 mil 11 hectáreas de caña de azúcar y dan ocupación directa e indirecta a 145 mil personas en campo y 22 mil en fábrica, lo que hace un total de 167 mil empleos. En Veracruz, una población de un millón de personas depende de esta actividad económica. (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2010).

Sin embargo, en lo que respecta a la contaminación del aire, esta industria genera emisiones de partículas como hollín y humo por la utilización de combustóleo y bagazo procedentes de la quema y requema de la caña de azúcar así como del sistema de calderas (gases de humo de los procesos de combustión de materiales sólidos, líquidos y gaseosos); sustancias volátiles (hollín y ceniza) de la preparación de la materia prima, de la extracción, de la purificación del jugo y de su espesamiento (amoníaco) y de reacciones bioquímicas de los componentes orgánicos de las aguas residuales en los estanques estratificados (amoníaco y ácido sulfúrico), contaminación del suelo e intoxicación de flora y fauna y gases de combustión que contienen principalmente monóxido de carbono y otros gases que contribuyen de manera activa al efecto invernadero, al calentamiento global y a otros fenómenos como la lluvia ácida. Los ingenios también son generadores de residuos que se producen en todas las áreas de proceso, ejemplo: basura industrial, basura de caña, chatarra y ceniza de bagazo (Morales, 2011).

En ese sentido, esta actividad en su conjunto ocasiona además de los problemas antes mencionados, complicaciones a la salud relacionadas con afecciones respiratorias e irritación en la vista entre otras. Es por esto necesario hacer la propuesta para que las emisiones atmosféricas sean gestionadas de manera conveniente con el fin de evitar que se conviertan en un riesgo para la salud de la población y ecosistemas expuestos.

II. ANTECEDENTES

En los últimos años se han llevado a cabo diversos proyectos para analizar la contaminación provocada por las emisiones a la atmosfera de las fuentes fijas y móviles. En Europa el proyecto APHEA¹ y en Estados Unidos el estudio NMMAPS² se encuentran entre los que han aportado más al conocimiento del impacto de la contaminación en la salud. En Francia e Italia se han realizado estudios nacionales que han valorado el impacto de las emisiones en las principales ciudades de cada

¹ Air Pollution and Health: an European Assessment (Proyecto Europeo de Investigación).

² NMMAPS: National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study

uno de estos países. En España dentro del proyecto EMECAS³ se está llevando a cabo un estudio que incluye a 16 ciudades sobre el impacto de las emisiones atmosféricas. En general el contaminante más estudiado ha sido las partículas, encontrándose que un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles atmosféricos de PM_{10} se asocia, según los estudios, con un aumento de 0.2 a un 1% en la mortalidad por todas las causas y 0.5 a 2 % en la mortalidad cardiorrespiratoria (Ballester, 2005).

En Cuba se hizo un estudio con el propósito de identificar los impactos ambientales, la morbilidad de las enfermedades respiratorias y las áreas de mayor afectación por la emisión de componentes a la atmósfera que produce la generación de la energía a partir de la biomasa (bagazo) en las centrales azucareras de Cuba (Gil Unday, 2005).

En este sentido, en Puerto Rico la Junta de Calidad Ambiental emitió un reglamento para conservar la calidad natural del aire y para prevenir, eliminar y controlar el exceso de emisiones atmosféricas; para establecer normas y requisitos para la prevención, eliminación y control de dichas emisiones de conformidad con la ley número 9 del 18 de junio de 1970, según enmendada “La ley de Política Pública Ambiental” (Junta de Calidad Ambiental, 1995).

En Colombia la Universidad de San Buenaventura dentro de la Especialización en Economía Ambiental y Desarrollo Sostenible proponen metodologías para correlacionar la incidencia de la calidad del aire y las enfermedades respiratorias en el municipio de Tuluá Valle del Cauca, planteando un sistema de monitoreo de la calidad del aire para correlacionar la incidencia que pueda tener la contaminación del aire por material particulado y las enfermedades respiratorias en dicha ciudad (Arias y Daza, 2009).

En el departamento de Mecánica de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (Tucumán, Argentina), se analiza la

³ EMECAS: Estudio Multicéntrico sobre los Efectos de la Contaminación Atmosférica en la Salud.

posibilidad que tienen las fábricas de azúcar de la ciudad para generar energía a partir de la combustión del bagazo de caña, proponiendo a su vez un cogenerador con temperatura de vapor con extracción de vapor y cuerpo de condensación el cual a su vez de generar más energía llevaría a la reducción del empleo de combustible adicional (gas natural), y por lo tanto sería menos la emisión de gases por las chimeneas de los generadores de vapor. Estos gases tienen un porcentaje de CO₂ (1,1 nm³/nm³ de gas natural) que contribuyen al calentamiento global, debido al efecto invernadero. Con la reducción de gas natural en las centrales térmicas, se reduciría la emisión de CO₂ al ambiente en ingenios, sin embargo, al no tener cogeneración, deben quemar la totalidad de su bagazo para satisfacer sus necesidades energéticas, como actualmente sucede. Es importante observar que el gas natural ahorrado corresponde a un combustible fósil no renovable, que es reemplazado por una biomasa renovable (Agüero et al, 2013).

En lo que respecta a México, se han hecho estudios de emisiones atmosféricas en diferentes partes de la república, la empresa Mexicana Welfare Ecología Industrial S.A de C.V hizo una evaluación de la dispersión de CO, SO₂ y NO_x provenientes de las emisiones atmosféricas del ingenio de Santa Rosalía en Cárdenas (Tabasco) en donde el objetivo de su investigación fue simular la dispersión de SO₂, CO y NO_x emitidos por las chimeneas y las áreas en donde se alcanzaban las concentraciones máximas de SO₂ y CO que se emiten de las chimeneas (Welfare Ecología Industrial S.A. de C.V., 2007).

Martínez (2009) hizo una propuesta de sistemas de limpieza de las emisiones generadas por un ingenio azucarero (caso de estudio: Ingenio San Cristóbal) con la finalidad de proponer al ingenio implemente un sistema de limpieza para el control de emisiones contaminantes provenientes de la combustión de bagazo del área de calderas para disminuir los gases de invernadero que son la causa principal de lluvia ácida que se reporta en el municipio en el que se encuentra el ingenio (Martínez Cortés, 2009)

En la Universidad Veracruzana (Facultad de Ciencias Químicas de Orizaba) se propuso el análisis de diferentes métodos de mitigación para compensar el impacto ambiental de las cargas contaminantes de la actividad azucarera (Trujillo, 2011).

Más recientemente la Universidad Veracruzana a través del posgrado en Diagnóstico y Gestión ambiental hizo el diagnóstico de emisiones atmosféricas en el ingenio azucarero “Central Progreso” ubicado en el municipio de Paso del Macho (Veracruz) mediante una evaluación de la concentración de las emisiones atmosféricas del proceso de producción de azúcar a nivel superficie para localizar la mayor concentración y su exposición a la población con el fin de asegurar una calidad de vida para la población expuesta a las emisiones atmosféricas de los ingenios azucareros (Alvarado, 2013).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La agroindustria cañera juega un papel importante en la economía mexicana ya que la caña de azúcar es una fuente de empleo directo o indirecto en diferentes regiones del país. Esta actividad representa el 11.6% del valor del sector primario y el 2% del Producto Interno Bruto manufacturero en México, genera alrededor de 400 mil empleos directos así como beneficios directos a más de 2.2 millones de personas (SAGARPA, 2007).

Si bien los beneficios sociales y económicos que brinda esta industria son relevantes, también se destaca los impactos que provoca en el ambiente debido a la generación de residuos que se vierten en el agua, suelo y aire que a su vez, pueden provocar afectaciones a la salud humana y a todo el entorno. En cuanto a las emisiones a la atmósfera, éstas por sus características y concentración pueden causar múltiples efectos nocivos, entre los que destacan la salud de las personas que habitan en lugares aledaños; efectos que pueden valorarse a corto, mediano y largo plazo, y por el radio de acción, se puede hablar de efectos locales, regionales o globales.

Es importante entonces, realizar un análisis de la situación que guarda este tipo de industrias, con la finalidad de valorar las implicaciones reales a las que se encuentra expuesta la población cercana, en este caso se trata del.....

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar de la situación actual de las emisiones del Ingenio Central Progreso. Veracruz.

Objetivos específicos

- Identificar las emisiones atmosféricas del ingenio central Progreso
- Determinar las repercusiones de las emisiones a la salud de la población cercana al ingenio.

V. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este análisis es de importancia para conocer las emisiones de (CO₂, NO₂ y PTS) del ingenio azucarero Central Progreso, a fin de promover el control, minimización de emisiones y uso de tecnologías limpias para una mejor calidad de aire, ya que actualmente existen pocos estudios con respecto al tema de emisiones atmosféricas que provoca la industria azucarera, también es relevante para fomentar la implementación de algunas estrategias de mitigación que reduzcan la generación de contaminantes dentro del proceso de producción de azúcar y así disminuir los impactos nocivos al ambiente y a la salud que generan esta industria. Esto traería como beneficio la certificación de “Industria limpia” o incluso el “Reconocimiento de Excelencia Ambiental”.

VI. MARCO TEORICO

El aire es un factor esencial para la supervivencia, el ser humano lo consume durante su vida en grandes cantidades más que cualquier alimento, un adulto sano toma siete mil veces más aire que agua cada día de vida. Por ello, el deterioro de la calidad del aire es uno de los principales problemas que causa con mayor frecuencia la pérdida de la salud. (AMC, 2013)

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2000) la exposición a contaminantes del aire es uno de los problemas prioritarios que incrementan la morbilidad (cantidad de enfermos) y mortalidad (cantidad de muertes) de la población.

En sentido amplio, la contaminación del aire puede ser producto de factores naturales como emisiones de gases y cenizas volcánicas, el humo de incendios no provocados, el polvo, el polen y esporas de plantas, hongos y bacterias. Sin embargo, la contaminación derivada de factores antropogénicos es la que representa el riesgo más grave para la estabilidad de la biosfera en general. Esta contaminación es provocada por diversas causas pero el mayor índice se debe a las actividades industriales, comerciales, domésticas, agropecuarias y a los motores de los vehículos debido al impacto que tienen las sustancias que arrojan a la atmósfera como monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y partículas suspendidas de plomo. Actualmente el cambio climático y la disminución de la capa de ozono son dos factores trascendentales causados por la contaminación del aire. El exceso de dióxido de carbono (CO_2) que emite la quema de combustibles fósiles (petróleo y sus derivados) en los procesos industriales y el uso de productos que contienen cloro-fluoruro-carbonatos (CFC) como aerosoles, refrigeradoras, aire acondicionado y calefacciones, hacen que los rayos ultravioletas del sol entren directamente a la tierra y se inicie un periodo de recalentamiento que puede tener efectos devastadores en los próximos cien años, tales como deshielo en los polos y la elevación del nivel del mar que podría desaparecer ciudades completas (Inche, 2008).

6.1 La atmósfera

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la tierra, está formada por aire y partículas en suspensión. Está compuesta en su mayoría por: Nitrógeno (78.084%), Oxígeno (20.946%), Argón (0.934%) y Dióxido de Carbono (0.033%). Otros gases de interés presentes en la atmósfera son el vapor de agua, el ozono y diferentes óxidos. También hay partículas de polvo en suspensión como, por ejemplo, partículas inorgánicas, pequeños organismos o restos de ellos y sal marina. Estas partículas pueden servir de núcleos de condensación en la formación de nieblas muy contaminantes (Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República Argentina, 2012). Gracias a esta capa protectora se hace posible la vida en la Tierra para el ser humano y todas las formas de vida existentes ya que protege de los rayos ultravioleta generados por el sol manteniendo una temperatura aceptable para la vida.

De acuerdo con el centro de geociencias de la UNAM (2011), los volcanes y la actividad humana son responsables de la emisión a la atmósfera de diferentes gases y partículas contaminantes que tienen una gran influencia en los cambios climáticos y en el funcionamiento de los geosistemas.

La atmósfera es la fuente de dióxido de carbono para la fotosíntesis de las plantas y de oxígeno para la respiración. Proporciona el nitrógeno que las bacterias fijadoras y plantas productoras de amoníaco emplean para producir el nitrógeno enlazado químicamente, que es un componente esencial de las moléculas de los seres vivos. Como parte básica del ciclo hidrológico, la atmósfera transporta el agua de los océanos a la tierra actuando como condensador en una inmensa destilería alimentada por la energía solar. No obstante, la atmósfera también se ha utilizado como lugar de descargas de muchos materiales contaminantes (desde el dióxido de azufre hasta el refrigerante freón), una práctica dañina para la vegetación y los materiales, que acorta la vida humana y altera las características propias de la atmósfera (Manahan, 2007).

6.2 Capas de la atmósfera

La atmósfera tiene un espesor de aproximadamente 1000 kilómetros y está compuesta a su vez por cinco capas concéntricas sucesivas, cada una con un espesor, temperatura, altura y composición, que se extienden desde la superficie del planeta hacia el espacio exterior. Atendiendo a una clasificación en función de la distribución de temperatura se puede dividir en troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera (Fig. 6.1) (CITMA, 2013).

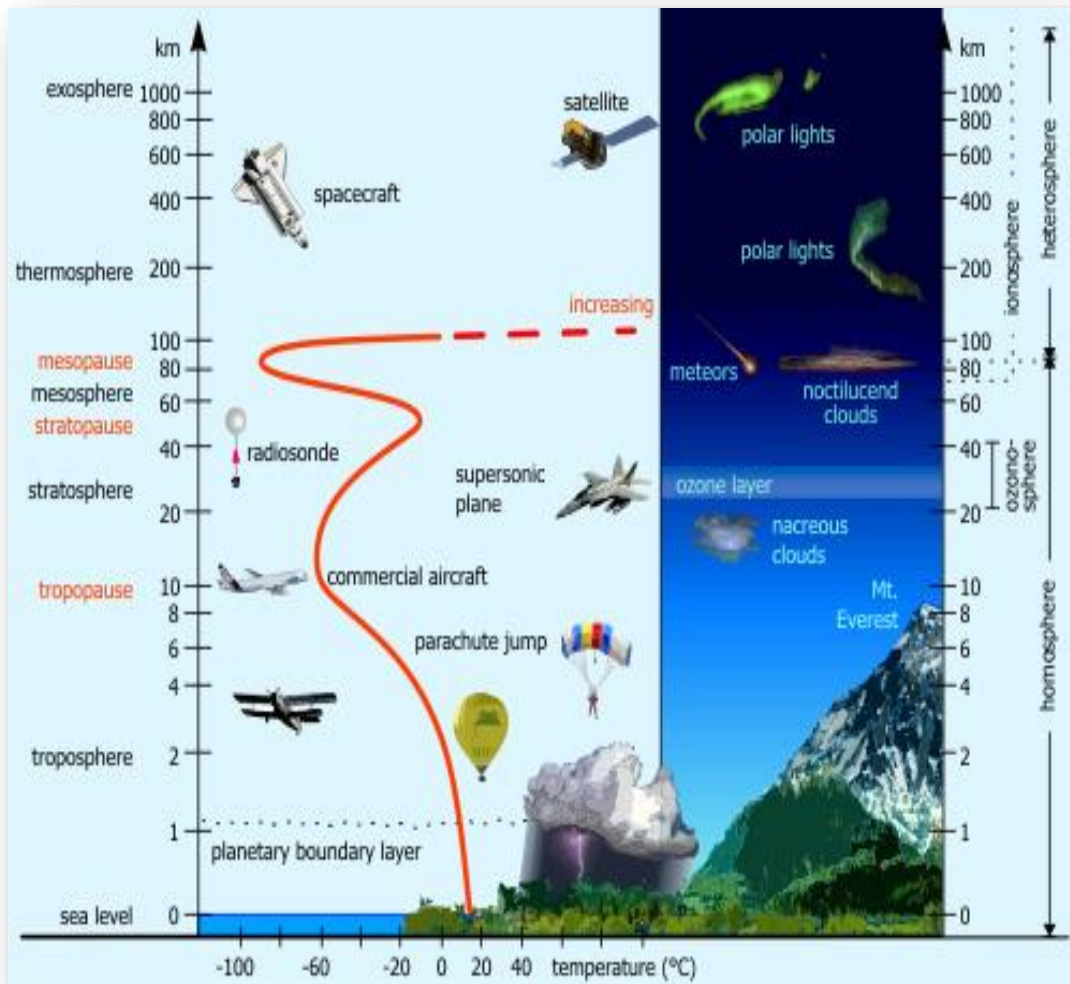


Figura 6.1 Capas de la atmósfera.

Fuente: The ozone hole, 2014

6.2.1 Troposfera

La primera capa, dentro de la cual vivimos, es la tropósfera, es la zona que más cerca se encuentra de la superficie de nuestro planeta, con mayor densidad (75% del total de los gases y vapor de agua) en la que vivimos las personas, que llega hasta los 12-18 KM de altura desde la corteza (Quees.la, 2014).

La troposfera es la zona más densa de la atmósfera, en ella se halla la biosfera. Los primeros 500 metros de esta capa se le conoce como “capa sucia”, ya que en ella se concentra el polvo en suspensión, procedentes de los desiertos, los volcanes, la sal marina y las actividades antropogénicas. Los fenómenos meteorológicos más importantes, como la formación de nubes, lluvias, vientos y precipitaciones, también tienen lugar en esta parte de la atmósfera (Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L.).

En esta región de la atmósfera, la temperatura disminuye de forma constante con la altura, según un gradiente vertical de temperatura de 0,6 °C cada 110 metros, hasta estabilizarse (unos -70 °C) en un límite conocido como la tropopausa.

6.2.2 Estratosfera

Esta capa se extiende desde la tropopausa hasta la estratopausa, situada a unos 50 0 60 km de altitud. Los movimientos de las masas de aire en esta capa son en sentido horizontal. No existe en ellas nubes, salvo en la parte más inferior. La composición de la misma es a base de grandes concentraciones de ozono (O₃) que gracias a este gas puede convertir las radiaciones ultravioletas en calor (Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L.).

En la estratosfera, el aumento de la temperatura con la altitud es muy elevado, ya que es esta capa la que absorbe las dañinas radiaciones solares, siendo para la protección de la vida en la Tierra.

Aproximadamente a una altura de 28 km, se produce una nueva inversión térmica, alcanzando los 0 °C en la estratopausa (límite de la estratosfera), para continuar descendiendo.

6.2.3 Mesosfera

Esta capa se extiende desde los 50-60 km hasta la mesopausa, unos 85- 90 km. En esta capa, la temperatura disminuye con la altura hasta alcanzar los -100 °C. Aquí se concentra solo cerca del 0,1% de la masa total del aire destacan las reacciones químicas y la ionización. Las cantidades del ozono y vapor de agua son prácticamente inapreciables (Manahan, 2007).

6.2.4 Ionosfera o Termosfera

Esta parte de la atmósfera se extiende por encima de la mesosfera entre los 80 y los 640 Km y representa menos de 1% de la masa atmosférica. En ella, la temperatura aumenta hasta 100 °C, debido a las absorciones de onda más corta (rayos X y gamma). Está permanentemente ionizada debido a la fotoionización debido a la constante exposición a las radiaciones solares (Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L.).

6.2.5 Exosfera

De acuerdo con el mismo autor, es la zona más alta y externa de la atmósfera que se extiende por encima de la ionosfera por encima de los 600 Km y llegando hasta los.

3 Contaminación atmosférica

En las diferentes etapas de la evolución del hombre en el planeta, este ha arrojado materiales a la atmósfera, que pueden considerarse contaminantes (humos, partículas, gases). Sin embargo, es a partir del desarrollo industrial a finales del siglo XIX cuando esta contaminación adquiere proporciones considerables, no solo por la cantidad de contaminantes que llegan al aire, sino también por la naturaleza y calidad de estos (Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L.).

Un contaminante del aire puede definirse como cualquier sustancia que al ser liberada en la atmósfera altera la composición natural del aire y puede ocasionar efectos adversos en los seres humanos, vegetación, animales o los materiales. Se desconoce la composición del aire no contaminado. Los seres humanos han vivido en el planeta durante miles de años y sus numerosas actividades han influido en la composición del aire antes de que fuese posible medir sus elementos constitutivos (Pérez, 2007; Inche, 2008).

En el aire existen cientos de contaminantes que se presentan en forma de partículas y gases que se encuentran disueltos o suspendidos y que constituyen un sistema muy complejo por su composición física y química, muchos de estos pueden reaccionar entre sí o actuar en forma conjunta para producir efectos. El material particulado está compuesto por pequeñas partículas líquidas o sólidas de polvo, humo, niebla y ceniza. Los gases incluyen sustancias como el monóxido de carbono, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles (Universidad Blas Pascal , 2012)

La contaminación del aire es un problema cuya importancia resulta evidente en la mayor parte del mundo, que afecta la salud humana, de las plantas y de los animales. Existe evidencia de que la salud de cerca de mil millones de personas urbanas sufre a diario a causa de la calidad del aire (Yassi et al, 2002). También la rápida urbanización ha dado como resultado un incremento de las emisiones de contaminantes al aire debido al transporte, producción de energía y actividades industriales concentradas en estas áreas densamente pobladas. Este tema está recibiendo una creciente atención, ya que una proporción cada vez mayor de la población mundial vive en centros urbanos y demanda un ambiente más limpio (Campos et al., 2008).

De acuerdo a la SEMARNAT (2014) la contaminación del aire generalmente se refiere a los contaminantes generados por las actividades humanas. No obstante, las sustancias contaminantes de la atmosfera no son siempre de origen

antropogénico; algunas acciones naturales, como las erupciones volcánicas, tormentas de arena, incendios, entre otras, también pueden provocar episodios de contaminación atmosférica. Estos gases y agentes químicos presentes en la atmósfera y en grandes concentraciones generan efectos adversos y consecuencias al medio ambiente y a los seres vivos que habitan en el planeta. En la figura 6.2 se tiene un esquema de los contaminantes en las dos primeras capas de la atmósfera.

La manera en la que se evalúa el grado de contaminación del aire prevaeciente en áreas pobladas es mediante los índices que califican la “calidad” del aire que se respira.

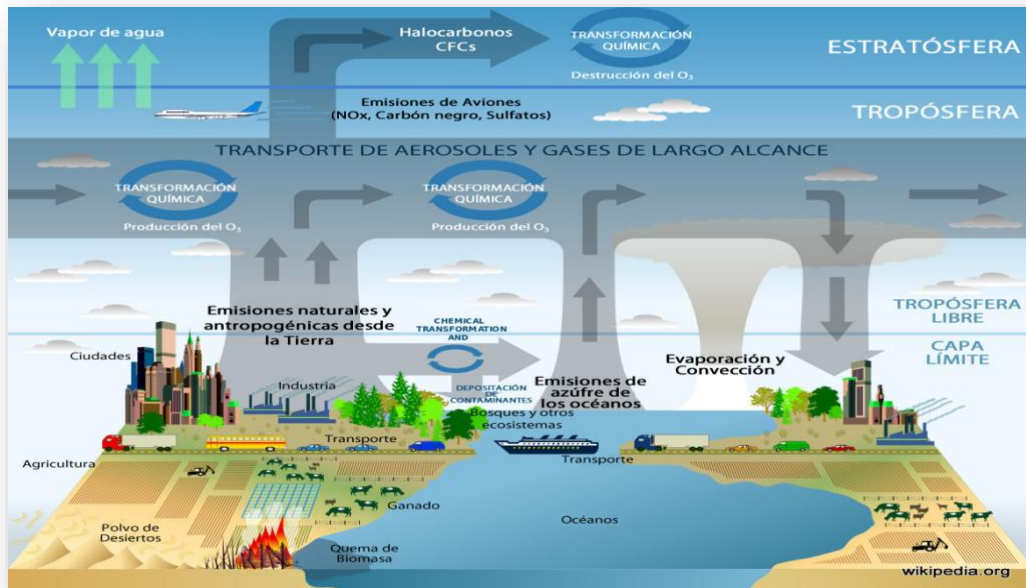


Figura 6.2 Composición atmosférica y sus contaminantes

Fuente: Cambio Climático Global

El viento contribuye a dispersar los contaminantes, disminuyendo así su concentración, esparciendolos en áreas mayores. El aumento de la temperatura acelera ciertas reacciones, que, aunadas al efecto luminoso de las radiación solar

(reacciones fotoquímicas), hacen más energética la reacción de los contaminantes (Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L.).

6.3 Contaminantes Primarios y secundarios

La SEMARNAT y INECC (2013) diferencian los contaminantes en dos grandes grupos, con el criterio de si han sido emitidos directamente a la atmósfera por fuentes de emisión, como los automóviles, las chimeneas de la industria, entre otros, o si se han formado en la atmósfera. En la figura 6.3 se representa esta clasificación.



Figura 6.3 Contaminantes del aire

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/>

Los contaminantes primarios son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera y se encuentran allí en la misma forma en que fueron emitidos, por ejemplo: plomo (Pb), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), material particulado, entre otros (Gómez, 2000).

Los contaminantes secundarios no se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen en la atmósfera como consecuencia de la transformación o reacciones químicas, fotoquímicas, hidrólisis u oxidación que sufren los contaminantes primarios en el aire, por la interacción entre dos o más contaminantes primarios que reaccionan con los componentes naturales de la atmósfera. Por ejemplo: el ozono (O₃) que se forma cuando los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) se combinan en presencia de luz solar; el NO₂, que se forma cuando se combina NO con oxígeno en el aire; y la lluvia ácida, que se

forma cuando el dióxido de azufre o los óxidos de nitrógeno reaccionan con el agua, también están los peroxiacetilnitrato (PAN), sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4), material particulado (PM), entre otros. En la figura 6.4 se tiene un esquema de los contaminantes primarios y secundarios, en el que se ejemplifica su transformación y sus fuentes de generación (Scientific Committees, 2009).

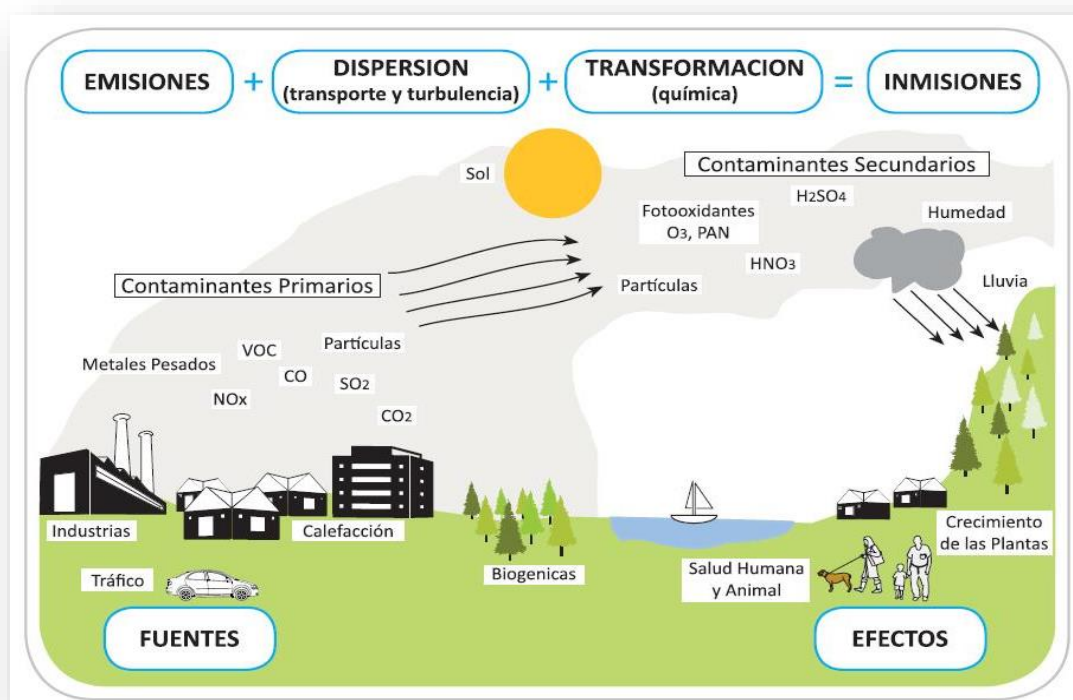


Figura 6.4 Origen y efectos de los contaminantes primarios y secundarios.

Fuente: Sistema de Información Ambiental.

También hay especies contaminantes que pueden ser emitidas directamente y/o se forman durante su transporte aéreo. Por ejemplo los hidrocarburos y el material particulado, entre otros.

Es importante describir algunos contaminantes atmosféricos, haciendo hincapié en los que se emiten en un ingenio azucarero y que están normados debido a los efectos que pueden producir en la salud humana.

Rodríguez (1997) describe los principales contaminantes primarios, sus características, su descripción, sus abreviaturas, que se señalan a continuación.

6.3.1 Óxidos de azufre (SO_x)

El más importante de los contaminantes derivados del azufre es el bióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO₂). Se trata de un contaminante atmosférico primario, gaseoso y tóxico, que se origina durante la combustión de cualquier combustible de origen fósil que contenga azufre, en especial el petróleo, el combustóleo, el diésel y sus derivados. Los procesos industriales que más contribuyen a la presencia de SO₂ en la atmósfera son la calcinación de los minerales que contienen sulfuros, la refinación del petróleo, la producción de ácido sulfúrico y la de coque a partir del carbón. La reacción química por la cual se forma este gas es:



El SO₂ también se produce en la industria minero-metalúrgica durante la refinación de minerales que contienen sulfuros como los níquel, cobre, plomo y mercurio. Otra fuente de SO₂ a la atmósfera es la oxidación del ácido sulfhídrico (H₂S) el cual se forma por la degradación microbiológica de la materia orgánica.

Por otra parte, en algunos procesos industriales se emite trióxido de azufre (anhídrido sulfúrico, SO₃), el cual también se forma en la atmósfera en pequeñas cantidades como resultado de las reacciones entre SO₂ y oxígeno:



Algunas macropartículas del aire catalizan esta reacción. A veces, el SO₂ y el SO₃ se mencionan en forma conjunta como óxidos de azufre y se abrevian SO_x. La mayor parte de los SO_x antropogénicos provienen de la combustión de carbón y petróleo en las plantas que generan electricidad (carboeléctricas y termoeléctricas), los procesos industriales y, en menor proporción, de los medios de transporte.

6.3.2 Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) es el contaminante del aire más abundante en la capa inferior de la atmosfera, es inflamable y arde con llama azul, aunque no mantiene la combustión. Su presencia en el ambiente resulta de la combustión incompleta de cualquier compuesto que contenga carbono (calderas, hornos o en el trafico) debido a la deficiencia de oxígeno, por lo tanto, es un producto indeseable del uso de combustible fósiles. La reacción básica es:



Aunque es frecuente que este gas cause graves intoxicaciones como resultados del uso inadecuado de estufas, fogones y calderas, las principales fuentes de emisión del monóxido de carbono son los medios de transporte como los automóviles otros vehículos como aeroplanos, camiones y ferrocarriles con motor diésel. La mayor parte del CO que se encuentra en el aire de una gran ciudad ha sido emitido a la atmósfera por los vehículos automotores.

El monóxido de carbono se elimina del aire por acción de algunos microorganismos del suelo. Por ello se dice que su destino o depósito final es el suelo. La existencia de un depósito final para un contaminante es de gran importancia ya que, a falta de él contaminante se acumulará peligrosamente en la atmósfera.

6.3.3 Óxidos de nitrógeno (NO_x)

El monóxido de nitrógeno (NO) y el bióxido de nitrógeno (NO₂) son contaminantes primarios del aire. El primero, también llamado óxido nítrico, es un gas incoloro e inodoro, en tanto que el dióxido de nitrógeno es gas café rojizo de olor fuerte y asfixiante, parecido al del cloro. El óxido nítrico se forma como resultado de las reacciones de oxígeno con el nitrógeno que ocurre a altas temperaturas en los motores de combustión interna, durante el uso de combustibles fósiles.



El NO₂ se forma posteriormente por la unión del NO con el O₂ del aire:



Ciertas bacterias emiten una gran cantidad de óxido nítrico hacia la atmósfera, por lo que constituye una fuente natural que no se puede controlar. Sin embargo, la mayor parte de los óxidos de nitrógeno antropogénico provienen de las plantas generadoras de energía eléctrica ya que en ellas, la alta temperatura de la combustión de los energéticos facilita la formación de estos óxidos.

En su mayoría, estos óxidos se convierten en ácido nítrico y nitratos; de esta forma, los NO_x se depositan sobre la superficie terrestre (como consecuencia de las lluvias) o sedimentan con las macropartículas. Las principales fuentes de óxidos de nitrógeno son: los vehículos de motor (40% de las emisiones totales) y los procesos térmicos para producir energía (50% de las emisiones totales).

6.4 Efectos de la contaminación del aire

La contaminación del aire se produce por la presencia en el aire de sustancias tóxicas producidas por la actividad humana y han tenido un efecto perjudicial en la composición del aire. La quema de combustibles fósiles y otras actividades industriales han cambiado su composición debido a la introducción de contaminantes, como el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO_x) así como partículas sólidas y líquidas conocidas como material particulado. (Carrera & Loyola, 2010)

Los cambios en las proporciones normales de gases y agentes químicos que se emiten a la atmósfera generan una gran cantidad de fenómenos, consecuencias y efectos negativos sobre el medio ambiente, los seres vivos, los materiales, etc. Entre los múltiples efectos nocivos destacan los efectos en la salud de las personas, efectos en la atmósfera y cambio climático. Estos efectos pueden valorarse a corto plazo o largo plazo, pero si se tiene en cuenta el radio de acción, se puede hablar

de efectos locales, regionales o globales (Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L.).

Los principales factores que influyen en los efectos de la contaminación, son:

- Tipo y concentración del contaminante.
- Tiempo de exposición al contaminante
- Sensibilidad de los receptores.
- Posibles reacciones de combinación entre contaminantes.

La mala calidad del aire también tiene efectos negativos significativos sobre las construcciones y los ecosistemas. Por ejemplo, la presencia de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno genera lluvia ácida que, además de dañar edificios, se filtra en el suelo haciéndolo más ácido, afectando con ello a las plantas y a otros seres vivos (EPA, 2012)

Carrera & Loyola (2010) nos explica los efectos ocasionados por los contaminantes. Estos efectos suponen riesgos para los vegetales, los animales, la salud de las personas y los materiales. A continuación se nombran algunos.

6.4.1 En la atmósfera.



Figura 6.5 Efectos de la contaminación atmosférica

Fuente: Wikia Community Central, 2014

La capa compuesta por ozono que se encuentra en la estratósfera absorbe gran parte de la radiación ultravioleta que viene del Sol. Es una especie de filtro solar que impide que los rayos ultravioletas del sol hagan daño a la piel.

Algunos gases como los CFC reaccionan con el ozono estratosférico y disminuyen su concentración, lo que permite la llegada a la superficie terrestre de más radiaciones ultravioleta, muy nocivas para la vida. Además, hay gases contaminantes como los óxidos de nitrógeno y los de azufre, que se disuelven en el agua de las nubes y produce ácidos corrosivos que dañan los ecosistemas cuando llueve (lluvia ácida).

La acumulación de estos gases en la atmósfera genera problemas ambientales antes mencionados con sus particulares consecuencias en cada caso, como el smog, la disminución de la capa de ozono, el calentamiento global, el efecto invernadero como se muestra en la Figura 6.5.

Se ha comprobado que existen dos grandes agujeros producidos por la destrucción de la capa de ozono, situados uno sobre la Antártida y el otro en el mar Ártico. Esto aumenta la cantidad de radiaciones que llega a la Tierra.

6.4.2 En el clima.



Figura 6.6 Efectos en el clima

Fuente: Radio Praha, 2014

El CO₂ no es un contaminante puesto que forma parte de la atmósfera y participa en los ciclos naturales. Sin embargo, un aumento rápido de su concentración, como el que se está produciendo por la quema del carbón y el petróleo (figura 6.6) , incrementará el efecto invernadero natural, elevará la temperatura media del planeta, y puede desencadenar un cambio climático con consecuencias imprevisibles por lo tanto es muy importante no alterar su concentración natural.

6.4.3 En las plantas



Figura 6.7 Efecto a las plantas por contaminación atmosférica

Fuente: Elena Rufo, 2012

Los contaminantes atmosféricos tienen repercusiones en el proceso evolutivo de las plantas (figura 6.7), impidiendo en muchos casos la fotosíntesis, con graves consecuencias para la purificación del aire que respiran los seres vivos del planeta, disminución de la producción de plantas comestibles debido al mismo proceso comentado en el punto anterior, con los conocidos efectos en la alimentación de las especies que la consumen, entre ellos el hombre.

6.4.4 En los materiales



Figura 6.8 Efecto sobre los materiales por contaminación atmosférica

Fuente: SEMARNAT, 2012.

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre los objetos y los monumentos de alto valor histórico-artístico están cobrando mayor importancia, debido a sus repercusiones económicas y situaciones irreversibles (daños irreparables).

La acción de los contaminantes atmosféricos se pone de manifiesto a través del ataque químico, al reaccionar la sustancia contaminante sobre el material.

Un alto contenido en SO_x en el aire produce la aceleración de la corrosión de los metales. El poder corrosivo de la atmósfera depende de las condiciones meteorológicas y de los factores de la contaminación.

Las nieblas de ácido sulfúrico atacan a los materiales de construcción, como el mármol, la caliza, etc., convirtiendo a los carbonatos en sulfatos solubles en el agua de lluvia, haciendo que en la piedra aparezcan escamas y se debilite mecánicamente como se muestra en la figura 6.8.

Los compuestos de azufre pueden producir daños en pinturas plásticas, papel, fibras, textiles y sobre los contactos eléctricos de los sistemas electrónicos, dando lugar a deficiencias en su funcionamiento.

6.3.5 En la salud humana

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre las personas que viven expuestas a la contaminación atmosférica durante periodos prolongados sufren alteraciones de la salud, tales como: Aumento de la mortalidad y de las enfermedades respiratorias: problemas cardiovasculares, enfermedades bronquiales, bronquitis, asma, cáncer pulmonar, aumento de las enfermedades alérgicas, conjuntivitis debido a la irritación por partículas de humo y otras sustancias tóxicas suspendidas en el aire, problemas de visión; incremento del grado de insolación y deterioro de la piel posibilitando la incidencia del cáncer en la piel (debido a los daños de la capa de ozono). También puede haber enfermedades en la sangre y problemas en el desarrollo mental de los neonatos, entre otros debido a que las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos (Carrera & Loyola, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013) estima que cada año mueren prematuramente 800,000 personas de cáncer pulmonar y enfermedades cardiovasculares y respiratorias causadas por la contaminación del aire (Lacasaña et al., 2005).

Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud varían enormemente de persona en persona. Los contaminantes tienen diversos efectos sobre nuestra salud y pueden afectar en mayor medida a las personas más vulnerables, es decir, a niños, adultos mayores, lactantes, mujeres embarazadas y personas con enfermedades respiratorias. Las personas que hacen ejercicios al aire libre también están propensas pues respiran más rápida y profundamente, lo que permite el ingreso de más contaminantes a los pulmones (Figura 6.9) Los corredores y ciclistas que se ejercitan en áreas de gran tránsito les pueden causar más daño que beneficio (Yassi et al, 2002).



Figura 6.9 Personas susceptibles a la contaminación atmosférica

Fuente: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_orientacion/cap2c.pdf

6.5 Proceso de producción de azúcar.

El azúcar se obtiene principalmente de la caña de azúcar y la remolacha azucarera, su proceso de elaboración se divide en dos etapas: campo y planta. Para su obtención se requiere de un largo proceso que toma de 24 a 48 horas para obtener el producto final, este se da a través de distintas fases. La producción azucarera incluye a los ingenios azucareros y las fases de su proceso productivo como son molienda, extracción del jugo, caldeo del guarapo, clarificación, evaporación, cristalización, filtrado, centrifugado, refinación, tamizado, secado y envasado del azúcar (Arreguín, 2011), en la figura 9.1 se representa gráficamente el proceso productivo.

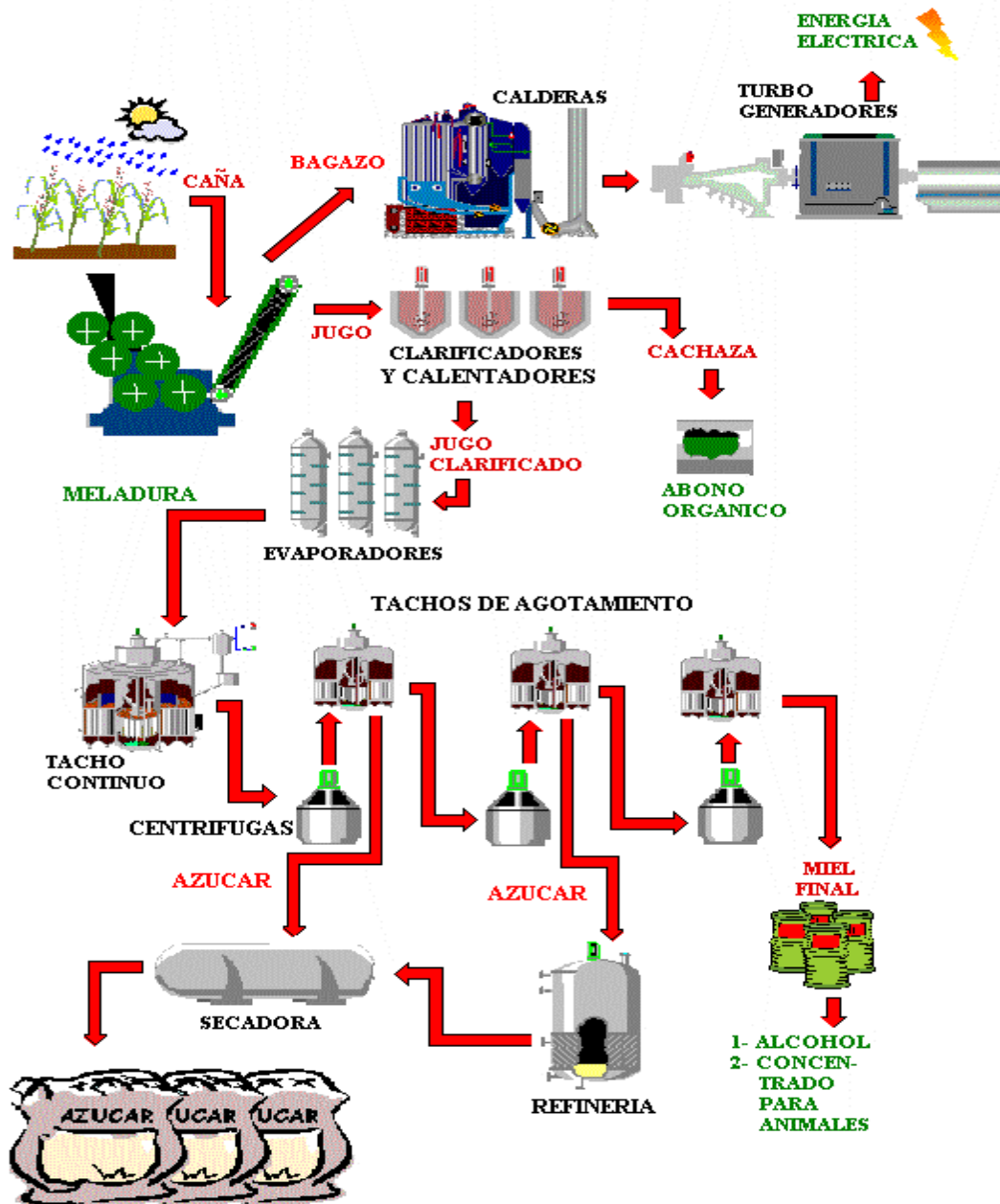


Figura 610 Proceso de producción de azúcar

Fuente: EcuRed, 2010.

A continuación se describen cada una de las etapas que implica el proceso de producción.

a) Campo:

La caña requiere de abundante agua y suelos adecuados para crecer bien; no soporta temperaturas inferiores a 0 °C, aunque en ocasiones puede llegar a soportar hasta -1 °C, dependiendo de la duración de esta temperatura. Su periodo de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo de la variedad de caña y de la zona. Es un cultivo plurianual y se corta cada 12 meses, y la plantación dura aproximadamente 5 años, aunque este período puede ser muy variable (Azúcar Ledesma, 2013).

La caña tiene una riqueza de sacarosa del 14% aproximadamente, aunque varía a lo largo de toda la recolección. El rendimiento del proceso de caña de azúcar llega hasta un 11 % de extracción en promedio.

b) Cosecha:

La caña de azúcar. Una vez que ha llegado a su punto óptimo de madurez, es cosechada mediante el corte manual o mecánico. La cosecha mecánica se hace con cosechadoras que cortan la mata y separan los tallos de las hojas con ventiladores. Una máquina puede cosechar 30 toneladas por hora, mientras que la cosecha manual se hace con machete o rulas que cortan los tallos y los organizan en chorras para su transporte. Una vez cortada la caña se transporta, mediante camiones y trenes de carreteras arrastradas por tractores, el patio de almacenamiento llamado batey, previo paso por la báscula para determinar el peso de la misma (Arreguín, 2011).

c) Batey

El área de batey abarca desde las básculas donde se recibe la caña, hasta el lugar donde el conductor la entrega ya preparada a los molinos. La descarga se efectúa utilizando grúas puentes y volteadores que levantan los rollos amarrados con cadenas y depositan en las mesas alimentadoras, o bien, las estiban, según las necesidades y la hora del día (Arreguín, 2011).

La alimentación de caña se hace mediante el uso de las grúas puente, un volteador y trascabo con tenazas hacia las mesas alimentadoras que, a su vez descargan la caña sobre los conductores que llevan a la batería de molinos.

d) Lavado de caña

Toda caña que llega a la fábrica se pesa en balanzas y luego se prepara para iniciar el proceso, la caña es lavada con la finalidad de quitarle la tierra y basuras que arrastra de los campos. El efluente de esta operación contiene altas concentraciones de sólidos suspendidos. Además por el daño que sufre la caña en el corte, transporte, carga y descarga, el agua de lavado puede llevar una cantidad considerable de azúcar. Después de esta operación, la caña es transportada por medio de grúas hasta las mesas alimentadoras y de allí a los molinos que es donde se comienza la siguiente operación la extracción de la sacarosa (SEDESOL, 1994)

e) Molienda:

Esta operación tiene por objeto extraer el jugo de la caña, denominado guarapo. Esta extracción se efectúa haciendo pasar la caña por un tren de molienda, según la siguiente secuencia:

- La caña se prepara para la molienda mediante una serie de cuchillas giratorias que cortan los tallos, con el fin de darle el sentido a ésta para evitar sobrecargas a la molienda.
- La caña se corta en trozos pequeños, mediante unos juegos de cuchillas giratorias, las cuales además la golpean y ablandan sin extraer el jugo.
- Los trozos de caña son rasgados y convertidos a tiras pequeñas mediante una desfibradora.
- Las tiras de caña se filtran y se extrae el primer jugo por medio de una desmenuzadora.
- La caña desmenuzada se hace pasar por un tándem de molinos, donde se realiza el proceso extracción de la sacarosa esto se realiza haciendo circular la caña desmenuzada, entre los filtros y mazas de molinos consecutivos, a los cuales se

los llama trapiches, los molinos lavan el colchón de bagazo. Este lavado se hace con el jugo extraído en el último molino llamado guarapo y se utiliza para lavar el bagazo denominado bagacillo se le agrega agua caliente, para que sea más fácil de moler, desinfectar y para que la extracción de la sacarosa en el bagazo sea la máxima posible (SEDESOL, 1994).

Para mejorar la extracción, la torta de bagazo que va hacia el último molino es lavado con chorros de agua, a esta operación se le denomina imbibición. El guarapo es un jugo turbio, ácido de color verde oscuro que contiene una gran cantidad de impurezas solubles e insolubles. El bagazo separado es transportado ya sea a las calderas o a su almacenamiento antes de su disposición final.

El bagazo que sale del último molino se convierte en el primer subproducto del proceso, que se aprovecha como combustible en las calderas, para producir el vapor utilizado en la generación de energía mecánica y en la generación de energía eléctrica a través de turbogeneradores; el vapor de escape producido en estos equipos, se aprovecha como energía térmica en el proceso de elaboración de azúcar para calentamientos y cocimientos (Ingenio Risaralda, 2013)

El jugo proveniente de los molinos una vez pesado en las básculas pasa a los tanques de alcalización para regular su acidez y evitar la destrucción de la sacarosa. Este proceso ayuda a sedimentar la mayor parte de las impurezas que trae el jugo (Grupo Manuelita).

f) Generación de vapor y energía eléctrica

El bagazo, producto de la molienda de caña, es entregado mediante conductores de bagazo a la caldera de alta presión para su combustión (energía térmica). El agua es evaporada en el interior y convertida en vapor hasta una alta presión de 67 kg/cm², el cuál es sobrecalentado hasta 515°C y enviado a través de una red de tuberías de cedula especial hasta la turbina de vapor (Promotora Industrial Azucarera S.A de C.V, 2014)

El vapor obtenido de las calderas es utilizado para mover los molinos, las turbinas de la desfibradora que prepara la caña y los turbogeneradores que producen la energía eléctrica que requieren la fábrica y los pozos profundos (Ingenio Providencia S.A, 2014) el vapor de menor presión, el escape de las turbinas, es utilizado para el calentamiento del jugo, la evaporación y la cristalización (CEPSA, 2013)

Las turbinas, giran a 6,000 RPM, realizando la generación de electricidad se efectúa con la transformación de energía mecánica. Se entrega la potencia eléctrica a un bus de 13,800 Volts y es distribuido a dos sistemas: el primero con elevación a 115,000 Volts para entregar a la red eléctrica de CFE y el segundo con reducción a 4,160 Volts para el bus de distribución de las subestaciones del ingenio y finalmente a los Centros de control de motores (Promotora Industrial Azucarera S.A de C.V, 2014)

Todo lo anteriormente descrito es realizado desde una sala de control, donde los sistemas automatizados de la planta ejecutan las acciones necesarias para mantener en operación segura y confiable a los diversos sistemas.

g) Clarificación:

La remoción de las impurezas presentes en el guarapo se realiza mediante el proceso de clarificación, en el cual se utilizan el calor y la cal como principales agentes de remoción. La secuencia es la siguiente:

El jugo o guarapo es pesado en básculas especiales, se agrega cal al jugo crudo en cantidad suficiente para neutralizar su acidez natural y formar sales insolubles, esto se hace en recipientes especiales o tanques de alcalización (SEDESOL, 1994). A continuación El jugo alcalizado se bombea a los calentadores, donde se eleva su temperatura hasta un nivel cercano al punto de ebullición propiciándose entonces la precipitación de albúmina, grasas, ceras y gomas. Mediante la sedimentación en tanques individuales de decantación o en clarificadores cautivos de varias bandejas,

se separan los sólidos precipitados y en suspensión del jugo claro, luego pasa a los clarificadores continuos, donde se elimina la mayor cantidad de impurezas presentes en el jugo (barros, bagacillo, sales, coloides, y material en suspensión), conservando la mayor cantidad de sacarosa y entregando el jugo a la etapa de evaporación en condiciones óptimas de pH, turbidez, color y temperatura (Grupo Manuelita).

El jugo de la caña se mezcla con hidróxido de calcio y ácido fosfórico. Este proceso se llama encalado, que precipita sales insolubles y fosfato de calcio. Además se logra el PH deseado evitando pérdidas de sacarosa por inversión (Azucar Ledesma, 2013).

Las impurezas sedimentadas pasan a los filtros rotatorios al vacío, los cuales están recubiertos con finas mayas metálicas que dejan pasar el jugo y retienen la cachaza que se envía por canales al campo para utilizarla como abono en la plantación (Grupo Manuelita).

h) Evaporación:

El jugo clarificado se recibe en los evaporadores con un contenido de sólidos solubles entre 15 y 20% (según la concentración del jugo original de la caña y el procedimiento de maceración empleado). Para conseguir la formación de cristales de azúcar el jugo debe ser concentrado hasta el estado de mieles, por lo que es necesario eliminar el 80% del agua presente. En la Evaporación, el jugo se concentra en un jarabe de uso llamado Meladura (Cooperativa Agrícola Industrial Victoria, 2010)

La meladura obtenida está enturbiada por precipitados finos que se eliminan mediante carbonatación o por sulfitación. El gas sulfuroso tiene la ventaja de blanquear el jarabe que es amarillo pardo (SEDESOL, 1994).

Este proceso se realiza en 3 etapas para lograr economía de vapor. En la primera etapa se quema bagazo para lograr el vapor en la caldera, el vapor remanente del jugo de la primera etapa será el que caliente al jugo en la segunda etapa lo mismo sucede con la tercera etapa de evaporación.

i) Cristalización:

La cristalización es una continuación del proceso de evaporación, consiste en la formación de cristales de azúcar a partir de las diferentes mieles producidas durante la evaporación (Cooperativa Agrícola Industrial Victoria, 2010)

la cual se lleva a cabo en recipientes de vacío de un sólo efecto, llamados tachos de cocimiento en estos recipientes se concentra el jarabe hasta quedar saturado de azúcar se aplica una combinación determinada de presión y temperatura; que transforma el jarabe en cristales a medida que se evapora el agua, se agrega más meladura hasta que la mezcla de cristales y melaza queda concentrada formando una masa densa, conocida como masa cocida (SEDESOL, 1994). Una vez saturado el tacho, se descarga el contenido a un tanque mezclador o cristalizador, cuyo propósito es disminuir la temperatura de la masa cocida, una vez formados es necesario separarlos de la miel esta separación se realiza mediante una serie de centrifugas de alta velocidad. Las mieles vuelven a los tachos para ser agotadas y finalmente son utilizadas como materia prima en la producción de alcohol etílico.

El azúcar retenido en las mallas de las centrifugas, se disuelven con agua caliente y reciben el nombre de licor, el cual se envía a la refinería para continuar el proceso.

j) Centrifugación:

La masa cocida del primer tacho, denominada templa, pasa por las centrífugas donde se separan los cristales de azúcar del líquido madre, proceso que a continuación se describe.

La centrífuga son máquinas giratorias que gira a velocidades sobre 1000 y 1800 RPM, en las cuales los cristales se separan del licor madre o mieles impulsadas por medio de una fuerza centrífuga aplicada a los tambores rotatorios que contienen mallas o filtros que retienen los cristales de azúcar (SEDESOL, 1994).

Durante el proceso de centrifugado, el azúcar se lava con agua caliente para eliminar la película de miel que recubre los cristales y se descarga para conducirla a las secadoras (UDOP, 2014).

La miel que sale de las centrífugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a posteriores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos. Al cabo de tres cristalizaciones sucesivas se obtiene un tercer subproducto una miel final que se retira del proceso y se comercializa para la alimentación de ganado y como materia prima para la elaboración de alcoholes mediante fermentación de azúcar remanente (Instituto Azucarero Dominicano, 2013).

k) Secado:

El azúcar húmedo que sale de centrifugas, (1.0 % de humedad) se transporta por elevadores y bandas para alimentar las secadoras que son tambores rotatorios inclinados en los cuales el azúcar se coloca en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente (UDOP, 2014). El aire se calienta con vapor en intercambiadores tipo radiador y se introduce a la secadora con ventiladores. El azúcar seco sale por el extremo opuesto de la secadora, donde se instala una malla clasificadora para remover los terrones de azúcar. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones (Zucarmex, 2003).

l) Almacenamiento:

En la zona de empaque se toman muestras de azúcar por parte del área de Control de Calidad, para su posterior análisis, el azúcar seco y frío se almacena en unos silos de miles de toneladas de capacidad que mantienen el producto en unas condiciones idóneas de temperatura y humedad, favoreciendo así su conservación

(siempre y cuando sean aprobados por el área de control de calidad) (Azucarera, 2013).

m) Envasado:

De los silos se extrae el producto final para expedirlo al mercado en sus diversas presentaciones: a granel, en sacos de distintos pesos para su uso industrial, bolsas, etc. dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio (Instituto Azucarero Dominicano, 2013). A lo largo de todo este proceso se llevan a cabo estrictos controles de calidad, que garantizan la seguridad para llegar al consumidor en las mejores condiciones para su consumo (Azucarera, 2013).

n) Transporte:

Los productos se cargan en camiones o trenes para ser enviados a los clientes industriales o de consumo masivo (Azucar Ledesma, 2013).

6.5.1 Impactos generados por el proceso de producción de azúcar

La SEDESOL(1994) explica que la contaminación producida por los ingenios azucareros es esencialmente de origen orgánico y consiste en materiales sólidos en la atmósfera (bagazo quemado y sin quemar), gases disueltos en la atmósfera (CO y SO₂), materia orgánica soluble o coloidal (azúcares, grasas, etc.), materiales sólidos en suspensión cachaza. También existen contaminantes inorgánicos como son los lavados de evaporadores y tachos (ácido muriático, sosa cáustica). Por último la temperatura de los efluentes también es una causa de contaminación de ríos y lagunas.

Las áreas de un ingenio, que mayor contaminación producen son: clarificación, evaporación, cristalización y calderas.

Clarificación

El principal contaminante en esta área lo constituye la cachaza. Aproximadamente por cada tonelada de caña se producen 0.29 ton de cachaza. Los componentes de la cachaza que más contaminan, lo constituyen la fibra (celulosa) y la materia orgánica disuelta (sacarosa). Los otros sólidos están constituidos por cera, cenizas, SO₂ y componentes inorgánicos.

La materia orgánica absorbe el oxígeno del agua causando un desequilibrio, hasta que los contaminantes se han degradado biológicamente.

Los contaminantes inorgánicos son el ácido muriático y sosa cáustica para el lavado de calentadores de jugo mezclado y no obstante que en conjunto son descargas inapreciables (0.020 lts/tonelada de caña de ácido muriático y 0.030 lts/ton de caña de sosa cáustica) en algunas regiones también causa contaminación en la zona de descarga.

Evaporación

Los ingenios utilizan el agua para condensar vapores de último efecto de los evaporadores y producir el vacío. Estos vapores, no obstante que pasan por separadores de arrastre, transportan partículas de licor en suspensión las que al entrar en contacto con el agua, se disuelven formando el contaminante que en este caso también es materia orgánica. Por los flujos tan grandes que se manejan, no obstante que la materia orgánica es de baja concentración (2000 lts/ton de caña de azúcar) es una de las principales causas de contaminación del agua. La temperatura de descarga del agua también contribuye a disminuir la vida acuática en las zonas cercanas a los ingenios que no cuentan con sistemas de enfriamiento. Los contaminantes inorgánicos están constituidos por ácido muriático y sosa cáustica con aproximadamente 0.0488 y 0.0717 lts/tonelada de caña respectivamente.

Cristalización

Los contaminantes en esta etapa están constituidos por: efluentes con materia orgánica cuando no existe recirculación en los ingenios; temperaturas altas en los efluentes, cuando no hay enfriamiento y recirculación.

Molinos, centrífugas, refinación y secado.

La contaminación en estas áreas está constituida por descargas de materia orgánica, polvos finos de azúcares, lavados y drenajes.

Calderas. La emisión de contaminantes en valores promedio por tonelada de caña se presenta en la tabla 9.1.

Cenizas	8.5375 kg/ton de caña
CO	
SOX	0.342 kg/ton de caña
Polvos	0.65 kg/ton de caña Tamaño promedio de partículas de: 40 a 150 μ
Purgas de caldera	25 lts/ton de caña

Tabla 6.1 Emisión de contaminantes por tonelada de caña

Fuente: SEDESOL, 2013

En el caso de los polvos, las partículas pequeñas no constituyen un problema, debido a su tamaño y alto grado de diseminación en la atmósfera. No así las partículas de medianas de 40 a 50 μ las que se dispersan en una extensión de un kilómetro, dependiendo también de la velocidad del viento.

Las purgas de las calderas contaminan en un grado moderado, ya que los flujos de descarga por ingenio fluctúan entre los 40 y los 100l pm y con un alto contenido de sólidos.

Proceso de producción de azúcar

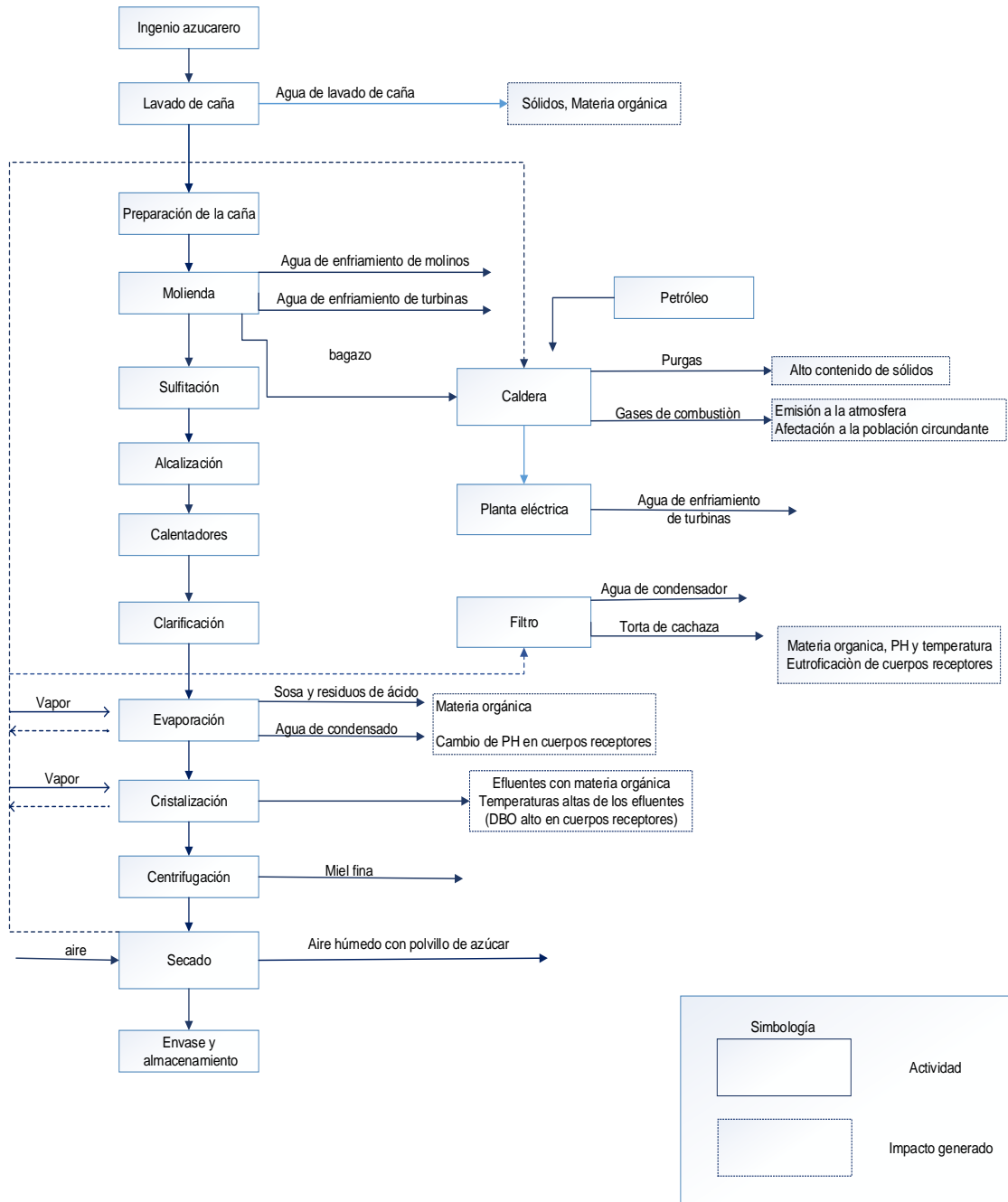


Figura 6.11 Diagrama de generación de residuos en el proceso de producción de azúcar.

Fuente: SEDESOL, 2013

6.6 Legislación aplicable a la calidad del aire y de contaminantes atmosféricos en México

El mejoramiento de la calidad del aire se ha apoyado en el marco legal vigente en los Estados Unidos Mexicanos donde partiendo de la Constitución Política, se manifiesta que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar (Artículo 4° párrafo IV). Para dar cumplimiento a este precepto, México cuenta con diversos instrumentos jurídicos, entre los más importantes están la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGEPA, 2014), sus Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas. (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal)

En lo referente a la contaminación del aire, la LGEEPA⁴, en su artículo 7° fracción I establece la responsabilidad para que los Estados sean los que formulen, conduzcan y evalúen la política ambiental estatal; en la fracción III establece las atribuciones para que las autoridades estatales sean las encargadas de prevenir y controlar la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles que no sean de competencia federal; y en la fracción XVIII establece la formulación, ejecución y evaluación del programa estatal de protección al ambiente (Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal)

En México se miden y se norman los siguientes contaminantes atmosféricos: bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM₁₀) y plomo (Pb). Para cada uno de estos contaminantes se cuenta con un estándar o norma de calidad del aire. Las normas de calidad del aire establecen las concentraciones máximas de contaminantes en el ambiente que no debieran ser

⁴ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, artículo 7° fracción I, III, XVIII, 28 de enero de 1988.

excedidas con determinada frecuencia, a fin de garantizar la protección adecuadamente la salud de la población, inclusive la de los grupos más susceptibles como los niños, los ancianos y las personas con enfermedades respiratorias crónicas, entre otros (INECC, 2009).

Los niveles o concentraciones de los contaminantes en el aire se expresan en unidades como: partes por millón (ppm), partes por billón (ppb), o microgramos por metro cúbico (mg/m³) (SEMARNAT, 2000).

La Ley General de Salud establece en su Título Séptimo⁵, “Promoción de la Salud” Capítulo IV, “Efectos del Ambiente en la Salud” (Artículos 116 y 118)⁶ que, en materia de efectos del ambiente en la salud de la población, corresponde a las autoridades de salubridad establecer normas, tomar medidas y realizar actividades tendientes a proteger la salud humana ante los riesgos y daños que pudieran ocasionar las condiciones del ambiente, así como determinar los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente⁷. Con base en lo anterior, la Secretaría de Salud ha emitido diversas Normas Oficiales Mexicanas, publicadas el 23 de diciembre de 1994 (NOM-020-SSA1-1993, NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-024-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993, NOM-026-SSA1-1993), el 30 de octubre de 2002 (Modificación a la NOM-020-SSA1-1993) así como el 16 de octubre de 2002 (Proyecto de modificación a la NOM-025-SSA1-1993) en el Diario Oficial de la Federación (DOF), en las que se establecen los criterios de calidad del aire en materia de salud y son de observancia para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire con fines de protección a la salud de la población (SEMARNAT, 2010).

^{5,6,7} Ley General de Salud, Título Séptimo cap. IV, artículo 116,118. Fracción I

En la tabla 6.2 se resumen los valores normados para la protección de la salud en materia de contaminantes atmosféricos.

Tabla 6.2 Normas Mexicanas en Materia de Salud		
Contaminante	Norma	Contenido
CO	NOM-021-SSA-1-1993	De salud ambiental establece criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
(SO₂)	NOM-023-SSA-1-1993	De salud ambiental, establece criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO ₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO ₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
PST	NOM-024-SSAI-1993	De salud ambiental, establece el valor máximo permisible para la concentración de PST en el aire ambiente.
pm₁₀	NOM-025-SSA-1-1993	De salud ambiental, establece criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm ₁₀). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm ₁₀) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2013

Por su parte el artículo 111° fracción I de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) señala como una de la facultades de la SEMARNAT en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del territorio nacional con base en los valores de concentración máxima permisible para la salud pública de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud (SEMARNAT, 2010).

Reglamentos en materias relacionadas con la atmósfera:

- Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (23 de noviembre de 1988, revisado, reformado y publicado en el DOF el 3 de junio de 2004 con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes [RETC]).

El Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera de la LGEEPA, señala en el Artículo 7° fracción IV, que es competencia de la Secretaría responsable del sector ambiental (actualmente SEMARNAT), la expedición de normas "para la certificación de la autoridad competente de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas" ; para tal efecto la Secretaría ha emitido las siguientes normas en lo que respecta a monitoreo ambiental, fuentes fijas, características de combustibles,

Tabla En el siguiente Cuadro se resumen los valores normados y se refieren las normas oficiales mexicanas en materia de monitoreo de la calidad del aire.

Tabla 6.3 Normas Mexicanas en Materia de Medición de Concentraciones		
Contaminante	Norma	Contenido
Monóxido de carbono	NOM-034-SEMARNAT-1993	Norma Oficial Mexicana, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la

(CO)		calibración de los equipos de medición.
Partículas suspendidas totales (PTS)	NOM-035-SEMARNAT-1993	Norma oficial mexicana que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.
Ozono (O₃)	NOM-036-SEMARNAT-1993	Norma Oficial Mexicana, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	NOM-037-SEMARNAT-1993	Norma Oficial Mexicana, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
Dióxido de azufre (SO₂)	NOM-038-SEMARNAT-1993	Norma Oficial Mexicana, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

Fuente: SEMARNAT, 2012

Tabla 6.4 Normas Mexicanas en Materia de Fuentes Fijas		
Contaminante	Norma	Contenido
PARTICULAS SOLIDAS	NOM-043-SEMARNAT-1993	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
PST,SO₂,NO_x	NOM-085-SEMARNAT-1994	Norma Oficial Mexicana, para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales (PST), bióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2013

También en la Ley de la Agroindustria Azucarera, Artículo 9°: Se establece que la comisión tendrá las siguientes funciones: Apartado XV. Preservar el medio ambiente y proteger la biodiversidad en el campo cañero, alentando la ejecución de programas de recuperación ecológica.⁸

⁸ Iniciativa de Ley de la Agroindustria de la Caña de Azúcar, Art 9° apartado XV Publicación en Gaceta Parlamentaria: Noviembre 15, 2000.

6.7 Gestión de la calidad del aire

Para minimizar los efectos causados por la contaminación atmosférica provenientes de las industrias es necesario establecer un plan de gestión. Se entiende por gestión de la calidad del aire a las acciones a realizar para conseguir la adecuación de los niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que la produzcan, que garanticen que las materias o formas de energía, incluidos los posibles ruidos y vibraciones, presentes en el aire no impliquen molestia grave, riesgo o daño inmediato o diferido, para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza (AEC, 2013).

La gestión de la calidad del aire es una prioridad para la calidad de vida, la salud de un territorio y su comunidad. Por eso es necesario un modelo de gestión para lograr la calidad del aire que considere las siguientes características básicas, propuestas por García (2006): Contar con una visión a largo plazo, trabajar en red, ser participativo, transparente y eficaz (AMC, 2013).

1. Una visión y planeación a largo plazo que implica:

a) Recobrar el equilibrio en la atmósfera, conocer cuál es la situación real del problema: identificar las fuentes que más contribuyen a su desequilibrio, cuantificar y monitorear esas fuentes, evaluar y vigilar el impacto que tienen sobre la salud del territorio y la población.

b) Gestar planes, proyectos, programas y estrategias participativas que permitan identificar las causas estructurales del problema, priorizarlas en función de su contribución, reducir los contaminantes a partir del mejor uso de tecnologías, mejorar los combustibles, vigilar y aplicar la normatividad, y fomentar una cultura de prevención y manejo de riesgos, así como mantener espacios reductores de contaminantes.

c) Compartir las visiones sobre el problema y la búsqueda de soluciones. Replantear las políticas de desarrollo urbano, transporte, energéticas, fiscales, ambientales y de salud pública, y generar consensos y compromisos para el bien colectivo.

d) Delegar poder y control a los ciudadanos.

2. Trabajar en red a todos los niveles y en forma cooperativa (municipal, estatal, federal) y con todos los involucrados tanto en la generación del problema como en su solución.

3. Participación amplia y representativa a fin de mantener un diálogo continuo en el análisis y solución del problema, que involucre a las autoridades, los sectores productivos y los grupos de la comunidad (mujeres, jóvenes, adultos mayores, escuelas, universidades, líderes de la comunidad, organizaciones locales, y especialistas).

4. Un esquema de trabajo eficaz en ello ha de considerar la vigilancia pública y evaluación permanente del desempeño de las instituciones y los sectores involucrados en la generación del problema y su solución, con el fin de conocer y evaluar permanentemente los resultados obtenidos en el logro de los objetivos de la calidad del aire, a partir de los compromisos generados.

5. Transparencia en la ejecución de estrategias y acciones, recursos y resultados obtenidos por los planes, programas y proyectos aplicados, manteniendo siempre una cultura de rendición de cuentas y estrategias de comunicación accesibles a todo tipo de públicos.

La OMS (2004) ha comprobado que la gestión adecuada de la calidad del aire permite mejorar la salud pública, ya que la contaminación del aire está relacionada con el aumento de pacientes ambulatorios debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares y con el incremento de admisiones hospitalarias y de la mortalidad diaria.

VII.METODOLOGIA

La Metodología para analizar la situación actual del ingenio central progreso se llevó a cabo a través de las etapas señaladas en la Figura 7.1., Posteriormente se describe cada una de estas etapas.

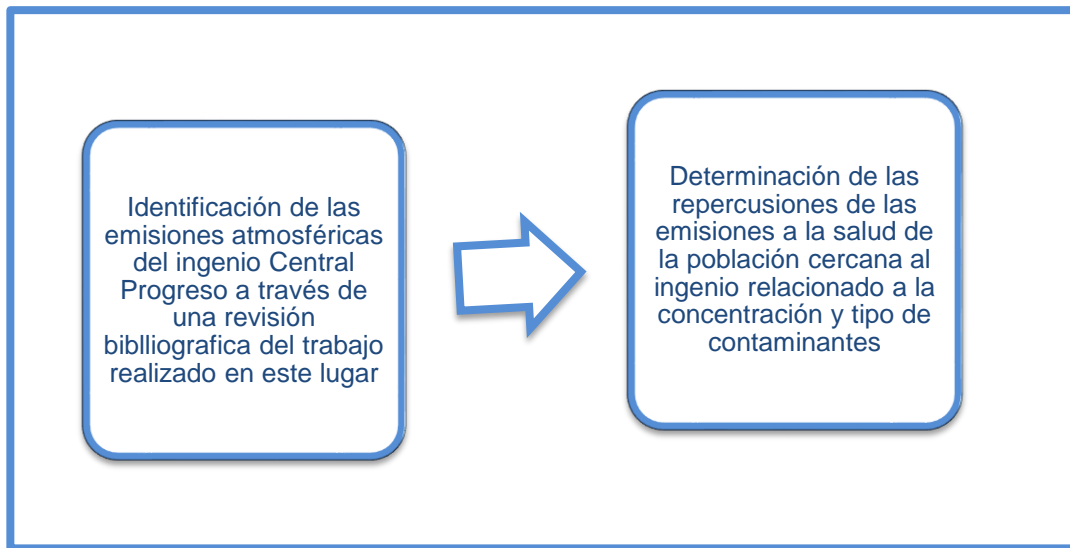


Figura 7.1 Metodología

7.1 Identificación de las emisiones atmosféricas del ingenio central progreso

El primer paso consistió en obtener la información detallada del diagnóstico de los muestreos isocinéticos de NO₂, SO₂ Y PST de las 3 calderas (1,4 y 5) del ingenio “Central progreso”, su tasa de emisión, su dispersión de cada contaminante por caldera, la mayor concentración de los contaminantes a nivel superficie, su distancia desde la fuente de la emisión incluyendo su localización, ya que es importante saber si la fuente se encuentra en una zona urbana o rural, características físicas y un inventario detallado de los contaminantes emitidos, la tecnología y el tipo de combustible empleado.

Para esto fue necesario consultar estudios preliminares de las emisiones atmosféricas del ingenio azucarero, los muestreos isocinéticos que se llevan a cabo para cumplir con la normatividad ambiental, revisión bibliográfica, reportes técnicos, fuentes electrónicas entre otras.

7.2 Determinación de las repercusiones de las emisiones a la salud de la población cercana al ingenio.

Para determinar los efectos a la salud que provoca las emisiones atmosféricas provenientes del proceso de fabricación de azúcar se identificaron las áreas fuera de la planta donde se alcanza máximos de concentración de CO₂, NO₂, y PST que se emiten a través de las tres chimeneas del ingenio azucarero para poder determinar la población más expuestas, las personas más vulnerables y las posibles afectaciones producidas por las emisiones para esto se consultaron bases de datos estadísticos de la población a nivel localidad del instituto nacional de geografía y estadística en donde se identificó a la población infantil y a las personas de la tercera edad con más vulnerabilidad esto se hizo utilizando como base el estudio preliminar, y con la herramienta Arc Gis 9.3 para el manejo de sistemas de información geográfica, se identificaron las zonas de la población que están más expuestas debido a la dirección dominante del viento y de cuanto era la concentración en esos puntos.

Ya establecidos los valores de concentraciones alcanzados se compararon con la normatividad mexicana en materia de salud pública que está a cargo de la Secretaría de salud y asistencia (SSA) y con los de la Organización mundial la salud (OMS), para determinar si las concentraciones estaban dentro de los límites permisibles establecidos por la normatividad mencionada. En base a esto se examinaron los riesgos que ocasionan al organismo debido a la exposición y concentración de los contaminantes. Para llevar acabo esto se realizó una búsqueda bibliográfica, toxicológica, fuentes digitales de información, investigaciones científicas, etc..., haciendo énfasis en los contaminantes identificados en la etapa 1 de la metodología.

.VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Identificación de las emisiones atmosféricas se obtuvieron partir de la información del estudio realizado por Alvarado (2013), en el periodo comprendido de 2009 - 2012, sobre las emisiones atmosféricas en el Ingenio azucarero “Central Progreso” Paso del Macho, Veracruz, el cual consistió en determinar las concentraciones de emisiones atmosféricas del proceso de producción del azúcar generadas por la utilización de bagazo como combustible que sale como subproducto de la molienda de caña y combustóleo en proporción 70/30 (generalmente), para abastecer energéticamente su proceso productivo de transformación de la caña de azúcar, y que constituye la principal fuente de energía en la producción de azúcar. Para identificar si el ingenio está localizado en una zona rural o urbana, se utilizaron sistemas de información geográfica con datos del INEGI actualizados.

También se consultaron los muestreos isocinéticos de las emisiones atmosféricas de cada una de las chimeneas del ingenio de acuerdo con la NOM-085-SEMARNAT-2011 que se llevaron a cabo en los años 2009-2012, de esto se obtuvieron datos de las concentraciones de NO_2 [ppmV], SO_2 [ppmV] y PST [mg/m^3], hora de inicio y final del muestreo, temperatura del gas de salida [$^{\circ}\text{K}$] y velocidad de salida del flujo [m/s].

En el ingenio se llevan a cabo de manera anual muestreos isocinéticos en la temporada invernal en los que se analiza dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_2) y Material Particulado (PST), de acuerdo con la normatividad oficial vigente. En la figura 8.1 se tiene el diagrama de generación de emisiones atmosféricas en las calderas de los ingenios azucareros para la generación de energía.

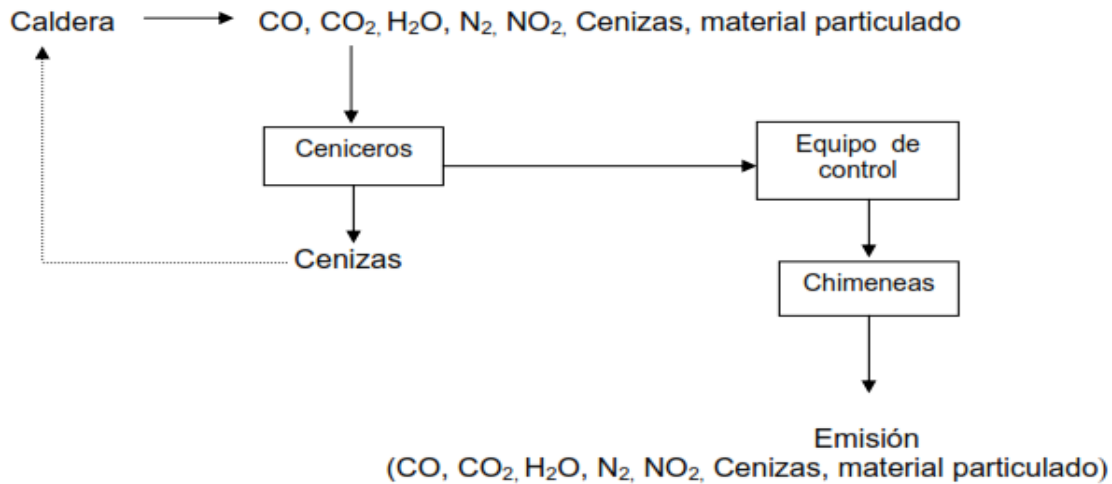


Figura 8.1 Diagrama de flujo de los gases de combustión para un ingenio azucarero.

Fuente: Universidad de el Salvador.

Una vez obtenidos los resultados de la concentración de NO_2 , SO_2 y PST emitidos por las tres chimeneas del Ingenio Azucarero Central progreso, se simularon con el modelo ISC3 Simplificado para determinar el área y las zonas de mayor concentración a nivel superficie y las más vulnerables, respecto a la población y ecosistemas y para identificar si las concentraciones de las emisiones atmosféricas cumplían con los límites máximos permisibles señalados en la normatividad ambiental y de salud vigente. Una vez que se determinó la concentración de cada tipo de contaminante a nivel superficie desde las fuentes de emisión, se estimó la dirección del viento dominante en cada periodo correspondiente al muestreo en las chimeneas, con la finalidad de determinar hacia donde se dispersan los contaminantes.

Los datos utilizados para identificar el área de mayor concentración fue la del año 2012, debido a que en ese año se observó una tasa de mayor emisión con respecto a la de los otros años (2009, 2010, 2011) y por lo tanto podemos decir que si en ese último año los límites ascendieron en las calderas del ingenio respecto a los otros años es muy probable que en los siguientes años la concentración fuera la misma o quizás se pudiera elevar a la del año reportado de mayor concentración. El área

crítica que se identificó como aquella en donde los niveles de concentración fueron mayores son las mismas para los 4 años lo único que cambio fue la concentración ya que en el 2009, 2010 y 2011 las concentraciones se mantuvieron estables y las concentraciones del 2012 fueron más altas. Por lo reportado analizando los 4 años muestreados se puede decir que en el año 2012 las concentraciones pudieron ser más altas debido a que hubo más demanda de energía, o quizás que la eficiencia de las calderas ya no es la misma con respecto a los otros años para eso es muy importante que el mantenimiento a las calderas y a las chimeneas sea el apropiado para poder identificar cual quien tipo de problema que se haya suscitado en ellas ya que es muy importante mantener la calidad del aire lo mejor posible.

Los resultados determinados de los muestreos isocinéticos indican principalmente un área máxima de concentración hacia el N-E de la planta. Los valores de estos tres contaminantes por caldera son los siguientes:

Tabla 8.1 Resultados isocinéticos de las calderas central progreso $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
CALDERA 1			CALDERA 4			CALDERA 5		
NO ₂	SO ₂	PST	NO ₂	SO ₂	PST	NO ₂	SO ₂	PST
14.2	10.13	20.67	0	2.85	8.4	4.72	0	24.82
0.53	1.93	1.14	10.99	15.37	34.82	24.67	14.07	0

Fuente: Alvarado, 2013.

Los niveles de concentración en el área crítica (tabla 8.1) no rebasaron el límite máximo permisible según la normatividad (NOM-022-SSA-1-1994, NOM-023-SSA-1-1994, NOM-024-SSA-1-1994), tampoco rebasan los límites máximos permisibles de la OMS, aunque los valores aquí expuestos son por calderas cada una de ellas no rebasa los límites, aun sumando las concentraciones de las tres calderas por cada contaminante similar, aunque es importante mencionar que las concentraciones de los contaminantes dependen no solo de las cantidades emitidas, sino también de las medidas en que la atmósfera puede absorber o

dispersar el exceso, A ese respecto las zonas urbanas presentan características especiales. Por ejemplo, sí están situadas en una cuenca pluvial, en litorales, cerca de un lago o en el fondo de un valle. Todo esto puede influir mucho en la dispersibilidad y producir tipos específicos de contaminación y efectos en la salud (Díaz Veliz).

Tabla 8.2 Límites permisibles de exposición a NO₂, SO₂, PM₁₀ y PM_{2.5}

NORMA	CONTAMINANTE	LÍMITES QUE ESTABLECE LA NOMS	LÍMITES QUE ESTABLECE LA OMS	EXCEDENTE NOMS VS OMS
NOM-022-SSA-1-1993	Bióxido de azufre SO ₂	288 µg/m ³ en 1 día	20 µg/m ³ en 1 día	14.4 veces el valor de la OMS
NOM-023-SSA-1-1993	Bióxido de nitrógeno NO ₂	395 µg/m ³ (0.21ppm) en 1 hr	200 µg/m ³ en 1 hr	0.51 veces el valor de la OMS
NOM-025-SSA-1-1993	PM _{2.5}	65 µg/m ³ en un día	25 µg/m ³ en 1 día	0.38 veces el valor de la OMS
	PM ₁₀	120 µg/m ³ en un día	50 µg/m ³ en 1 día	0.41 veces el valor de la OMS

Fuente: Aire de calidad, 2012.

Los límites máximos permisibles de las normas mexicanas son menos estrictas en comparación a los de la OMS, en la tabla 8.2 se puede apreciar cuantas veces se exceden los límites las normas mexicanas respecto a las de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La calidad del aire está directamente relacionada con la salud humana, por lo tanto la disminución de contaminantes emitidos a la atmósfera puede mejorar la calidad del aire y se puede disminuir considerablemente la cantidad de personas que padecen enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La aplicación de normas y reglamentos destinados

a controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos puede mejorar la calidad del aire y, a su vez, aminorar la carga de morbilidad y mejorar la salud.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013) recomienda a los gobiernos de todo el mundo que mejoren la calidad del aire de sus ciudades para proteger así la salud de la población. El Clean Air Institute (CAI) recomienda que se deberían adoptar un conjunto armonizado de estándares de calidad del aire para proteger la salud pública, con objetivos intermedios que dependan de las circunstancias particulares nacionales y/o locales (como se sugiere en las Guías de Calidad del Aire de la OMS). Esto facilitara la elaboración de reportes, análisis, y evaluaciones comparativas a nivel regional, así como el inicio del fortalecimiento de un enfoque regional en el mejoramiento de la calidad del aire.

En la determinación de las repercusiones de las emisiones a la salud de la población cercana al ingenio. Las figuras 8.2, 8.3 y 8.4 muestran la dispersión y la concentración de las emisiones de CO₂, SO₂ y PTS de cada una de las chimeneas del ingenio Central Progreso, las ubicaciones de las calderas y la localización de las localidades más expuesta. En la figura 8.2 se observa la distribución espacial de concentraciones de contaminantes a nivel superficie, en la cual se percibir que la localidad San José Balsa Camarón (La colmena) es la más afectada en mayor proporción, ya que se encuentra ubicada en donde la concentración de contaminante es de mayor magnitud y corresponde a 14.2 µg/m³ para el NO₂, 10.13 µg/m³ para el SO₂ y 20.67 µg/m³ para las PST eso solo en la caldera 1. De acuerdo al INEGI (2010) esta localidad cuenta con 801 habitantes, de los cuales 391 son hombres y 410 mujeres. Como se puede observar los resultados obtenidos cumplen con la normatividad oficial (ver tabla 8.3), Sin embargo hay que tomar en cuenta que aunque en ocasiones los niveles de contaminantes atmosféricos estén por debajo de las concentraciones máximas admisibles pueden producir síntomas en individuos asmáticos, los cuales en muchas ocasiones son hipersensibles o susceptibles a gases como el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Otro aspecto importante es la respuesta biológica del individuo ante la agresión, pues dentro de las personas asmáticas existen gran variabilidad en las respuestas, tanto

en su intensidad en uno u otro momento como al nivel en que son sostenibles (Percovich & Rodríguez Galvadá, 1988).

Tabla 8.3 Límites máximos permisibles de las normas de salud para SO ₂ , NO ₂ y PTS		
NORMA	CONTAMINANTE	LIMITES MAX NORMADO
NOM-022-SSA-1-1993	Bióxido de azufre SO ₂	0.13 ppm (341 µg/m ³) en 24 hr una vez al año y 0.03 ppm (79 µg/m ³) en 1 un año
NOM-023-SSA-1-1993	Bióxido de nitrógeno NO ₂	0.21 ppm (395 µg/m ³) en 1 hr una vez al año
NOM-024-SSA-1-1993	Material particulado PST	260 µg/m ³ en 24 hr periodo anual y 75 µg/m ³ anual

Fuente: Secretaria de salud

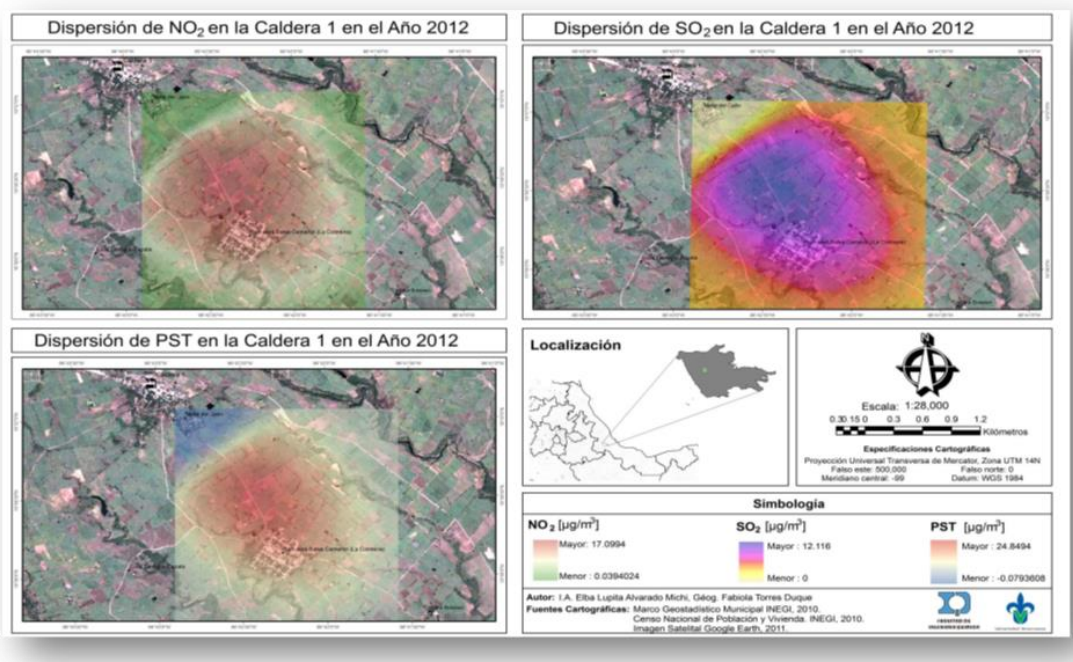


Figura 8.2 Mapa de dispersión de contaminantes de la caldera 1 en el año 2012

Fuente: Alvarado, 2013

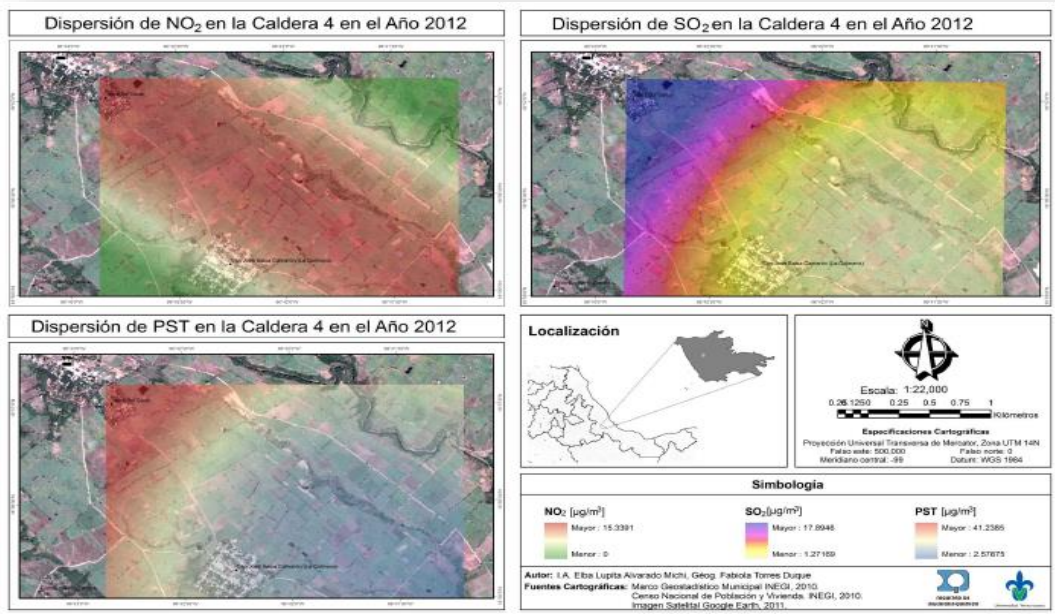


Figura 8.3 Mapa de dispersión de contaminantes de la caldera 4 en el año 2012

Fuente: Alvarado, 2013

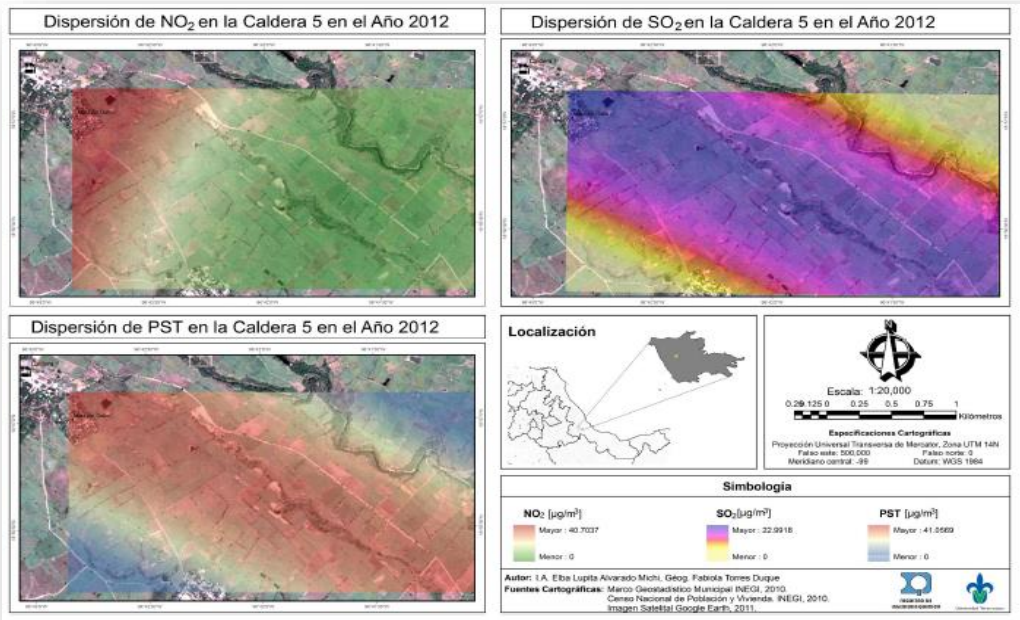


Figura 8.4 Mapa de dispersión de contaminantes de la caldera 5 en el año 2012

Fuente: Alvarado, 2013

En el Figura 8.3 que corresponde a la caldera 4 se muestra que la dispersión y concentración de contaminantes a nivel superficie se distribuye a las localidades de Mata de Gallo con 171 habitantes de los cuales 83 son hombres y 88 mujeres y San Juan Balsa Camarón (La colmena) con 801 habitantes. Las concentraciones también se encuentran por debajo de los límites máximos permisible según las normas mexicanas. Finalmente en la figura 8.5 se observa que la dispersión de contaminantes emitidos por la caldera 5 afecta más a la localidad Mata de Gallo.

Hay que tener en cuenta que la concentración de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de la dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones se ven más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes. Bajo ciertas condiciones, ambos factores pueden desempeñar un papel en esta concentración: en un clima frío y sin viento, la dispersión se reduce mientras que la producción aumenta debido al incremento registrado en la calefacción doméstica.

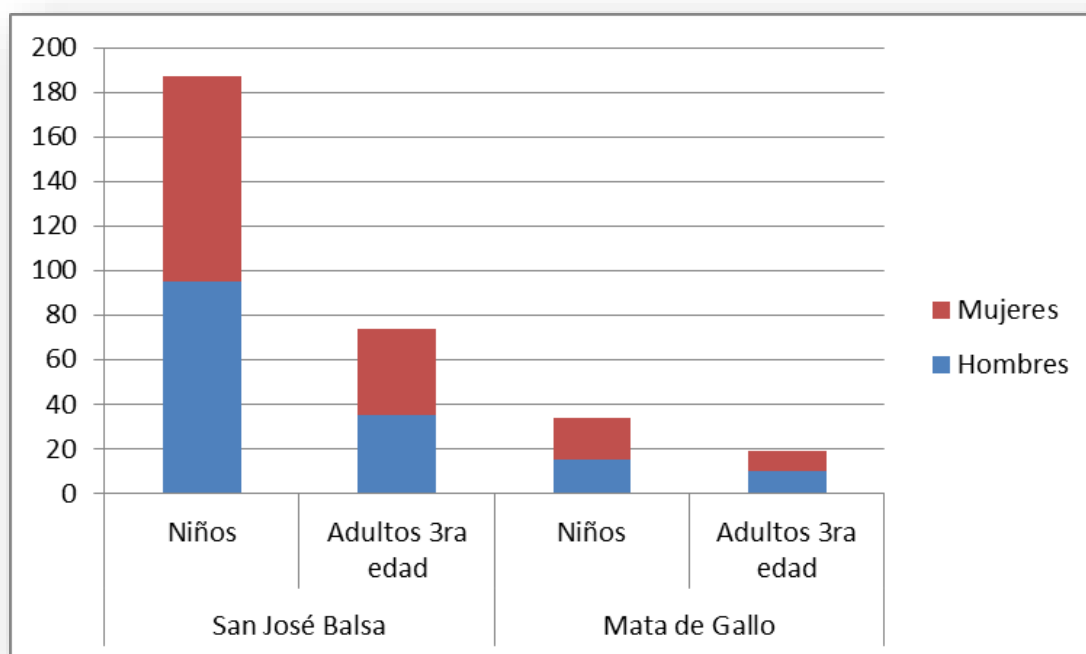


Figura 8.5 Vulnerabilidad.

En los mapas de referencia se pudo observar las poblaciones más afectadas a las emisiones de NO₂, CO₂ Y PST, las cuales fueron la de San José Balsa y la de mata de Gallo en la figura 13.4 podemos observar la gráfica 8.5 la población más vulnerable que es la de los niños y las personas de la tercera edad (figura 8.6) , debido a que las personas mayores tienden a ser más susceptibles a la contaminación del aire debido al funcionamiento limitado de sus mecanismos fisiológicos de defensa, a sus menores reservas fisiológicas y al aumento de la prevalencia de enfermedades y en los niños debido a que sus mecanismos de defensa todavía están en desarrollo, a las mayores tasas de ventilación por unidad de masa corporal y a que tienden a pasar más tiempo al aire libre que los adultos (OMS, 2000).



Figura 8.6 Personas vulnerables niños y personas de la tercera edad

FUENTE: Clean Air Institute, 2012.

La OMS (2014) explica que los contaminantes atmosféricos, incluso en concentraciones relativamente bajas, se han relacionado con una serie de efectos adversos para la salud. Debido a que los niños pequeños presentan una vulnerabilidad especial a los tóxicos ambientales. Esto se debe, principalmente, a inmadurez fisiológica y a diferencias en la exposición. Además hay que tener en cuenta que, por ser la exposición en edades tempranas, los posibles efectos en salud van a tener más tiempo de vida para manifestarse y en caso de ocurrir, el daño será mayor en términos de años de vida perdidos o años con discapacidad.

En el caso de los contaminantes atmosféricos en que la exposición ocurre vía inhalación, la vulnerabilidad es mayor debido a que las vías aéreas y los alvéolos se están desarrollando todavía. Junto a lo anterior, los mecanismos de defensa son todavía inmaduros. Por otro lado, el niño suele pasar más tiempo en el exterior que los adultos y, además, hay que tener en cuenta que los niños, en términos relativos, inhalan el doble de aire que los adultos (Schwartz, 2004).

Los factores socioeconómicos influyen en las personas con un bajo nivel de vida debido a que sufren deficiencias de nutrición, enfermedades infecciosas por las condiciones insalubres y hacinamiento, además de tener un nivel insuficiente de atención médica. Cada uno de estos factores puede aumentar la susceptibilidad de los individuos a los efectos de la contaminación del aire. La ausencia de antioxidantes en el régimen alimenticio puede disminuir los mecanismos de defensa contra los contaminantes oxidantes del aire como el O₃ y el NO₂. Es probable un retardo en los mecanismos naturales de eliminación de las partículas nocivas de las vías respiratorias cuando estas ya están dañadas por la infección.

Las enfermedades que causan la estrechez de las vías respiratorias, una reducción en el área de la superficie de intercambio de gases del pulmón y una mayor alteración de la proporción inhalación-perfusión pueden hacer al individuo más susceptible a los efectos de diversos contaminantes del aire. Los estudios epidemiológicos han demostrado que los pacientes con asma o enfermedades pulmonares obstructivas crónicas experimentan un aumento de los síntomas cuando los niveles de los contaminantes se incrementan

Las afectaciones provocadas a la salud humana por los contaminantes del aire tienen distinto potencial para producir daños sobre la salud humana, dependiendo del tipo de contaminante, de las propiedades físicas y químicas de sus componentes, la frecuencia, duración de exposición y su concentración, entre otros factores. De manera genérica se establece que la capacidad de un contaminante para producir un efecto en la salud depende fundamentalmente de dos factores: 1)

la magnitud de la exposición y 2) la vulnerabilidad de las personas expuestas. La magnitud de la exposición está en función de la concentración del contaminante en la atmósfera, de la duración de la exposición y de su frecuencia. La vulnerabilidad de las personas expuestas es significativamente diferente, algunos grupos de población son más sensibles o vulnerables que otros a la contaminación del aire, que obedece a factores intrínsecos, como la genética, etnia, género y edad; y a factores adquiridos como las condiciones médicas, acceso a los servicios de salud y nutrición. Los efectos en la salud pueden clasificarse en efectos agudos y, efectos crónicos sin la inclusión de cáncer y efectos cancerígenos (Kampa y Castanas, 2008).

La exposición aguda se presenta a concentraciones elevadas de contaminantes en corto tiempo, que logran ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano. Los efectos atribuibles a la exposición aguda varían ampliamente. Algunos estudios señalan un incremento en la mortalidad debido a complicaciones respiratorias relacionadas con la exposición a partículas de diámetro pequeño, ozono y sulfatos; otros estudios informan acerca de enfermedades cardiovasculares, lo cual se considera como un efecto indirecto de la contaminación. La exposición aguda también se relaciona con enfermedades de vías respiratorias superiores e inferiores: bronquitis, neumonía y tos, entre otras (Riojas et al., 2009).

Por otra parte la exposición crónica implica concentraciones bajas de contaminantes en largos periodos. Esta exposición a pesar de que sea a niveles bajos, puede afectar a las personas con una predisposición genética o con algún problema de salud preexistente. Los efectos a la salud son similares a los mencionados por una exposición aguda. Existen informes del incremento de la mortalidad en relación con exposición crónica, aunque en la mayoría de los casos se trata de adultos con problemas respiratorios y cardiovasculares degenerativos (Cesar et al., 2001).

En estudios recientes se han demostrado que la exposición aguda y crónica a la contaminación del aire se asocia con el incremento de la mortalidad y morbilidad debido a diferentes causas: por problemas cardiovasculares y respiratorios (Samet

y Krewski, 2007; Romieu et al., 2008), por su relación con algunos tipos de cáncer, con efectos reproductivos y con efectos neurológicos (Curtis et al., 2006). Las exposiciones a la contaminación del aire durante el embarazo y durante los períodos tempranos de la vida se han asociado con nacimiento prematuro, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad infantil (Maisonet et al., 2004; Lacasaña et al., 2005; Curtis et al., 2006; Wigle et al., 2007; Kampa y Castanas, 2008).

Los síntomas por exposición a la contaminación del aire se manifiestan principalmente en la disminución de la capacidad respiratoria, incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias crónicas y agudas, aumento de ataques de asma e incremento de casos de enfermedades cardíacas. Esto se debe a que los pulmones son el órgano de choque para todos los contaminantes del aire. Cuando las células de las vías aéreas del pulmón se inflaman, se reduce la habilidad del sistema respiratorio para combatir infecciones y eliminar partículas extrañas, lo que aumenta el riesgo en la salud de las personas que padecen, por ejemplo, asma, enfisema pulmonar o bronquitis crónica.

La exposición a contaminantes del aire puede causar efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo) en la salud. Usualmente, los efectos agudos son inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición al contaminante. Los efectos agudos más comunes son la irritación de los ojos, dolor de cabeza y náuseas. A veces los efectos crónicos tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienden a ser irreversibles. Los efectos crónicos en la salud incluyen la disminución de la capacidad pulmonar y cáncer a los pulmones debido a un prolongado período de exposición a contaminantes tóxico del aire (EPA, 2014). En la Figura 6.9 se observa cómo distintos contaminantes pueden afectar los sistemas vitales del cuerpo humano.

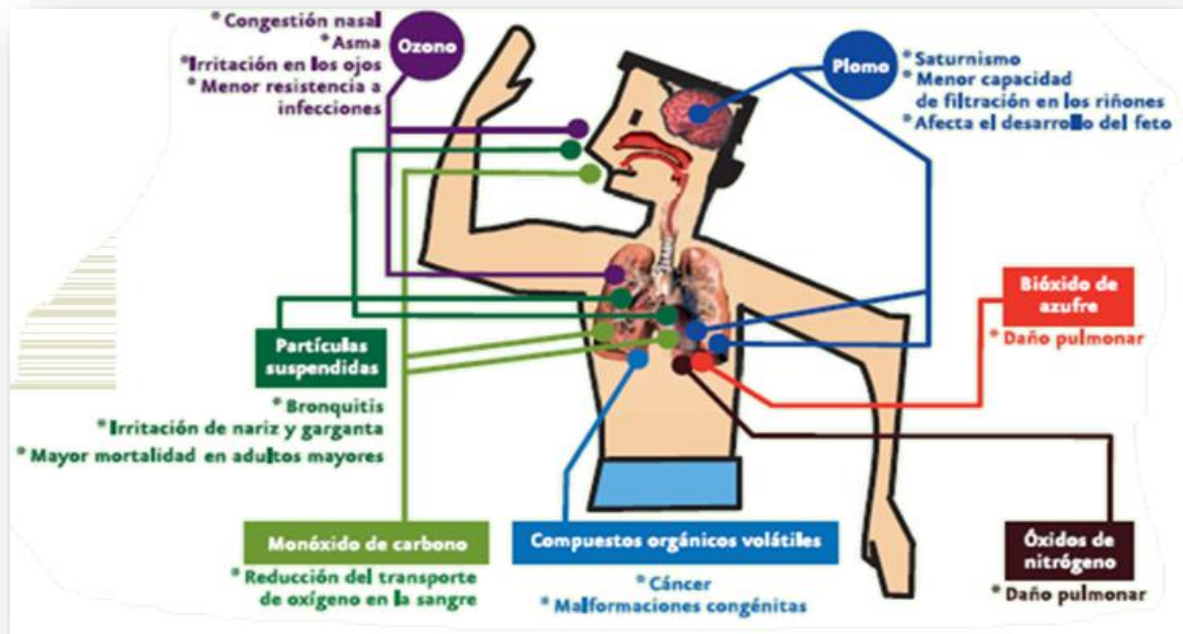


Figura 8.7 Efectos de la contaminación en la salud humana

Fuente: SEMARNAT, 2012

La APTI⁹ y la U.S EPA¹⁰ explican en su manual “Air pollution control orientation course” algunos contaminantes y los efectos que repercuten en la salud del ser humano, en los subsecuentes apartados se expone cada contaminante primario emitido por la agroindustria azucarera y su repercusión en la salud humana

Efectos del monóxido de Carbono (CO) en la salud

Los efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición. El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. La exposición al monóxido de carbono puede exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón. El peligro es más evidente en nonatos, neonatos, ancianos y en quienes sufren de enfermedades crónicas.

El efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en

⁹ APTI (Air Pollution Training Institute) Instituto de Capacitación en la Contaminación del Aire.

¹⁰ U.S EPA (United States Environmental Protection Agency) Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

altura o cuando se padece de anemia.

El CO afecta el suministro de Oxígeno en el torrente sanguíneo, se une a la hemoglobina formando la Carboxihemoglobina (COHb). La exposición al monóxido de carbono puede exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón. La ingesta de CO afecta la percepción y el pensamiento, desacelera los reflejos, y puede causar mareos, angina, inconsciencia o la muerte. El peligro es más evidente en nonatos, neonatos, ancianos y en quienes sufren de enfermedades crónicas. En la tabla 6.1 se muestran las concentraciones de CO y los efectos que causan en la salud.

Tabla 8.4 Efectos en la salud por exposición al monóxido de carbono	
Concentración de Carboxihemoglobina en la sangre (%)	EFEECTO OBSERVADO
2,3 - 4,3	Disminución en la capacidad de realizar un ejercicio máximo en un corto tiempo en individuos jóvenes saludables
2,9 - 4,5	Disminución en la duración de ejercicios, debido a dolor de pecho (angina), en pacientes con enfermedades al corazón
5 - 5,5	Disminución en la percepción visual y auditiva. Pérdida en la capacidad sensorial, motora y de vigilancia
5,0 - 17,0	Disminución en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio
7,0 - 20,0	Dolor de cabeza, decaimiento
20,0 - 30,0	Mareos, náuseas, debilidad
30,0	Confusión, colapso durante el ejercicio
40,0	Pérdida de conciencia y muerte si la exposición continúa
50,0	Muerte

Fuente: USEPA Y APTI, 2014

Óxidos de Azufre (SOx) en la salud humana.

El SO₂, un gas irritante que se absorbe por la nariz y en las superficies acuosas de las vías respiratorias superiores, está asociado con una disminución de la función pulmonar y un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad. Los efectos adversos para la salud del SO₂ son, entre otros, tos, flema, malestar en el pecho y bronquitis. Algunas de las emisiones de SO₂ procedentes de fuentes móviles o fijas son transformadas en la atmósfera en sulfatos en aerosoles que guardan relación con la mortalidad y la morbilidad. La tabla 6.2 muestra los efectos a la salud por SO₂.

Tabla 8.5 Efectos en la salud humana por exposición a dióxido de azufre.	
Concentración en 24 horas (ug/m3)	EFFECTO OBSERVADO
400 - 900	Posible incremento de los síntomas respiratorios (tos, irritación de la garganta y silbidos en el pecho) en personas con asma.
500 - 1700	Incremento de la síntomas respiratorios en personas con asma y posible agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas
1700 - 2300	Incremento significativo de los síntomas respiratorios en personas con asma y agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas
2300 - 2900	Síntomas respiratorios severos en personas con asma y riesgo serio de agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas
> 2900	Cambios en la función pulmonar y síntomas respiratorios en individuos sanos.

Fuente: USEPA Y APTI, 2014

Se ha encontrado que los óxidos de azufre perjudican el sistema respiratorio, especialmente de las personas que sufren de asma y bronquitis crónica. Los efectos de los óxidos de azufre empeoran cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o humedad del aire, ya que permite la formación de lluvia ácida que puede perjudicar la vida acuática, el suelo, materiales de construcción y la vida silvestre.

Dióxido de Nitrógeno (NOx) en la salud humana.

El NO₂ es un gas irritante que se absorbe en la membrana mucosa de las vías respiratorias. El efecto del NO₂ más adverso para la salud se produce en la intersección de las vías respiratorias y la región de intercambio gaseoso de los pulmones. Las vías superiores se ven menos afectadas porque el NO₂ no es muy soluble en superficies acuosas.

La exposición al NO₂ está vinculada a una mayor susceptibilidad a las infecciones respiratorias, una mayor resistencia de las vías respiratorias en los asmáticos y una disminución de la función pulmonar. La exposición breve al NO₂ se ha vinculado a una amplia gama de enfermedades de las vías respiratorias inferiores en los niños (tos, descarga nasal y dolor de garganta son las más comunes) así como a una mayor sensibilidad al polen y al polvo de las zonas urbanas.

Los efectos para la salud de la exposición al NO₂ por razones laborales abarcan desde la inflamación de la membrana mucosa del árbol traqueobronquial a la bronquitis, la bronconeumonía y el edema pulmonar agudo. La tabla 6.3 muestra los efectos a la salud por exposiciones de NO₂.

Tabla 8.6 Efectos en la salud por exposición al bióxido de nitrógeno

Concentración (ppm)	Tiempos de exposición	EFECTO OBSERVADO
5	14 horas	Individuos normales, incremento de la resistencia de las vías aéreas. Aumento de la hiperreactividad

		bronquial.
2.5	2 horas	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
1	2 horas	Individuos normales: Pequeño cambio en la capacidad vital forzada.
0.5-5	3 – 60 min	Individuos con bronquitis crónica: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
0.5	20 min.	Individuos asmáticos: con 10 minutos de ejercicio moderado: Disminución de la tasa máxima de flujo respiratorio.

Fuente: USEPA Y APTI, 2014

El óxido nítrico es relativamente inofensivo, pero el dióxido de nitrógeno causa efectos en la salud y bienestar. Los óxidos nítricos emitidos en el aire se convierten en dióxido de nitrógeno mediante reacciones fotoquímicas condicionadas por la luz solar. El dióxido de nitrógeno daña el sistema respiratorio porque penetra las regiones más profundas de los pulmones.

Material Particulado en la salud humana

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización, almacenamiento de granos, la quema de caña de azúcar y la industria de la construcción.

El material particulado tiene efectos en la salud y bienestar del hombre ya que puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. Asimismo, afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

Las partículas más pequeñas son más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte interior de los pulmones. Las partículas de más de 10 mm de diámetro, inhaladas por la nariz, se depositan en la sección extratorácica de las vías respiratorias, en tanto que las fracciones de 2,5 mm a 10 mm se depositan cerca de las vías aéreas finas. Las MP-2,5 preocupan más porque pueden evadir el sistema de defensa del aparato respiratorio humano y llegar al tejido pulmonar, donde pueden permanecer alojadas durante años o, en el caso de las partículas solubles, pueden ser absorbidas en el torrente sanguíneo. La deposición de las MP se incrementa cuando se respira por la boca (EPA, 2014). La presencia de partículas en el aire ambiente se ha vinculado a una mayor mortalidad y morbilidad y una función pulmonar disminuida. Se han observado efectos nocivos en la salud de niños y adultos: tos y enfermedades respiratorias como la neumonía, el asma y la bronquitis. Los efectos a la salud por material particulado se exponen en la tabla 6.4.

Tabla 8.7 Efecto a la salud por exposición a material particulado		
Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EFFECTO OBSERVADO	Impacto
200	Disminución en la capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en niños y ancianos	Moderado
400	Afecta a toda la población.	Grave
500	Aumento de mortalidad en adultos mayores y enfermos.	Muy Grave

Fuente: USEPA Y APTI, 2014

CONCLUSIONES:

- a) Los valores de SO₂ y NO₂ y PST obtenidos no rebasaron los límites máximos permisibles en las normas oficiales mexicanas.
- b) La distribución de estos máximos para todo el periodo de estudio mostró un área crítica fuera de la planta en la dirección donde se encuentran dos comunidades hacia el sur de la planta.
- c) La dispersión de los contaminantes depende de velocidad del viento, entonces cuando es más fuerte los contaminantes se dispersa más rápidamente.
- d) El ingenio mostro en sus estudios isocinéticos que del periodo del 2009 al 2012 los contaminantes emitidos ascendieron en el último año por lo tanto se puede decir que cabe la posibilidad que el aumento se presente nuevamente en los siguientes años.
- e) Aunque los contaminantes emitidos no rebasaron los límites debe tomarse en cuenta la susceptibilidad de la población y principalmente la de los más vulnerables a dichas emisiones tanto fuera y dentro de la planta.

Los ingenios azucareros son fuentes de emisiones fijas que en su etapa de producción emiten contaminantes primarios como son humo, dióxido de azufre, nitrógeno y monóxido de carbono, material particulado como bagacillo, disminuyendo la calidad del aire y poniendo en peligro a la gente que se encuentra en zonas aledañas a dicha industria ya que casi nunca ponen en práctica todas las medidas preventivas a lo largo de sus proceso para poder alcanzar una producción limpia.

Para poner en práctica estas estrategias primero es necesario identificar los problemas y afectaciones que se quieren combatir en los ingenios, para así poder determinar y establecer método y medidas adecuadas a utilizar, siempre y cuando cumplan con las características necesarias, con una gran eficiencia y por su puesto sean a bajo costos. De esta manera llegaremos al punto más importante que se ha estado manejando que es la mitigación de las cargas contaminantes de los

ingenios azucareros, a tal grado que en un futuro se pueda llegar a una total eliminación de estas para el bien de la humanidad y el medio ambiente

RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones que se hacen al respecto son:

- a) Debido a que la industria azucarera es de gran importancia en el país es necesario introducir prácticas de producción orientadas a minimizar la generación de emisiones para mejorar la calidad del aire.
- b) Realizar con mayor frecuencia evaluaciones de Dispersión de contaminantes a fin de conocer su alcance de emisión y determinar si esta puede afectar a la población aledaña a los ingenios, al medio ambiente y a la salud humana.
- c) Reciclar y/o reutilizar residuos generados del proceso de producción de azúcar como por ejemplo el bagazo que sirve como combustible para obtener una mayor eficiencia en su combustión, siempre y cuando estos tengan un sistema de pre-secado para evitar el exceso de emisión de contaminantes a la atmosfera, pues el bagazo utilizado sin previo tratamiento genera más emisiones y por lo tanto más afectaciones.
- d) Hacer monitoreo de contaminantes primarios ya que estos son los que causan más daños a la salud de los habitantes.
- e) La mayoría de los ingenios no poseen equipos de control, por lo tanto sería recomendable el uso de equipos de control en las chimeneas para reducir la cantidad de emisiones.
- f) Para poder cumplir con todos los parámetros de Producción Limpia se deben aplicar una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, producción y servicios para los ingenios azucareros; las recomendadas son

- : instalación de nueva tecnología, eliminar la descarga de cenizas a la atmósfera, mejorar prácticas de mantenimiento y minimizar fugas y derrames.
- g) Adopción de uso de equipo de producción más limpia (P+L) en el que se pueden instalar a las calderas filtros de alta tecnología que tienen como función limpiar los gases producidos por la combustión de la biomasa, y así minimizar su impacto.
 - h) El mantenimiento preventivo a los equipos utilizados en las distintas etapas del proceso de producción de azúcar.
 - i) La implementación de ahorro de energía y control de uso de energía generada por fuentes fósiles trae como beneficio la reducción de emisiones a la atmósfera.
 - j) Implementación a nivel municipal de reglamentos de calidad del aire donde se proponga la calidad de vida de las personas más vulnerables.
 - k) La regularización de unas normas más estrictas sobre la contaminación ambiental podrían reducir la mortalidad en las ciudades donde hay más emisiones contaminadas
 - l) Incrementar las campañas de salud a la población.
 - m) Proponer muestreos a 800 m de la periferia para determinar en donde existe mayor concentración de los contaminantes emitidos.
 - n) Adhesión al programa nacional de auditorías ambiental que propone la PROFEPA y que es de manera voluntaria y está dirigido a las empresas que puedan causar un efecto o impacto negativos al ambiente, con la finalidad de no solo de ayudarse garantizar el cumplimiento de la legislación, si no para mejorar la eficiencia de sus procesos, su desempeño ambiental y su competitividad esto mediante la evaluación de los procesos de las empresas

respecto a la contaminación y riesgo ambiental que pudieran provocar y así promover la identificación de oportunidades de mejora, así como la instrumentación de proyectos que reduce la contaminación ambiental e incrementa su competitividad.

- o) Los beneficios de incorporarse al Plan Nacional de Auditoria Ambiental (PNAA) es que logra la certificación de “industria limpia” con vigencia de dos años y con la posibilidad de renovarla a través de una auditoria logrando después de su primera certificación obtener el más alto reconocimiento que otorga la PROFEPA “La Excelencia Ambiental”, este reconocimiento se otorga a las organizaciones previamente certificadas que han demostrado que su desempeño ambiental está enfocado a la mejora continua y al desarrollo sustentable.

- p) El contar con la certificación, ofrece muy buenos beneficios para las empresas como la inversión de otras empresas, la facilitación de exportación a otros países, la publicidad, la credibilidad y el respaldo como empresa responsable.

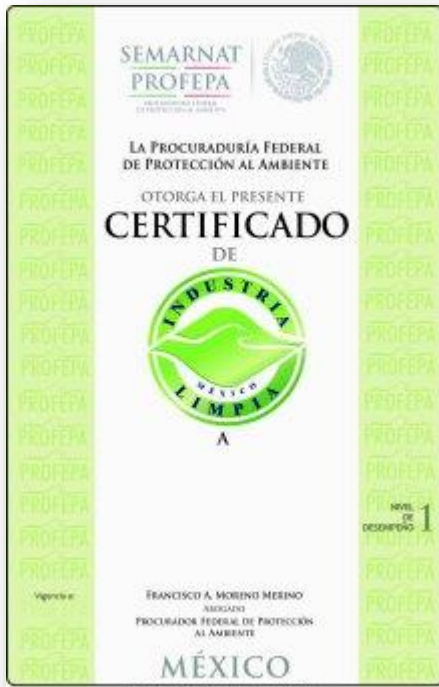


Figura 8.8 Certificado de Industria Limpia

Fuente: PROFEPA, 2013



Figura 8.9 Certificado de excelencia ambiental

Fuente: PROFEPA, 2013

IX BIBLIOGRAFIA

- AEC. (2013). Asociación Española para la Calidad. Obtenido de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-de-la-calidad-del-aire>
- Agüero et al. (2013). Cogeneración en la industria azucarera. cet Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 7-8.
- Aguilar, N. R. (2013). Análisis de productividad de etanol de caña de azúcar en ingenios azucareros de México. Ciencia Ergo Sum, vol. 20, núm. 1, marzo-junio, 2013, pp. 17-28, 13.
- Aguilar, R. N. (2011). Competitividad de la agroindustria azucarera de la Huasteca México. San Luis Potosí, S.L.P.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ.
- Alvarado, E. L. (2013). Diagnóstico de emisiones atmosféricas en el Ingenio azucarero "Central Progreso" ubicado en el municipio de Paso del Macho, Veracruz. Xalapa, Enriquez; Veracruz: Universidad Veracruzana Diagnóstico y gestión ambiental.
- AMC. (2013). Academia mexicana de ciencia. Obtenido de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=74
- Arias, S. P., & Daza, C. E. (Noviembre de 2009). Propuesta Metodológica para Correlacionar la Calidad del Aire y las Enfermedades Respiratorias en un Municipio Intermedio Colombiano: Caso de Tuluá Valle del Cauca. Santiago De Cali, Noviembre De 2009. Santiago de Cali, Colombia: Universidad De San Buenaventura Especialización En Economía Ambiental Y Desarrollo Sostenible.
- Arreguín, L. E. (17 de Mayo de 2011). Propuesta para establecer medidas con enfoque de producción más limpia en el ingenio El potrero, Veracruz. México.
- Azucar Ledesma. (2013). Azúcar Ledesma. Obtenido de <http://www.azucarledesma.com.ar/Produccion.php>
- Azucarera. (2013). Azucarera. Obtenido de http://www.azucarera.es/descubre_fases_proceso.php#

- Ballester, F. (abril de 2005). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD. Rev. Esp. Salud Publica v.79 n.2.
- Campos et al. (2008). Monitoreo de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Chihuahua (Norte de México) como una herramienta para la gestión de la calidad del aire. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 10.
- Carrera, L. J., & Loyola, E. E. (2010). Impacto Ambiental Generado por la Quema de la Caña de Azúcar en Laredo – Trujillo. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- CATIE. (1985). Conceptos Metodologicos sobre investigación y desarrollo de tecnología para sistemas de producción de cultivo. Costa Rica.
- CATIE. (2005). Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de <http://orton.catie.ac.cr/REPDO/A0666E/A0666E.PDF>
- CEPSA. (2013). Central El Palmar, S.A. Obtenido de http://www.elpalmar.com.ve/pages/procesos_fuerza.htm
- CIDEM. (s.f.). CIDEM. Recuperado el 8 de Febrero de 2014, de <http://www.cidem-ac.org/sitio/>
- CITMA. (2013). Generalitat Valenciana. Obtenido de gva.es: <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=4555>
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. (2010). Monografía de la caña de azúcar. Veracruz: Gobierno del Estado de Veracruz.
- Condori et al. (2012). Estudio y analisis de la situación actual sobre el impacto ambiental en las industrias de caña de azúcar en Perú (Chucarapi-Pampa Blanca). Perú: Instituto de Bionergía Aplicada.
- Cooperativa Agrícola Industrial Victoria. (2010). Coopevictoria. Obtenido de http://www.coopevictoria.com/cana_evaporacion.html
- Crespo, H. (2009). Historia del azúcar en México. En H. Crespo, Historia del azúcar en México (pág. 11). México DF: Centro Fondo de Cultura Económica SA de CV.
- Díaz Veliz, L. R. (s.f.). Contaminación del aire. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/cuadref/cuadref.pdf>
- DOF. (2000). NOM-021-SEMARNAT-2000. México.

- DOF. (28 de Enero de 2003). Ley General del Equilibrio y la protección al Ambiente. Mexico, D.F.
- Ecologismo. (2009). Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de <http://www.ecologismo.com/cambio-climatico/consecuencias-de-la-contaminacion-del-aire/>
- EPA. (2012). Obtenido de <http://epa.gov/acidrain/what/index.html>
- EPA. (Julio de 10 de 2014). United States Enviromental Protection Agency. Obtenido de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20011QVO.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1981+Thru+1985&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&>
- Gestión Ambiental del Aire en el Distrito Federal. (2006). SMA. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de <http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/gaa/05.pdf>
- Gil Unday, Z. (2005). Estudio del impacto ambiental del uso del bagazo como fuente de energía en centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso “Melanio Hernández”. Matanzas, Girona: Universitat de Girona.
- Glynn, H. J., & Heinke, G. W. (1999). Ingeniería ambiental. México: Prentice Hall.
- Gómez, I. C. (2000). Contaminantes primarios y secundarios. En I. C. Gómez, Saneamiento Ambiental (pág. 248 p). Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia .
- Grau, M. R., & Grau, M. S. (2006). Riesgos Ambientales En La Industria. Madrid: Fernández Ciudad, S.L.
- Grupo Manuelita. (s.f.). Grupo Manuelita. Obtenido de <http://www.manuelita.com/index.php?p=manuelitaazucarybioetanolcolombia/procesoproductivo/procesoproductivoazucar&>
- Inche, J. L. (2008). Gestión de la calidad del aire : Causa, efectos y soluciones. Lima-Perú: SISBIB.
- INCHEM. (s.f.). <http://www.inchem.org>. Recuperado el 15 de Enero de 2014, de <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48aje09.htm>

- INECC. (13 de agosto de 2009). Obtenido de Instituto nacional de ecología y cambio climático: <http://www.inecc.gob.mx/calair-informacion-basica/559-calair-nom-cal-air>
- Ingenio Providencia S.A. (2014). Ingenio Providencia. Obtenido de <http://www.ingprovidencia.com/procesos/71>
- Ingenio Risaralda. (2013). Ingenio Risaada. Obtenido de <http://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G148/63/elaboracion/>
- Innovación y Cualificación, S.L, Target Asesores, S.L. (s.f.). Expertos en gestión mediambiental. En S. T. Innovación y Cualificación, Expertos en gestión mediambiental. ic.
- Instituto Azucarero Dominicano. (2013). Inazucar. Obtenido de http://www.inazucar.gov.do/obtension_azucar.htm
- Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial. (2004). GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE- Causas, Efectos y Soluciones (Vol. 1ra. Edición). Peru: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial - UNMSM.
- Instituto nacional de defensa civil. (2006). Manual Básico para la Estimación del Riesgo. LIMA-PERU: (INDECI).
- INTEF. (s.f.). Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/1esobiologia/1quincena5/pdf/quincena5.pdf>: <http://www.ite.educacion.es/es/recursos>
- Junta de Calidad Ambiental. (1995). Reglamento para el control de la contaminación atmosférica de la junta de calidad ambiental. Puerto Rico.
- Lacasaña et al. (2005). Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. México: Salud Publica.
- LEEGEPA. (5 de Julio de 2014). Camara de diputados H. congreso de la unión. Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>
- Manahan, S. E. (2007). Introducción a la química ambiental . En S. E. Manahan. España: REVERTE EDICIONES S.A de C.V.
- Martínez, C. A. (2009). Propuesta de un Sistema de Limpieza de las Emisiones Generadas por un Ingenio Azucarero. Caso de Estudio: Ingenio San Cristóbal. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica.

- Mi ambiente. (26 de FEBRERO de 2013). Mi ambiente. Recuperado el 28 de ENERO de 2014, de <http://www.miambiente.com.mx/?p=21774>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2011). cidead 1º ESO. Obtenido de http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/1esobiologia/1quincena5/1q5_index.htm
- Morales Trujillo, J. (2011). " Impacto ambiental de la actividad azucarera y estrategias de mitigación". Orizaba, Ver: Universidad Veracruzana.
- OEM. (6 de Junio de 2013). Alta contaminación emana de 22 ingenios.
- OMS. (2000). Guías para la calidad del aire. Ginebra, Suiza.
- Percovich, E., & Rodríguez Galvadá, R. (1988). Aspectos no tradicionales en fisiopatología respiratoria. Aspectos no tradicionales en fisiopatología respiratoria. En: Diagnóstico de las enfermedades respiratorias ocupacionales y ambientales. La Habana, La Habana: Ciencias Médicas.
- Pérez, A. G. (2007). Química II Un enfoque constructivista. En G. Pérez Aguirre, Química II Un enfoque constructivista (pág. 240). México: Mexicana.
- Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República Argentina. (2012). La atmósfera. Esa capa gaseosa que no vemos pero que nos rodea. Obtenido de <http://www.fhuc.unl.edu.ar/olimpiadageo/2012/B%20-%202012/131-170%20-%20Atmosfera.pdf>
- Promotora Industrial Azucarera S.A de C.V. (2014). Grupo Piasa. Obtenido de www.grupopiasa.com
- Quees.la. (2014). Quees.la. Obtenido de <https://quees.la/atmosfera/>
- Revista academia Mexicana de Ciencias. (s.f.). Academia Mexicana de Ciencias. Recuperado el 31 de marzo de 2014, de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=74
- Rodríguez, J. F. (1997). Contaminación Atmosférica. En J. F. Rodríguez, Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios.
- SAGARPA. (2007). SAGARPA Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. México: Gobierno Federal.

- Scientific Committees. (20 de Noviembre de 2009). Scientific Committees. Obtenido de <http://ec.europa.eu/health/opinions/es/contaminacion-aire-interior/glosario/abc/contaminantes-primarios-y-secundarios.htm>
- SEDESOL. (1994). Criterios ecologicos para disminuir los impactos ambientales causados por las actividades productivas del sector industrial en su rama azucarera.
- SEMARNAT. (2010). Marco normativo en materia de contaminantes atmosféricos. Recuperado el 18 de Marzo de 2014, de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServletd54a.html
- SEMARNAT. (2013). Sitio internet: <http://normas.economia.gob.mx/normasmx/index.nmx>. Recuperado el 18 de Diciembre de 2013, de http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_RSM01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- SEMARNAT. (12 de Mayo de 2014). INECC. Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/calair-informacion-basica/521-calair-cont-aire>
- SEMARNAT, I. (2000). Gestión de la calidad del aire en México - Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. México.
- SEMARNAT-INECC. (24 de Junio de 2013). SEMARNAT. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de <http://www.inecc.gob.mx/calair-informacion-basica/525-calair-cont-primarios-secundarios>
- SMA. (s.f.). Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de <http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/gaa/05.pdf>
- Strauss, J., & Mainwaring, S. J. (2001). Contaminación del aire causas, efectos y soluciones. Trillas.
- Trujillo, J. M. (2011). IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD AZUCARERA Y ESTRATEGIAS DE MITIGACION. Orizaba, Veracruz, México: UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS.
- UDOP. (12 de Julio de 2014). UDOP. Obtenido de Uniao do produtores de Bioenergia: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=26414#nc>
- Universidad Blas Pascal . (2012). Todoambiente. Obtenido de http://www.ubp.edu.ar/todoambiente/amb_contaire.php

Universidad Nacional Autónoma de México. (2011). Planeta tierra. Obtenido de Centro de Geociencias: http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/iype_cgeo/index.html

Welfare Ecología Industrial S.A. de C.V. (2007). Análisis de las emisiones atmosféricas del Ingenio Azucarero la Chontalpa (Santa Rosalía). Cárdenas, Tabasco: Informe N° IR/07-8663-W.

Yassi et al. (2002). SALUD AMBIENTAL BÁSICA. Cuba: INHEM, OMS, PNUMA.

Zucarmex. (2003). Zucarmex. Obtenido de <http://ventas.zucarmex.com/Proceso.htm>