



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

FRUCTIFICAR LA RAZON, TRASCENDER NUESTRA CULTURA

**Trabajo de tesis para obtener el titulo de  
Ingeniero ambiental**

**Determinación de Partículas iguales o menores a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{Pm}_{10}$ )  
en el Ingenio San Rafael de Pucté**

**Claudia Inés López Villarreal**

**Director: Laura Patricia Flores Castillo**

**Chetumal, Quintana Roo, marzo de 2009.**

## **Dedicatorias:**

**A dios:** por haberme permitido realizar un logro más en mi vida, por bendecirme todos los días y por concederme la dicha de conocer el amor y la amistad durante el transcurso de mi vida, gracias.

**A mis padres:** No tengo como agradecerles todo el amor y apoyo que me han brindado, éste también ha sido un logro más de ustedes y en agradecimiento a todo lo que me han dado, prometo nunca fallarles, ustedes son el ejemplo más claro que tengo de esfuerzo, trabajo, dedicación y las ganas de salir a delante.

Mamá, me siento muy orgullosa de ti y le doy gracias a dios por haberme mandado a ese ángel que siempre ha sido mi incondicional en todo, muchas gracias mami.

Papá tú siempre nos haz demostrado que cuando se tienen las ganas de hacer las cosas, nada es imposible, siempre he admirado tu perseverancia y eso es algo que tú me haz demostrado durante toda mi vida.

A los dos les debo todo lo que soy, como persona y profesionalmente, me han dejado la herencia más grande que un hijo puede recibir, los valores morales que son los que forman a una verdadera persona, los quiero mucho.

**A mis hermanitos Cindy, Ircey y “bichito”:** Yo sé que no he sido la mejor hermana, ni tampoco la mejor imagen que una hermana mayor debe tener, sin embargo, eso ha sido lo que siempre les e tratado de expresar, pero a veces me sale todo lo contrario, solo deseo que se sientan orgullosos de mi y que sepan que los quiero mucho y que siempre podrán contar conmigo para lo que quieran, siempre estaré a su lado.

**A ti sushito:** Gracias por compartir conmigo tantos años, de tu mano he comprendido y aprendido de las experiencias de la vida, me siento muy orgullosa de tenerte a mi lado y le agradezco mucho a dios por haberte conocido, te quiero mucho

y aunque no sé que nos depara el destino, de una cosa estoy segura, parte de mi felicidad eres tu.

**A mi sobrina suset:** Aunque aun eres muy pequeña, quiero que sepas que te quiero mucho, te he adoptado como parte de mi y este logro también es para ti.

**A mis amigos:** Mari, Nayla, Juan, Homero y Cachus, gracias por sus consejos, su apoyo y su ayuda para la realización de este trabajo, juntos hemos pasado y compartido momentos muy emotivos durante todos estos años, fue un privilegio compartir las experiencias que nos dejó la carrera, son mis mejores amigos, los quiero mucho y saben que siempre podrán contar conmigo, cada uno ocupa un lugar muy especial en mi corazón.

**A mis compañeros** de la carrera de ingeniería ambiental, gracias por los momentos que compartimos cada día en las aulas de la Universidad.

## **Agradecimientos:**

**A la división de ciencias e ingenierías**, la impresión de este trabajo.

**A cada uno de los integrantes de mi comité de tesis y profesores**; a la maestra Laura Patricia, al Ing. Adolfo Sánchez Navarro, al maestro José Luís Guevara, Juan Carlos Ávila Reveles, José Martín Rivero, José Manuel Carrión, José Luís Gonzáles Bucio, a la maestra Norma Angélica Oropeza y a todos mis profesores que de alguna manera intervinieron en mi formación profesional, gracias por su apoyo y rectitud, con sus conocimientos aportaron experiencias y aprendizajes que me ayudaron a tenerle amor y respeto hacia la naturaleza, me dejan valores que son relevantes en cada uno de ustedes.

**Al ingenio San Rafael de Pucté** por brindarme la confianza para poder realizar el estudio en la fábrica, gracias a cada uno de los obreros que me permitieron colocarles el equipo de medición, pero muy en particular le agradezco al Ingeniero Adolfo Sánchez Navarro que fue el que confió en mí, me apoyó y me brindó muchas herramientas para realizar dicho estudio.

**Al área de seguridad e higiene del IMSS** a cargo del sr. Fausto Fritz por prestarme el equipo necesario para llevar a cabo dichos muestreos y por su apoyo en la realización de este trabajo, nuevamente gracias.

# ÍNDICE

<b>Dedicatoria</b>	i
<b>Agradecimientos</b>	iii
<b>Índice</b>	v

## **Capítulo 1. Introducción**

1.1. Marco teórico.....	1
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos particulares. ....	4
1.3. Alcance.....	5
1.4. Antecedentes.....	6

## **Capítulo 2. Marco legal**

2.1. Ley general de salud.....	9
2.2. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	9
2.3. Normatividad en materia de contaminación atmosférica por partículas.....	10
2.3.1. NOM-010-STPS-1999 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”.....	10
2.3.2. NOM-025-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM <sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM <sub>2,5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire".....	11

2.3.3. NOM-035-SEMARNAT-1993 “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”.....	11
--	----

### **Capítulo 3. La industria Azucarera**

3.1. Características de las regiones cañeras en México.....	13
3.2. Relevancia Económica y Social a nivel Nacional.....	14
3.3. Características del Ingenio San Rafael de Pucté.....	14
3.4. Proceso de producción de caña de azúcar.....	15
3.5. Contaminación Ambiental de los Ingenios Azucareros.....	21

### **Capítulo 4. La contaminación atmosférica**

4.1. Clasificación y fuentes de los contaminantes atmosféricos.....	23
4.2. Exposición a contaminantes atmosféricos.....	24
4.3. Efectos en la salud humana.....	25

### **Capítulo 5. Partículas Suspendidas Totales (PST)**

5.1. Clasificación.....	28
5.2. Tamaño.....	28
5.3. Forma.....	31
5.4. Actividades industriales potencialmente contaminantes del aire.....	31
5.5. Fuentes de contaminantes por partículas.....	32

### **Capítulo 6. Descripción del área de estudio**

6.1. Localización.....	33
6.2. Orografía.....	33
6.3. Hidrografía.....	34

6.4. Clima.....	34
6.5. Demografía.....	34
6.6. Aspectos ambientales.....	35

## **Capítulo 7. Metodología**

7.1. El HVS, Muestreador de Altos Volúmenes.....	37
7.2. Instrumentos Activos Portátiles para el muestreo de partículas.....	38
7.3. Método de muestreo.....	39
7.3.1. Muestreo en el Ingenio San Rafael de Pucté.....	39
7.3.2. Muestreo en el poblado de Javier Rojo Gómez.....	41
7.4. Material y equipo.....	43
7.5. Cálculos.....	44

## **Capítulo 8. Resultados**

8.1. Resultado de los muestreos en el ingenio San Rafael de Pucté.....	45
8.2. Resultado de los muestreos en el poblado Javier Rojo Gómez.....	48

## **Capítulo 9. Conclusiones** 52

## **Capítulo 10. Recomendaciones** 54

## **Referencia citada y consultada** 55

## **Web grafía** 56

## **Anexos**

Anexo 1. Croquis del poblado de Javier Rojo Gómez	58
---	----

Fotografías	59
-------------	----

## **Glosario** 62

## Capítulo 1. Introducción

---

### 1.1. Marco teórico

Durante las últimas décadas, la calidad del aire en las principales ciudades del país y sus zonas vecinas ha mostrado una clara tendencia al deterioro.

Del mismo modo, la capacidad de renovación y recuperación del medio ambiente y de los recursos naturales también se ha visto afectada, por lo tanto, la salud de la población muchas veces se encuentra en riesgo o ya ha sido perturbada debido a la presencia de contaminantes del aire ambiente. Uno de estos contaminantes son las partículas suspendidas, ya que representan efectos severos entre la población susceptible (enfermos, niños y ancianos).

Esta problemática que empezó a cobrar importancia con el inicio de la revolución industrial en el siglo XVIII, y que ha ido aumentando hoy en día con los enormes consumos de combustibles fósiles y con el desarrollo de la industria en general, tiene repercusiones tanto a nivel local como regional e internacional, con unas consecuencias difíciles de prever (Vincent, 2004).

Un contaminante atmosférico es cualquier sustancia (química o biológica) que al agregarse al aire puede modificar sus características naturales, por ejemplo el humo, los polvos, los gases, las cenizas, las bacterias, los residuos y los desperdicios. Además de los contaminantes atmosféricos, los contaminantes del ambiente incluyen también a todo aquello que altere sus características naturales, como el calor, la radiactividad y el ruido (Vallejo, 2002).

De acuerdo a la definición de contaminante atmosférico, se puede decir que la contaminación atmosférica se encuentra en cualquier parte, sin embargo lo que hace peligroso a un contaminante es la concentración y el tiempo de exposición, es por ello que en la actualidad se han adoptado medidas para poder medir y calcular estos niveles de contaminantes, una de estas medidas es el uso de la

normatividad, que en algunos casos se establecen métodos de medición y los límites máximos permisibles de exposición siendo las medidas más utilizadas y confiables para la comunicación social y poblacional.

Las medidas de prevención y control de la contaminación atmosférica pasan por un cambio en las materias primas o en los combustibles utilizados, sustituyéndolos por otros menos contaminantes, por un cambio en los procesos de producción o combustión, con mejores rendimientos en unos u otros, o por la instalación de sistemas de depuración previos a la emisión de gases o de partículas (Vincent, 2004).

Sean cuales sean las medidas de prevención y control que se adopten, los gases emitidos arrastrarán una cierta cantidad de contaminantes debido a que la eficiencia de los sistemas de depuración no alcanzan nunca el 100%. Por ello la preservación y el mejoramiento de la calidad del aire son esenciales en la mayor parte de los estudios de contaminación atmosférica, la cual proporciona una clara relación entre emisor y receptor. Tal relación es el objetivo principal de cualquier estudio que se dirija, tanto a mejorar la calidad del aire, como a preservar los niveles de calidad frente a futuros desarrollos urbanos e industriales (Vincent, 2004).

La información y actualización de los niveles de contaminantes son vitales para poder predecir, mitigar y controlar posibles problemas de salud y medio ambiente, no podemos separar un contaminante de otro por que el ambiente abarca todo un ciclo, es un sistema abierto y una cosa lleva a otra, se sabe muy poco sobre el comportamiento de los ciertos contaminantes y en el sector salud esto es un factor importante, es por ello que en las zonas industriales los estudios de exposición a contaminantes son de suma importancia. Hoy en día la normatividad obliga a las

industrias a reducir sus emisiones y el cumplimiento de la misma beneficia tanto a la industria como a la población en general.

En este caso en particular este estudio se limita a determinar a un tipo de contaminante atmosférico en la única industria azucarera del estado de Quintana Roo, las partículas suspendidas totales menores o iguales a 10 micras (PM<sub>10</sub>) ya que representan severos problemas de salud al ser excedidos de acuerdo a las Normas: NOM-025-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM<sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire" y la NOM-010-STPS-1999 que establece las "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral". Con este trabajo se pretende dar a conocer el impacto que tienen las emisiones de PM<sub>10</sub> derivados del Ingenio San Rafael de Pucté hacia el poblado de Javier Rojo Gómez y la exposición laboral que tienen los trabajadores del mismo ingenio durante una jornada laboral en el periodo de zafra y posteriores a ella, además de ser el primer paso para que mas adelante se sigan realizando otros monitoreos para el bienestar de la población y del medio ambiente.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Determinar la exposición a partículas menores o iguales a 10µm (PM<sub>10</sub>) en el Ingenio San Rafael de Pucté y el poblado de Javier Rojo Gómez.

### **1.2.2. Objetivos particulares**

- 1.2.2.1. Determinar la exposición laboral a PM<sub>10</sub> al interior de la industria del Ingenio San Rafael de Pucté.
- 1.2.2.2. Determinar la exposición ambiental a PM<sub>10</sub> en el poblado Javier Rojo Gómez.

### **1.3. Alcance**

Determinar la concentración de  $\text{PM}_{10}$  en el Ingenio San Rafael de Pucté con tres puntos de muestreo dentro de la industria: el área de Batey, calderas y evaporadores con tres muestreos de cada área, teniendo un total de nueve muestreos durante periodo de zafra, los resultados serán comparados de acuerdo a la norma NOM-010-STPS-1999 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”

Determinar la concentración de  $\text{PM}_{10}$  en el poblado de Javier Rojo Gómez, muestreando dos puntos durante el periodo de zafra con dos muestreos cada uno y cuatro muestreos en una zona determinada posterior al periodo de zafra, los resultados serán comparados de acuerdo a la norma NOM-025-SSA1-1993, publicada por el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994 y modificada el 26 de septiembre de 2005.

#### **1.4. Antecedentes**

Los problemas de salud debido a exposición de contaminantes han sido de gran relevancia ya que se han descubierto nuevas patologías tanto en las grandes ciudades como en las pequeñas poblaciones y aunque las fuentes de contaminantes son diferentes, de una u otra manera los estilos de vida, nivel socioeconómico, la marginación, la desnutrición y la falta de acceso a servicios de salud, son agentes que repercuten en la salud.

La península de Yucatán es una zona en donde la agricultura forma parte importante de su economía, por lo tanto las quemadas de los cultivos son actividades cotidianas y comunes entre los pobladores, además de ser una zona en la que la gastronomía de este estado se basa principalmente con el uso de la leña.

Muy en particular del estado de Quintana Roo, se tienen registros de estudios realizados y publicados en la COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) en el 2000, en donde es muy notable que el estado ocupa uno de los primeros lugares en morbilidad por IRAS (Infecciones Respiratorias Agudas) teniendo incidencia sobre las poblaciones más susceptibles como lo son los niños, enfermos y adultos. Según los registros de 1993-2000, se puede observar que los niños menores de cinco años son los más expuestos a factores infecciosos y ambientales, esto es debido a que el sistema de defensa del aparato respiratorio aun no tiene la madurez y capacidad suficiente para protegerlos. La diferencia es que los adultos de 65 años se exponen menos, ya que permanecen más en sus casas.

Existen dos fuentes de contaminación de aire causantes de este tipo de problemas, las provenientes de fuentes móviles y fijas. Las móviles son las que se encuentran en movimiento y las fijas son las que se encuentran establecidas en cierto lugar. Debido a esto, podemos decir que las fuentes fijas repercuten más en un poblado en específico dependiendo de las condiciones ambientales que las fuentes móviles, otro factor que influye es el tiempo de exposición y la concentración a cierto contaminante.

El estado de Quintana Roo se caracteriza por ser un estado con pocas industrias ya que la economía del estado se basa principalmente en el turismo, pero en la zona sur, destaca la existencia del único ingenio presente, el Ingenio San Rafael de Pucté, debido a que en la zona sur, únicamente existe esta industria, no se tienen registros de estudios realizados de ningún tipo y mucho menos de monitoreos.

El azúcar en México tiene una considerable magnitud de mercado, su consumo es generalizado en el ámbito doméstico y tiene una importante demanda en el sector industrial. El azúcar es un producto de consumo básico para la población mexicana, es uno de los cinco productos básicos alimenticios junto con maíz, frijol, trigo y café. Destaca en el consumo del ámbito industrial la industria refresquera, galletera, alcoholera, dulcera y la de alimentos balanceados para alimentación animal. En el país el consumo per capita es de 41 kg anuales, y proporciona el 17% de las calorías que se consumen día a día (Sandoval, 2003).

En México existen varios grupos productores de azúcar que comprenden varios ingenios, uno de ellos es el grupo Beta San Miguel.

Beta San Miguel es el segundo productor de azúcar en México y el primer productor privado del país con una producción en la zafra 2005/2006 de 530,703 toneladas de azúcar, representando el 10.05% de la producción del país. Beta San Miguel produce azúcar de caña en cinco ingenios: Ingenio San Francisco Ameca ubicado en Ameca, Jalisco; Ingenio Quesería ubicado en Quesería, Colima; Ingenio San Rafael de Pucté, ubicado en Javier Rojo Gómez, Quintana Roo; Ingenio San miguel del Naranjo ubicado en el Naranjo, San Luís Potosí; e Ingenio Constancia ubicado en Tezonapa, Veracruz. El Ingenio San Rafael de Pucté recibe su materia prima de 2,707 cañeros que son ejidatarios o pequeños propietarios de 22,850 hectáreas. Emplea 384 personas de la región de forma permanente durante la época de zafra y 276 personas durante la época de reparación.

<http://www.bsm.com.mx/home.htm>

El problema que presentan la mayoría de las zonas cañeras y en específico la zona cañera de la rivera del río hondo, es la manera en la que se hace el corte de caña, ya que primero se quema la zona a cosechar para que el corte de caña sea mas sencillo y poder ahuyentar animales de la zona, y posteriormente se corta la caña que de alguna manera se encuentra cocida, es por eso que algunas veces las quemadas se salen de control provocando incendios forestales y contaminantes atmosféricos, en específico de partículas, esta es una practica muy común en la rivera del río hondo y es un problema muy notorio por que representan una fuente más de contaminantes atmosféricos pero muy en particular de partículas, además de que afectan principalmente a las poblaciones cercanas a estas fuentes emisoras, provocando efectos de morbilidad.

## **Capítulo 2. Marco legal**

---

Como una medida de control, la legislación es primordial para garantizar la salud pública, con ello se debe expedir listados de contaminantes con los límites máximos permisibles con la finalidad de beneficiar a la población y al ambiente en general, además de que continuamente la legislación se debe renovar.

### **2.1. Ley general de salud**

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 1984, y modificada el 9 de mayo de 2007, en donde el Artículo 1º hace referencia al derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del Artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, “establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general. Es de aplicación en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social”. La Ley General de Salud contempla el establecimiento de normas, medidas y actividades inclinadas a la protección a la salud humana ante los riesgos y daños que representa el deterioro ambiental; así como la determinación de valores de concentración máxima de los contaminantes en el ambiente para el ser humano.

### **2.2. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 28 de enero de 1988 y modificada el 13 de Diciembre de 1996; en el título primero, capítulo I, Artículo 1º, garantiza el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar: capítulo VI, la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo; Título cuarto, capítulo II: prevención y

control de la atmósfera, en donde habla de manera extensa de la expedición de las normas aplicables en cuanto a prevención y control atmosférico, al igual que de los límites máximos permisibles aplicables.

#### **2.4. Normatividad en materia de contaminación atmosférica por partículas**

Las normas de calidad del aire establecen las concentraciones máximas de contaminantes en el ambiente que no debieran ser excedidas con determinada frecuencia, a fin de garantizar la protección de 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.

En México se norman los siguientes contaminantes atmosféricos: bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM<sub>10</sub>) y plomo (Pb).

Al igual que en otros países, en México se han desarrollado índices de contaminación que son entendidos más fácilmente. En nuestro país se usa el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), según el cual la concentración que señala la Norma de Calidad del Aire para cada contaminante le corresponde a 100 puntos IMECA.

**2.4.1. NOM-010-STPS-1999 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”.** Publicada el 8 de julio de 1994 en el Diario Oficial de la Federación. La NOM-010-STPS-1999 en su apéndice 1, contiene una tabla con el listado de los límites máximos permisibles de exposición a contaminantes del medio ambiente laboral, especificando a los polvos respirables con un límite máximo permisible de 3mg/m<sup>3</sup>. Los valores de la tabla están calculados para condiciones normales de

temperatura y presión, y para una jornada laboral de 8 horas diarias y 40 horas a la semana.

La NOM-010-STPS-1999 es aplicable al tipo de muestreo que se realizó, debido a que los trabajadores del Ingenio San Rafael de Pucté, están expuestos a contaminantes en su medio ambiente laboral, un ejemplo de ello es el bagazo, resultado del proceso de producción del azúcar, sin embargo, es por ello que es importante realizar estudios que demuestren la exposición que tienen los trabajadores a este tipo de contaminantes, debido a que si se sobre pasan los límites permisibles, estos traerían problemas de salud entre los obreros.

**2.4.2. NOM-025-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros  $\text{PM}_{10}$  y partículas menores de 2.5 micrómetros  $\text{PM}_{2.5}$  de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.** Publicada el 23 de diciembre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación, y modificada el 26 de septiembre de 2005, en donde establece el valor máximo permisible para la concentración de partículas iguales o menores a 10 micras en el aire ambiente. Esta norma indica que la concentración de partículas iguales o menores de 10 micras, como contaminantes atmosféricas, no debe rebasar el límite permisible de  $120\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en 24 horas una vez al año y  $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

**2.4.3 NOM-035-SEMARNAT-1993 "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"** Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993,

estableciendo el método de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición, es por ello que el equipo utilizado en este muestreo es el correcto de acuerdo a la norma, para fines de determinación de partículas suspendidas totales (PST).

## Capítulo 3. La industria Azucarera

---

La quema de caña antes y durante la producción de azúcar es una práctica agrícola generalizada en todo el país. Esto genera emisiones a la atmósfera, principalmente de PST y monóxido de carbono, dependiendo de las condiciones locales y técnicas de quema esta actividad pueden tener incidencia en la salud humana.

### 3.1. Características de las regiones cañeras en México.

La caña se aprovecha para la producción de azúcar, como fruta, forraje y para la producción de piloncillo o panela.

La caña de azúcar se produce en diversos, climas, suelos y condiciones culturales en 14 regiones en 15 entidades federativas del país.

El cultivo que se encuentra en el estado de Quintana Roo, se sitúa entre los  $37^\circ$  de latitud norte y los  $31^\circ$  de latitud sur. Se encuentra en las costas del Océano Pacífico y del Golfo de México, en el sur del estado y comprende una faja transversal sobre el paralelo de los  $19^\circ$  de latitud norte (Sandoval, 2003).

**Figura 1.** Estados productores de caña de azúcar en México.



Fuente: Sandoval, 2003

### **3.2. Relevancia Económica y Social a nivel Nacional**

La agroindustria azucarera es una actividad relevante para la economía nacional, según los recursos que absorbe en el proceso laboral y de comercialización, por el valor de su producción y por el tipo de consumo que experimenta su producto final.

La caña de azúcar al lado del café, naranja, plátano, alfalfa, coco y maguey, figura como uno de los principales cultivos perennes del país. Los campos cañeros se encuentran distribuidos en 15 estados de la República: Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.

México es uno de los diez países con mayor superficie cosechada y producción de caña de azúcar a nivel mundial.

La agroindustria cañera genera 300 mil empleos directos, distribuidos en las figuras de productores primarios directos, jornaleros, obreros fabriles y empleados de confianza. La mayor proporción de los empleos directos se ubican en el ámbito rural, 74%. Se estima que más de 3 millones de personas dependen directa o indirectamente de la agroindustria cañera (Sandoval, 2003).

### **3.3. Características del Ingenio San Rafael de Pucté**

#### **Personal:**

El Ingenio recibe su materia prima de 2,621 cañeros que son ejidatarios o pequeños propietarios de 22,299 hectáreas. Emplea 410 personas de la región de forma permanente durante la época de zafra y 262 personas durante la época de reparación. <http://www.bsm.com.mx/ingenios.htm>

**Producción:** El Ingenio molió durante la zafra 2006-2007 1, 455,817 toneladas de caña. Se recibieron diariamente 550 camiones cargados con caña. Su capacidad de molienda es de 10,000 toneladas de caña por día.

<http://www.bsm.com.mx/ingenios.htm>

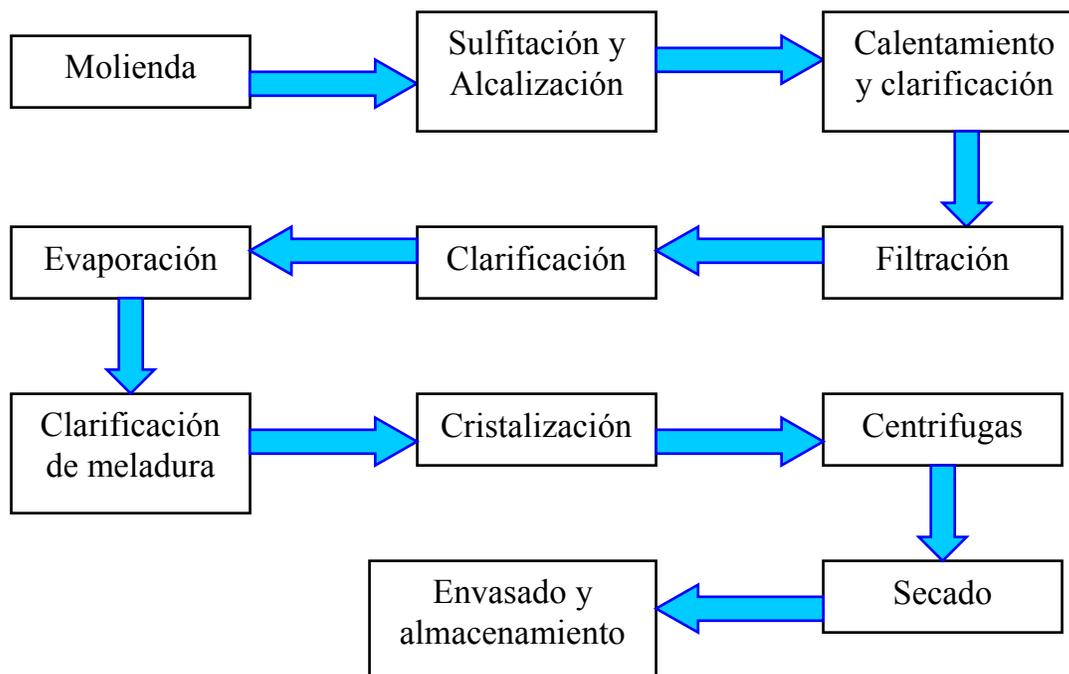
### 3.4. Proceso de producción de caña de azúcar

Una vez cortada la caña, es alzada mecánicamente o manualmente y transportada en camiones para posteriormente poder pesarlo.



Fotografía 1. Pesado de la caña

Diagrama 1. Proceso de producción del azúcar en el Ingenio San Rafael de Pucté



- **Molienda.**

La caña es preparada en los conductores por medio de dos juegos de cuchillas y una desfibradora que corta la caña para facilitar su molienda y extracción de jugos.



**Fotografía 2.** Molido de la caña.

La caña cortada y desfibrada es recibida por una banda (banda rápida), donde posteriormente es transportada al área de molinos y se extrae el jugo para la posterior elaboración de azúcar.

El jugo extraído es colado y separado del bagacillo que se obtiene con el jugo, posteriormente se reintegra el bagacillo al molino para ser triturado nuevamente.

El jugo es enviado a básculas, en donde se cuantifica el jugo extraído para conocer la cantidad a procesar.

- **Sulfitación y alcalización.**

El jugo después de pesado es bombeado a las torres de sulfitación, en donde reacciona con el agua del jugo para formarse un ácido sulfuroso, que reacciona con algunas sustancias que colorean al azúcar, esto es para eliminar gran parte del problema del color del azúcar, no así el de cenizas.

Posteriormente se efectúa la adición de cal por medio de una lechada para neutralizar su acidez y ayudar a la separación de los sólidos presentes.

- **Calentamiento y clarificación.**

Después de adicionar la cal; el jugo es bombeado a calentadores. Al jugo caliente se le adiciona floculante y se envía a los clarificadores donde se logra la separación de los sólidos disueltos no azucarados floculados y posteriormente éstos se precipitan por gravedad en forma de un lodo llamado cachaza. El jugo que se clarifica es limpio y brillante, a este jugo se le conoce como jugo clarificado y es enviado al proceso de evaporación.

- **Filtración**

Los Lodos o Cachaza contienen Azúcar y para retirárselas se someten a un proceso de filtración al vacío. El jugo extraído en los filtros se mezcla con cal y luego se envía a los clarificadores de jugo filtrado donde se le inyecta aire en pequeñas partículas que hacen flotar los sólidos disueltos en el jugo, éste se separa y posteriormente se mezcla con la cachaza que sale de los clarificadores.



**Fotografía 3.** Filtros de cachaza

- **Evaporación.**

El jugo clarificado posee un contenido alto de agua, la cual es indispensable retirar.

El jugo claro pasa al departamento de evaporación donde se cuenta con pre- evaporadores y evaporadores; en estos vasos se evapora gran parte del agua que contiene el jugo claro hasta que los sólidos representen el 65% del total del material que ahora se denomina “meladura”. La Meladura que se produce en el departamento de evaporación es usada para llevar a cabo la primera cristalización conocida como masa de “A” conjuntamente con el fundido de “B”.

- **Clarificación de meladura.**

La Meladura que sale de los evaporadores se clarifica para obtener un material más claro y brillante. Esto se obtiene en la clarificación de meladura o proceso de clarificación donde la meladura se mezcla con ácido fosfórico, sosa y floculante para luego ser enviada al clarificador de meladura donde se le inyecta aire en pequeñas partículas que hacen flotar los sólidos en forma de espuma, esta se retira y se mezcla con el jugo alcalizado.



**Fotografía 4.** Clarificador de meladura

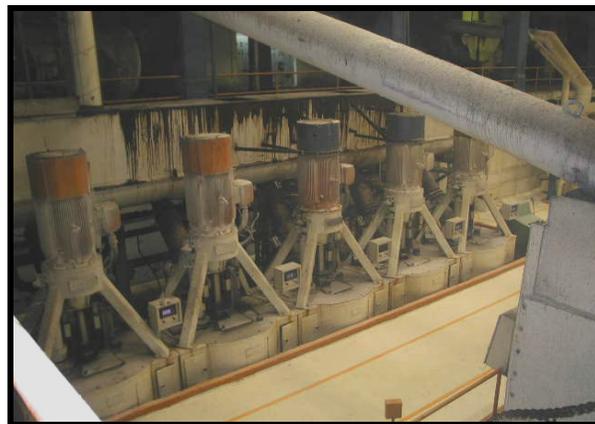
- **Cristalización.**

Los tachos son unos aparatos similares a los cuerpos de los evaporadores, están formados por vasos y calandrias, la diferencia estriba en que estos trabajan al vacío. Los tachos están compuestos por un condensador de contacto directo similar al usado en los meladores (último cuerpo de los evaporadores) y que forman vacío al estar condensando el vapor. Los tachos son alimentados con Meladura, el proceso de elaboración de simple efecto es debido a que a medida que se va concentrando la meladura, se acerca al punto donde se producen los primeros cristales de Azúcar; pero este punto del proceso debe ser controlado bajo rangos de concentración, temperatura, vacío, etc.

- **Centrifugado.**

La masa de los tachos se envía a las centrifugas donde se separa la miel de los cristales de Azúcar. Para obtener Azúcar mas blanca, dentro de las centrifugas se aplica agua caliente para eliminar residuos de miel en los cristales de Azúcar.

Las centrifugas están formadas por una canasta y cuenta con telas y entretelas con pequeñas perforaciones de manera que al ir adquiriendo su máxima velocidad el material que no cristaliza y que por consiguiente se encuentra en fase líquida por efecto de la fuerza centrífuga pasa a través de los orificios de la tela y por su mayor tamaño el cristal es retenido.



**Fotografía 5.** Centrifugas

- **Secado.**

El Azúcar húmeda que sale de centrifugas (0.90% de humedad) se transporta por elevadores y bandas para alimentar al secador. El secador es un tambor rotativo inclinado en el cual el Azúcar se coloca en contacto directo con el aire caliente que entra a contracorriente. El aire se calienta con vapor en un intercambiador tipo radiador y se introduce al secador con ventiladores. El Azúcar seca sale por extremo opuesto del secador, donde está instalada una malla clasificada (criba) para remover los terrones de Azúcar u otro tipo de material.

Antes que el azúcar seca llegue a la criba pasa a través de una serie de imanes para capturar el material ferroso que contenga el azúcar.

- **Envase y almacenamiento.**

El Azúcar seco es transportado por un elevador y bandas hacia los 2 silos de almacenamiento cuya capacidad son de 600 toneladas. El Azúcar seco que se encuentra almacenado en los silos pasa al proceso de envase donde se empaca en las diferentes estilos de presentación (a granel y sacos de 1500 Kg.) según las necesidades. El Azúcar, finalmente es almacenado por lotes de producción para su posterior comercialización.

- **Otros procesos.**

Es conveniente señalar que el proceso de fabricación de Azúcar necesita de servicios de apoyo como son:

- Calderas: para la generación de vapor.
- Planta Eléctrica.
- Tratamientos de Agua.
- Torres de Enfriamiento.

### 3.5. Contaminación Ambiental de los Ingenios Azucareros

Los ingenios como toda industria, generan cantidades de residuos en sus procesos productivos, tanto residuos sólidos, líquidos y gaseosos (emisiones a la atmósfera), como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de contaminante	Carga de Contaminante
Partículas	20 Kg. /tonelada de producto
Sólidos suspendidos	3.9 Kg. /tonelada de producto
Aguas residuales	28.6 m <sup>3</sup> /tonelada de producto
DBO	2.6 Kg. /tonelada de producto

Fuente: Dellinger en CEPIS. Guía rápida de Evaluación de Impacto Ambiental.

#### Fuentes de Contaminación:

- Grasas y aceites empelados para lubricar
- Aceites dialéctricos gastado
- Aguas de enfriamiento (transmisión de potencia en molinos)
- Aguas de enfriamiento (condensadores)
- Residuos celulósicos (bagazo)
- Productos químicos (Bactericidas, Floculantes, Anti-incrustantes, etc.)
- Lodos de proceso (cachaza diluida)
- Hidróxido de calcio “cal” (Tiraderos)
- Excesos de SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>
- Carbón activado
- Purgas de calderas
- Desbalances de materia y energía (calor)
- Polvos de azúcar
- Gases de combustión
- Sanitarios

Fuente: Figueroa, 2003.

## Capítulo 4. La contaminación atmosférica

---

La contaminación atmosférica se define como la presencia de sustancias en el aire, en cantidades que pueden ser perjudiciales para la vida, afectar estructuras, materiales y ocasionar cambios en las condiciones meteorológicas o climáticas (Vallejo, 2002).

A lo largo de su existencia, el ser humano ha propiciado el deterioro del ambiente por la contaminación atmosférica. Las actividades que producen emisión de contaminantes atmosféricos incluyen desde el uso de fogatas y la combustión de madera hasta la industrialización y urbanización de las grandes ciudades.

### **Clasificación y Fuentes de los contaminantes atmosféricos**

La SEMARNAT emite una serie de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y menciona una clasificación de los contaminantes atmosféricos según sus fuentes: las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes fijas (como por ejemplo, la industria química, la industria del vestido, la industria mineral metálica, etc.) y fuentes móviles (como por ejemplo, autos particulares, camiones, etc.); dichas normas están dirigidas a restringir a ciertos niveles las emisiones de óxidos de azufre, óxido de nitrógeno, partículas, compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono.

Los contaminantes atmosféricos se clasifican por su origen en primarios y secundarios. Los contaminantes primarios están en la atmósfera tal y como fueron generados por procesos naturales o por actividades del ser humano, son ejemplos el monóxido de carbono (CO) y el bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Los contaminantes secundarios son los que se forman en la atmósfera por reacciones químicas o fotoquímicas en las que intervienen contaminantes primarios, por ejemplo el ozono ( $\text{O}_3$ ) y los sulfatos.

Se han identificado una gran cantidad y variedad de contaminantes. Aquéllos con efectos sobre la salud y para los que se han definido normas de concentraciones permisibles en la atmósfera.

Éstos son: el ozono (O<sub>3</sub>), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el plomo (Pb), las partículas suspendidas totales (PST) y las partículas menores de 10 micrómetros de diámetro (PM<sub>10</sub>). (Vallejo, 2002).

#### **4.2. Exposición a contaminantes atmosféricos**

La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica, de acuerdo al período de exposición y a la concentración de contaminantes. La exposición aguda es una exposición a concentraciones elevadas de contaminantes y de corto tiempo, como es el caso de un medio ambiente laboral y que puede ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano. Por otra parte, la exposición crónica involucra exposiciones de largo plazo a concentraciones relativamente bajas de contaminantes como es el caso de una población expuesta a una emisión de cierto contaminante debido a una industria. En estas circunstancias, los contaminantes van ocasionando daños a la salud humana como respuesta a factores acumulados, interactuantes y recurrentes.

Varias investigaciones describen un incremento en la mortalidad total (no incluye muertes accidentales) asociada con la exposición a partículas, entre otros contaminantes, lo cual ocurre principalmente en individuos con padecimientos cardiovasculares y/o respiratorios. El incremento de la mortalidad en estos grupos ocurre entre uno y cinco días después de una exposición peligrosa.

La morbilidad también está asociada con la exposición aguda a los contaminantes. Las enfermedades del tracto respiratorio superior e inferior, bronquitis, neumonía y enfermedades pulmonares obstructivas, son un ejemplo de la morbilidad asociada a la exposición aguda.

Los efectos a la salud debidos a una exposición crónica a contaminantes atmosféricos se conocen menos, sin embargo son similares a los reportados para una exposición aguda. Existen reportes que indican un incremento en la mortalidad, principalmente en individuos de la tercera edad con padecimientos respiratorios y cardiovasculares. El incremento de enfermedades respiratorias (como la bronquitis) se reporta como una consecuencia de la exposición crónica (COFEPRIS).

### **4.3. Efectos en la salud humana**

Los efectos nocivos de las partículas suspendidas no se limitan al aparato respiratorio, sino que pueden dañar otros aparatos y sistemas como el sistema cardiovascular. Los efectos pueden ser inmediatos o presentarse después de varios días de exposición a esos contaminantes.

El nivel de riesgo individual está determinado por diversos factores que incluyen: la predisposición genética, edad, estado nutricional, presencia y severidad de condiciones cardiacas y respiratorias, y el uso de medicamentos; así como la actividad y el lugar de trabajo. En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de 5 años, las personas de la tercera edad (mayores de 65 años), las personas con enfermedades cardiacas y respiratorias y los asmáticos (COFEPRIS, 2000)<sup>1</sup>.

Los daños a la salud inducidos por las partículas han sido estudiados en muchos países y los resultados obtenidos en todos ellos son consistentes y coherentes entre sí. Uno de los efectos más importantes, como es la mortalidad asociada a la exposición a partículas, se describió desde 1952 en los estudios realizados en la ciudad de Londres.

Un estudio relacionado con la contaminación por PST indica que el riesgo a morir aumenta en un 6% por cada 100 µg/m<sup>3</sup> de incremento de PST.

---

<sup>1</sup> COFEPRIS: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

Un estudio realizado en adultos mayores de 65 años de la ciudad de México, encontró que con un incremento de  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  estuvo relacionado con 2.9% de incremento en la mortalidad cuando las personas eran atendidas en una unidad médica en comparación con 4.1% cuando no lo eran, con valores rezagados de 3 días. En todos estos estudios los efectos más importantes se observan de 3 a 5 días después de la exposición.

Otro estudio realizado en la Ciudad de México para determinar los índices de morbilidad, demostró que el incremento de  $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  aumentó en 8% la sintomatología de vías respiratorias bajas en niños asmáticos de 5 a 13 años (NOM-025-SSA1-1993).

## Capítulo 5. Partículas Suspendidas Totales (PST).

---

El nombre de partículas suspendidas se refiere a una diversidad de sustancias que existen en forma de material sólido o líquido finamente particulado con un amplio intervalo de tamaño (0.005  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ ), suspendido en el aire. Pueden ser emitidas directamente a la atmósfera (partículas primarias) o formarse por la transformación de emisiones gaseosas (partículas secundarias) como los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. (NOM-025-SSA1-1993).

Las partículas suspendidas totales menores a 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) son producto de una gran cantidad de procesos naturales o antropogénicos y consecuentemente el riesgo que constituyen, depende de algunas de sus múltiples características. Se les considera capaces de bloquear los mecanismos de defensa del aparato respiratorio a nivel de vías aéreas superiores y alveolos.

Se asocian con mucha frecuencia con elementos ácidos con los que se sinergiza su efecto dañino potencial y finalmente pueden acarrear elementos biológicos que van desde pólenes hasta bacterias, hongos y virus.

Las partículas menores a 10 micrómetros son causantes de varios efectos, entre ellos destacan la reducción de la visibilidad y los daños a la salud, estas partículas tienen un efecto directo como lo es: irritación de las membranas mucosas (ojos, nariz y garganta), dolores de cabeza, alergias sobre el aparato respiratorio adsorbiendo agentes microbiológicos (virus, bacterias, hongos, pólenes, etc.) en su superficie y los transportan al pulmón dependiendo del tamaño de la partícula que se van depositando en diferentes regiones, ya sea en tracto respiratorio, donde finalmente son absorbidos y pasan a otros órganos, esto depende de la composición de estas partículas. La contaminación de partículas puede causar a

corto y largo plazo disminuciones de la función pulmonar, lo cual contribuye a la presencia de enfermedades crónicas.

<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnparticulas.htm>

Las partículas pueden tener una composición físico-química homogénea o estar constituidas por diversos compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los componentes orgánicos se encuentran: fenoles, ácidos, alcoholes y material biológico (polen, bacterias, protozoarios, virus, hongos, esporas y algas). Entre los compuestos inorgánicos se encuentran nitratos, sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados (fierro, plomo, manganeso, zinc o vanadio) y elementos derivados de pesticidas y plaguicidas.

<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnparticulas.htm>

En las partículas en general, es decir, en el polvo, encontramos partículas inertes, formadas por residuos orgánicos e inorgánicos y partículas vivas, constituidas principalmente por granos de polen, bacterias y esporas y, en menor grado, algas, huevos de insectos, semillas, etc.

### **5.1. Clasificación**

Usualmente se clasifican, atendiendo al proceso de formación, en: primarias, que son el resultado directo de procesos físicos o químicos peculiares de la fuente emisora, y secundarias, que son aquellas que se producen a partir de reacciones químicas en la atmósfera. (Vallejo, 2002)

### **5.2. Tamaño**

El tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad. Las partículas que miden más de 10 micrómetros se retienen básicamente en las vías respiratorias superiores, las que miden menos de 10 micrómetros predominan en la fracción respirable y penetran hasta el espacio alveolar del pulmón y no

deben rebasar el límite máximo permisible de 120 micrómetros por metro cúbico de aire ( $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ) una vez al año, en veinticuatro horas y 50 microgramos sobre metro cúbico de aire promedio aritmético anual. (NOM-025-SSA1-1993)

Las partículas menores de 10 micrómetros tienen un efecto indirecto sobre el aparato respiratorio, pues adsorben agentes microbiológicos (virus, bacterias, hongos, pólenes, etc.) en su superficie y los transportan al pulmón. (NOM-025-SSA1-1993)

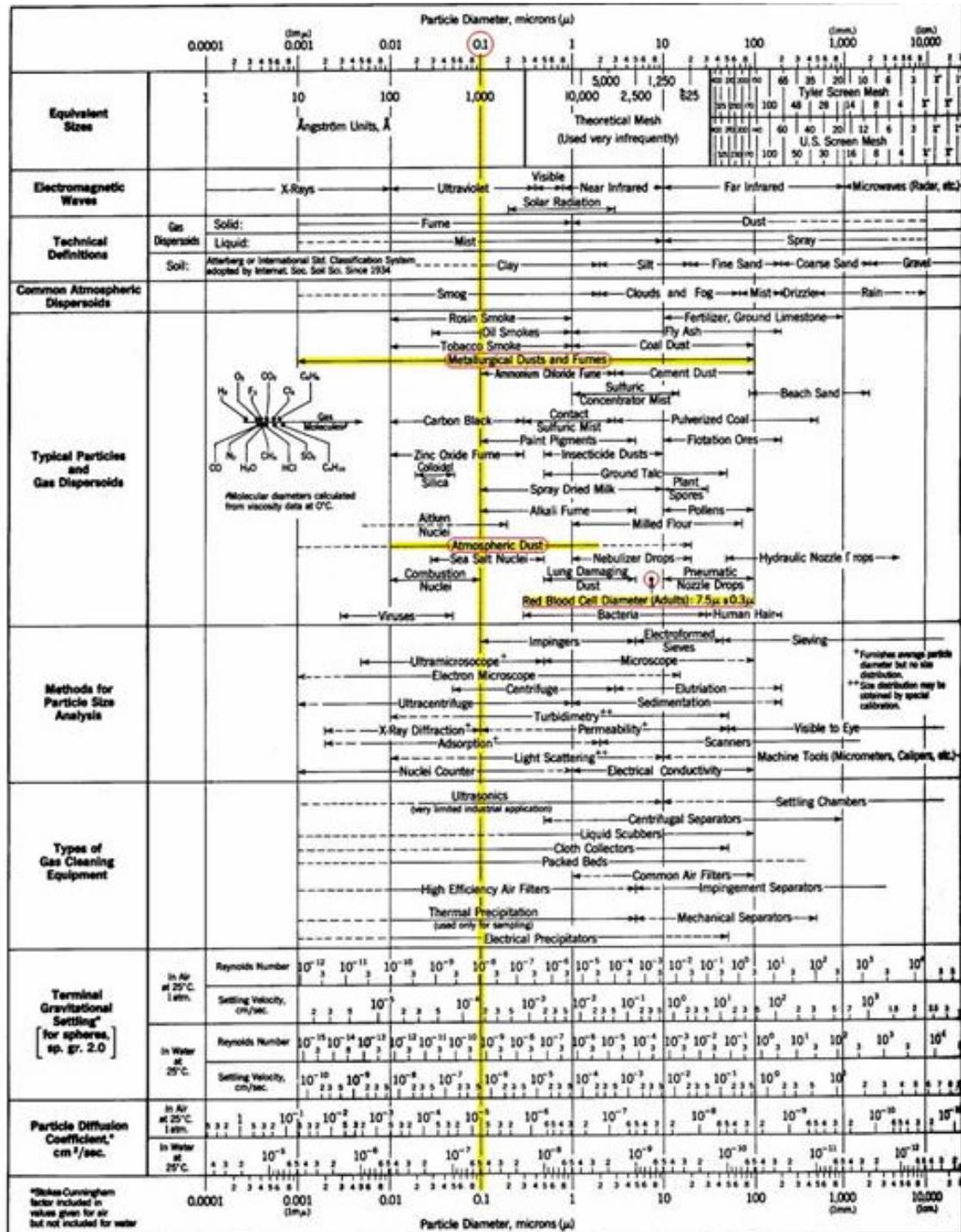
El concepto tamaño de una partícula requiere alguna consideración. El tamaño de una partícula es susceptible de expresarse en función de su diámetro físico o geométrico, o bien en términos de un diámetro equivalente referido a una propiedad óptica, eléctrica o aerodinámica; la tabla 1 muestra los tamaños de los diámetros geométricos de esferas equivalentes de las partículas más comunes.

La clasificación por tamaños tiene especial interés para conocer la capacidad de dispersión o transporte. Según este criterio, se distinguen dos tipos de partículas:

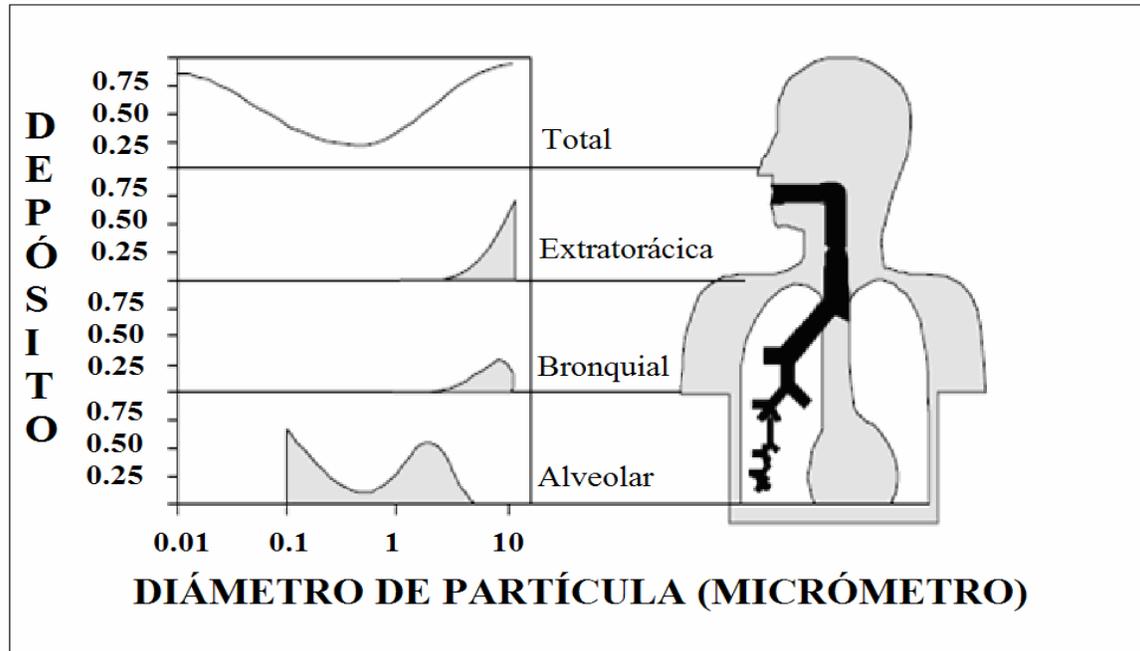
- Partículas sedimentables, que son aquellas que tienen un diámetro comprendido entre 5 y  $100\mu$  e incluso mayores, y que alcanzan el suelo más o menos lejos de su fuente de emisión, según su tamaño.
- Partículas en suspensión o aerosoles, que presentan diámetros inferiores a  $5\mu$ .

La fracción de partículas aerotransportadas que son inhaladas por el cuerpo humano, dependen de las propiedades de las partículas, del movimiento del aire alrededor del cuerpo, velocidad y dirección, patrón de respiración y si ésta se lleva a cabo por la nariz o por la boca. Estas partículas inhaladas pueden depositarse en el tracto respiratorio o exhalarse, como se muestra en la figura 1, la probabilidad depende de una gran cantidad de factores y varía de una persona a otra. Sin embargo, es posible definir valores típicos promedio de depósito de partículas en el tracto respiratorio de acuerdo a sus diámetros.

Tabla 1. Diámetro de partículas, micras (µ).



Fuente: Layola, 1981



**Figura 1.** Deposito de partículas en el tracto respiratorio de acuerdo a su diámetro.

Fuente: Martínez, 1997

### 5.3. Forma

La forma de la partícula casi define la fase física que presentan. En la mayoría de los casos la forma es esférica cuando las partículas son líquidas. Sin embargo, las partículas sólidas poseen formas muy variables, rectangulares, astilladas, fibrilares, raramente esféricas. (Walk, 1992)

### 5.4. Actividades industriales potencialmente contaminantes del aire

Las actividades industriales que de un modo u otro contaminan la atmósfera, son muchas, y el análisis de los contaminantes emitidos por cada uno de los procesos industriales es extraordinariamente complejo, por lo que únicamente se indicaran algunos procesos industriales que pueden afectar directa o indirectamente al medio ambiente.

- Siderurgia

- Industria química
- Industria textil
- Industrias de alimentos
- Industrias de la celulosa
- Industrias aeronáuticas y electrónicas
- Industrias del cemento
- Industria del petróleo
- Industria farmaceutica

### **5.5. Fuentes de contaminantes por partículas**

Existen dos fuentes de contaminación por partículas, las fuentes naturales y las antropogénicas. Las fuentes naturales son las que resultan por actividades naturales como por ejemplo; erupciones volcánicas, levantamiento de polvo debido a corriente de aire, etc. y las fuentes antropogénicas son las que son derivadas de actividades humanas como por ejemplo emisiones procedentes del uso de combustibles, emisiones urbanas, industriales, incendios, etc.

## Capítulo 6. Descripción del área de estudio



**Imagen 1.** Ingenio San Rafael de Pucté

### **6.1. Localización:**

El ingenio San Rafael de Pucté, al igual que el poblado de Javier Rojo Gómez, se encuentra entre los ejidos de Pucté y Álvalo Obregón, 63 Km. al sur de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México, cerca de la frontera con Belice.

<http://www.bsm.com.mx/ingenios.htm>

### **6.2. Orografía:**

En el extremo del municipio de Othon P. Blanco destaca la Meseta Baja de Zoh - Laguna, en donde se presentan altitudes de 300 metros, que son las mayores que hay en Quintana Roo. Esta zona elevada está separada de la zona de planicie por bruscos escalones que corresponden a líneas de falla. En la zona de planicie, la más extensa del municipio, se encuentra un gran número de áreas deprimidas denominadas "bajos", en las que se forman las "aguadas". Además de que el suelo esta formado por terrenos calcáreos los cuales son los mejores desde el punto de vista avícola en la región. <http://www.opb.gob.mx/municipio/ubicacion.htm>

Las instalaciones del Ingenio San Rafael de Pucté S.A.DE C.V. (Beta San Miguel) de Quintana Roo, se localizan en la provincia geológica Plataforma Yucatán-Campeche. La composición geológica de la península de Yucatán consiste de

calizas (carbonatos autigénicos y anhidritas) precipitadas desde el cretácico, hasta el mioceno.

### **6.3. Hidrografía:**

La roca caliza que forma el sustrato geológico del municipio Othon P. Blanco de impide, en gran medida, la formación de escurrimientos y cuerpos de agua superficiales, debido a que este material presenta una alta permeabilidad. Aún así, se observan dos ríos permanentes, el río Hondo, frontera con Belice, y el río Escondido. Existen buen número de escurrimientos que se pierden por infiltración; muchos de ellos culminan en terrenos deprimidos sujetos a inundación, a los que se da el nombre de aguadas.

<http://www.opb.gob.mx/municipio/ubicacion.htm>

### **6.4. Clima:**

En general, el clima del municipio es cálido subhúmedo con régimen de lluvias de verano, pero las variaciones que existen en las precipitaciones totales anuales en distintos puntos de la superficie municipal hacen que se presenten tres subtipos de este clima.

El subtipo más húmedo se encuentra en dos zonas aisladas; en la costa y el este del municipio; y a lo largo de la frontera con Guatemala y Belice, en el extremo sur del territorio municipal. Allí la precipitación llega a los 1,500 milímetros. Existen dos pequeñas porciones del subtipo menos húmedo, en donde la precipitación anual es poco más de 1,000 milímetros, con una temperatura media anual de 25 a 27 °C. <http://www.opb.gob.mx/municipio/ubicacion.htm>

### **6.5. Demografía**

El poblado Javier Rojo Gómez tiene una población aproximadamente de 2,873 habitantes con un crecimiento poblacional bajo.

El municipio Othon P. Blanco cuenta con una extensión territorial de 18, 760 Km<sup>2</sup> y una población de 213,303 habitantes, la densidad poblacional es de 11.37 habitantes por Km<sup>2</sup> y el crecimiento de la población tuvo una tasa anual promedio 2000-2005 de 4.7% contrastando con el crecimiento nacional de solo 1%.

<http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx>

## **6.6. Aspectos ambientales**

El uso de bagazo de caña para alimentar las calderas y generar con ello la energía que consume el Ingenio San Rafael de Pucté S.A. DE C.V. (BETA SAN MIGUEL), produce humo que emana constantemente de dichas calderas aumentando cuando éstas tienen algún mal funcionamiento, sin embargo, se cuenta con un control estricto de emisiones a la atmósfera controlado por paraklones<sup>MR2</sup>, además de tomar en cuenta el transporte de caña y productos terminados, lo que genera contaminación al aire.

La contaminación del suelo se genera por acumular en la corteza terrestre, residuos líquidos o sólidos que contengan organismos patógenos, detergentes, metales pesados, sustancias orgánicas tóxicas, solventes, grasas, aceites, fertilizantes y plaguicidas.

---

<sup>2</sup> MR. Marca Registrada por proveedores del Ingenio San Rafael de Pucté

## Capítulo 7. Metodología

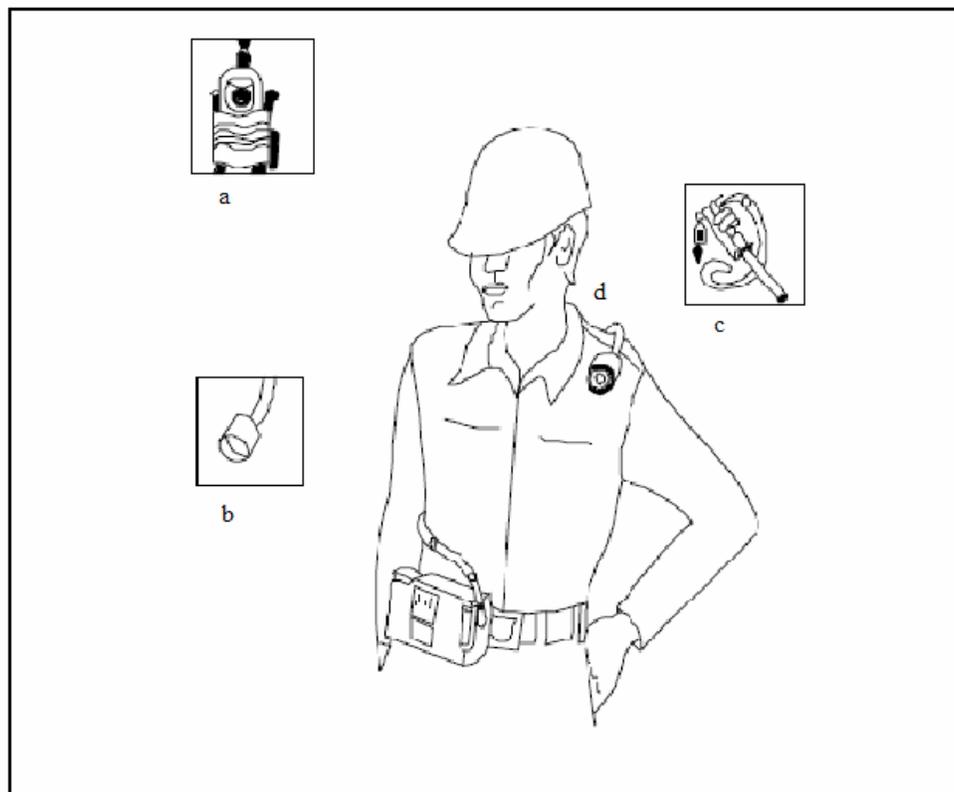
---

### 7.1. Instrumentos Activos Portátiles para el muestreo de partículas

Al igual que el muestreo de gases, existen instrumentos portátiles para determinar la exposición personal de los individuos en su ambiente de trabajo o en microambientes. Entre estos tenemos:

- Los muestreadores de polvo respirables (Muestreador de aire personal).
- Los impactores en cascada personales.
- Ciclones personales.
- Casetes con filtro.

**Figura 3.** Muestreador de aire personal



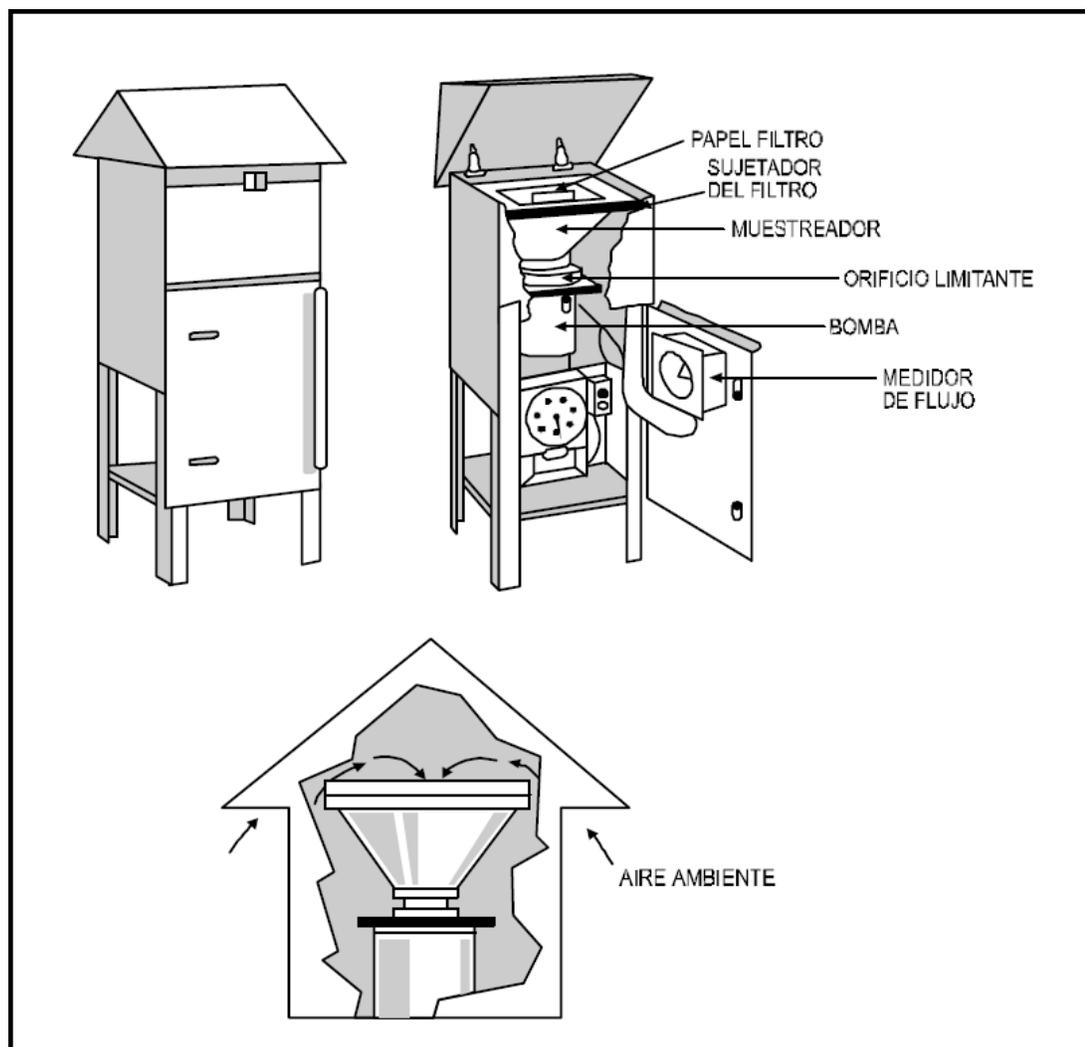
En el lado izquierdo se observa un casete con filtro abierto (a) y un impactor tipo cascada (b), un muestreador de polvo respirable (c) y en el hombro un casete con filtro, cerrado (d).

## 7.2. El HVS, Muestreador de Altos Volúmenes

En este método de muestreo el aire es obligado a pasar por un filtro de baja resistencia (generalmente de fibra de vidrio o celulosa), con un flujo cerca de  $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$ . (aprox.  $2\,000 \text{ m}^3/\text{día}$ ). La entrada al ducto y el medio de colección miden alrededor de  $25 - 30 \text{ cm}$ .

Consta básicamente de una bomba de vacío, marco de sujeción del filtro, empaques, un adaptador del marco, un registrador del flujo (o un dispositivo de medición del flujo en general) y un controlador de tiempo. Todo esto se halla cubierto con una coraza de protección como se muestra en la figura.

**Figura 2.** Muestreador de altos volúmenes con diagrama de partes.



En todos estos equipos es muy importante la calibración del dispositivo para medir el flujo y el acondicionamiento del filtro antes y después de ser expuesto al muestreo. Estos filtros ya acondicionados por lo menos por 24 horas, se pesan en una microbalanza bajo condiciones estables de temperatura (entre 20 y 25 °C) y humedad relativa (entre 40 y 45%).

La concentración de la masa de las PST se calcula por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y el total del flujo de aire. También se recomienda acondicionar otro filtro igual.

### **7.3. Método de muestreo:**

#### **7.3.1. Muestreo en el Ingenio San Rafael de Pucté:**

Para este tipo de muestreo, no existe una norma que establezca una metodología, sin embargo existen varios equipos a seleccionar dependiendo del tipo de contaminante.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la norma NOM-025-SSA-1993. "Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM<sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire". Publicada el 23 de diciembre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación, y modificada el 26 de septiembre de 2005 en donde establece el valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente.

Los muestreos se llevaron a cabo mediante el equipo de muestreo de aire personal marca SKC, previamente calibrado con un rotámetro, dichos muestreos se realizaron del día 8 al 11, 14 y 15 de mayo, de 2008.

Se realizó un recorrido en la planta del Ingenio San Rafael de Pucté con el objetivo de identificar las áreas con mayor exposición a PM<sub>10</sub> y se identificaron

tres áreas de mayor exposición como lo son “Batey”, “Calderas” y “Evaporadores” y posteriormente se llevaron a cabo las mediciones en un lapso aproximado a una jornada laboral. Las jornadas laborales de los trabajadores del Ingenio son de tres turnos van desde 6:00am a 2:00pm, 2:00pm a 10:00pm y 10:00pm a 6:00am, por lo que se seleccionó el turno de 6:00am-2:00pm debido a las condiciones ambientales y la facilidad de llevar a cabo dichos muestreos.

Para la realización de los muestreos se utilizaron filtros de celulosa con diámetro  $1.0\ \mu\text{m}$ , y almohadillas que fueron proporcionadas como parte del mismo equipo.

Se colocó el equipo de muestreo personal SKC a tres obreros de cada una de las áreas, teniendo un total de nueve muestreos (tres muestreos de cada área), cubriendo un total de 7 horas aproximadamente, ya que ellos no cubren en su totalidad las ocho horas especificadas dentro de una jornada laboral.



**Fotografía 5.** Muestreo con bomba de aire personal en el área de evaporadores.



**Fotografía 6.** Muestreo con bomba de aire personal en el área de Batey

### **7.3.2. Muestreo en el poblado de Javier Rojo Gómez:**

Este muestreo fue realizado con base en la NOM-035-ECOL-1993 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”, (D.O.F. 18 de octubre 1993), mediante un medidor de altos volúmenes (Hi-vol). Los muestreos fueron realizados del día 8 al 17 de mayo de 2008 durante el periodo de zafra y del 13 al 17 de agosto para los blancos necesarios posteriores a la época de zafra.

Se analizaron las posibles áreas de afectación en el poblado, ubicando la dirección de los vientos bajo la fuente de emisiones en el ingenio. Para que de esta manera se seleccionaran los puntos de muestreo en el poblado.

En este método los pasos a seguir son:

1. Enumerar los filtros y verificar que no se encuentren dañados por orificios u otras imperfecciones.
2. Cada filtro blanco, es pesado con una balanza analítica con precisión de 0.001g y después cada uno de estos es puesto en condiciones de humedad “peso constante”.
3. Seguidamente los filtros son protegidos y almacenados en bolsas selladas de tal manera que se evite la absorción de la humedad.
4. Los filtros son colocados en el muestreador “altos volúmenes”, además de que son registrados para poder identificarlos posteriormente, esto es el numero de filtro, sitio, fecha de muestreo y hora de inicio.
5. Habiendo registrado la información, se conecta el muestreador y se deja trabajando hasta cubrir un lapso de 24 horas, seguidamente se detiene el equipo y se quita el filtro con la ayuda de una pinza, procurando no perder parte de la muestra, ya posteriormente se coloca dentro de un sobre de papel Manila y se registra el tiempo muestreado.
6. Finalmente, después de la recolección de la muestra, se pesa el filtro y se lleva a peso constante para obtener el peso final con la muestra ( $G_f$ ).
7. Así sucesivamente para cada uno de los filtros utilizados.



**Fotografía 7.** Muestreo en la colonia de empleados de Ingenio San Rafael de Pucté con el medidor “Altos Volúmenes”.

#### 7.4. Material y equipo

- Muestreador altos volúmenes Hi-Vol
- Filtro de celulosa, tamaño ( $1.0\mu\text{m}$ ) y ( $20.3 \pm 0.2 \times 25.4 \pm 0.2\text{cm.}$ )
- Balanza analítica ( $0.001\text{mg.}$ )
- Pinzas
- Estufa
- Desecador
- Muestreador personal, marca SKC.
- Almohadilla
- Filtros celulosa

### 7.5. Cálculos

Para calcular el volumen total del aire muestreado se emplea la siguiente formula:

$$V = Q_{ptn} \times t \quad (a)$$

Donde:

$V$  = Volumen total de aire muestreado

$Q_{ptn}$  = Flujo m<sup>3</sup>/min.

$t$  = tiempo

Para calcular y reportar la concentración d partículas se utiliza la siguiente ecuación:

$$PM_{10} = \frac{(Gf - Gi) \times 10^3}{V} \quad (b); \text{ en el caso del estudio de las partículas de exposición laboral realizados en el Ingenio en mg/m}^3.$$

$$PM_{10} = \frac{(Gf - Gi) \times 10^6}{V} \quad (c); \text{ en el caso del estudio de las partículas suspendidas totales en el aire ambiente realizados en el poblado en µg/m}^3.$$

Donde:

$PM_{10}$  = Concentración de masa de partículas suspendidas totales.

$Gf$  = peso final del filtro expuesto en g.

$Gi$  = Peso inicial del filtro expuesto en g.

$V$  = Volumen de aire muestreado en m<sup>3</sup>.

$10^3$  = Conversión de g a mg.

$10^6$  = Conversión de g a µg.

## Capítulo 8. Resultados

Se realizaron los cálculos correspondientes de acuerdo a cada muestreo y se compararon con los límites máximos permisibles establecidos en las normas correspondientes.

### 8.1. Resultado de los muestreos en el ingenio San Rafael de Pucté.

**Tabla 3.** Resultado de las áreas muestreadas en el ingenio San Rafael de Pucté.

Numero de muestra	Área de muestreo	Resultado (mg/m <sup>3</sup> )	Limite máximo permisible (mg/m <sup>3</sup> )
1	Calderas	1.69	3
2	Calderas	2.55	3
3	Calderas	1.77	3
4	Batey	1.28	3
5	Batey	1.34	3
6	Batey	2.25	3
7	Evaporadores	0.99	3
8	Evaporadores	2.08	3
9	Evaporadores	1.10	3

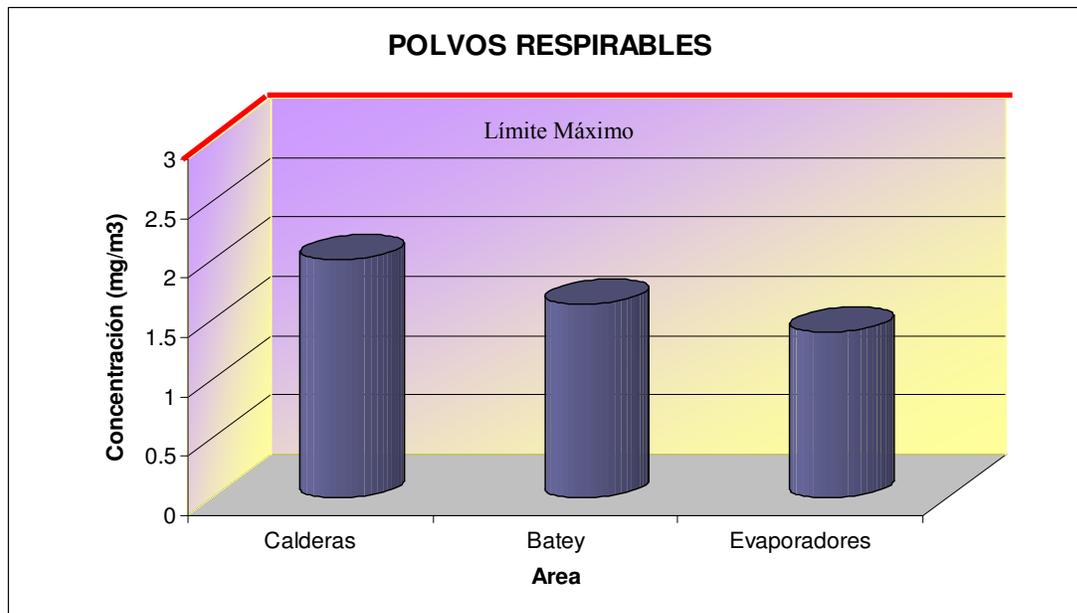
De los resultados obtenidos en las tres áreas muestreadas del ingenio San Rafael de Pucté ninguno rebasa los límites máximos permisibles, el área que presenta mayor concentración es al área de calderas, sin embargo esta concentración no rebasa los límites máximos permisibles de acuerdo a la norma NOM-010-STPS-1999.

**Tabla 4.** Resultado del promedio de cada una de las áreas muestreadas en el ingenio San Rafael de Pucté.

<b>Numero de muestra</b>	<b>Área de muestreo</b>	<b>Resultado (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Limite máximo permisible (mg/m<sup>3</sup>)</b>
1	Calderas	2.01	3
2	Batey	1.63	3
3	Evaporadores	1.40	3

El área de calderas es el que representa mayor concentración de exposición laboral a partículas, aunque la diferencia de las otras dos áreas es mínima, sin embargo no se rebasan los límites máximos permisibles de acuerdo a la norma NOM-010-STPS-1999.

**Gráfica 1.** Análisis de resultados de polvos respirables en las diferentes áreas del ingenio San Rafael de Pucté.



En la gráfica de concentraciones en las diferentes áreas muestreadas, se puede observar que el área de calderas representa mayor concentración, seguidamente el área de Batey o molido y posteriormente el área de Evaporadores con menor concentración.

## 8.2. Resultado de los muestreos en el poblado Javier Rojo Gómez.

**Tabla 5.** Resultado de los puntos muestreados con el medidor altos volúmenes durante el periodo de Zafra en el poblado de Javier Rojo Gómez.

Numero de muestra	Área de muestreo	Resultado ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )	Limite máximo permisible ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )
1	Blanco	32.1671	120
2	Blanco	24.9147	120
3	Blanco	33.0565	120
<b>promedio</b>	Blanco	<b>30.046151</b>	120

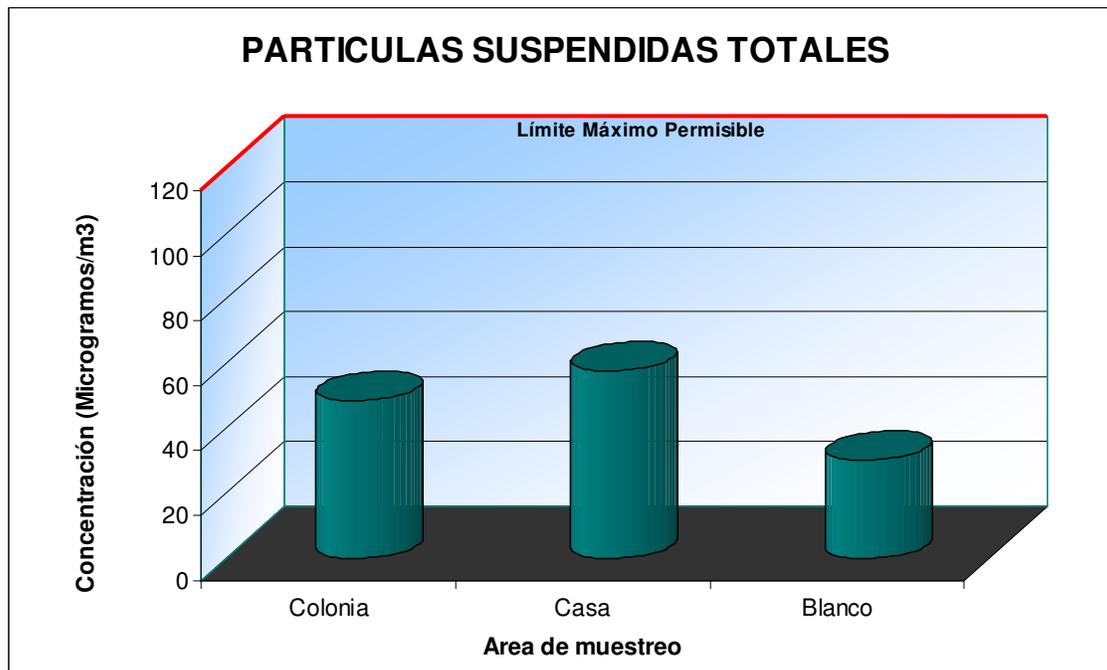
Se realizaron cuatro muestreos durante el periodo de zafra, dos por cada punto, la colonia industrial se encuentra muy cerca del ingenio y la casa particular se encuentra en el extremo del poblado de Javier Rojo Gómez, sin embargo ninguno de estos resultados son excedidos de acuerdo a la norma NOM-025-SSA1-1993.

**Tabla 6.** Resultado de los blancos muestreados con el medidor altos volúmenes obtenidos posteriormente al periodo de zafra en el poblado de Javier Rojo Gómez.

Numero de muestra	Área de muestreo	Resultado ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )	Limite máximo permisible ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )
1	Colonia industrial	52	120
2	Colonia industrial	44	120
3	Casa particular	58	120
4	Casa particular	57	120

Se puede notar que no existe mucha diferencia de concentraciones entre los tres muestreos realizados y el promedio no obstante tampoco se rebasan los límites máximos permisibles.

**Gráfica 1.** Análisis de resultados de partículas suspendidas totales en el aire ambiente del poblado de Javier Rojo Gómez.



Los valores obtenidos de los muestreos realizados conforme a la norma NOM-025-SSA1-1993, no rebasan los límites máximos permisibles durante la época de zafra y posterior a ella, además de que representan valores bajos, sin embargo la casa particular se encuentra muy cerca de la media aritmética.

**Condiciones metereológicas de los días muestreados durante el período de zafra.**

<b>08 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 35 a 37 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento: sopla de este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>09 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 36 a 38 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>10 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 36 a 38 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento: sopla de este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>11 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 36 a 38 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>12 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 35 a 37 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>13 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 35 a 37 c. temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>14 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 35 a 37 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>15 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 35 a 37 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>16 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 36 a 38 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.
<b>17 de mayo del 2008</b>	Temperatura máxima: 36 a 38 c. Temperatura mínima: 24 a 26 c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas de 45 kph.

**Condiciones metereológicas durante los blancos muestreados. (Posteriores a la período de zafra)**

<b>13 de septiembre del 2008</b>	Temperatura máxima: 33 a 35°c. Temperatura mínima: 24 a 26°c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas ocasionales de 45 kph.
<b>14 de septiembre del 2008</b>	Temperatura máxima: 32 a 35°c. Temperatura mínima: 26 a 28°c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas ocasionales de 45 kph.
<b>15 de septiembre del 2008</b>	Temperatura máxima: 36 a 38° c. Temperatura mínima: 26 a 28° c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas ocasionales de 45 kph.
<b>16 de septiembre del 2008</b>	Temperatura máxima: 34 a 36° c. Temperatura mínima: 24 a 26° c. Viento: soplara del este y sureste de 15 a 25 kph., con rachas ocasionales de 45 kph.

**FUENTE:**<http://www.groo.gob.mx/groo/Temporada/Boletin.php?Pagina=BusquedaBoletines.php&Opcion=2&CadFecha=2008-11-&Mes=09&Buscar=Buscar>

## Capítulo 9. Conclusiones

---

De acuerdo a los datos obtenidos tanto en el Ingenio San Rafael de Pucté y el poblado de Javier Rojo Gómez, no se rebasan los límites máximos permisibles con base en las normas NOM-010-STPS-1999 y NOM-025-SSA1-1993.

De acuerdo a la norma NOM-010-STPS-1999, “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”, que establece los límites máximos permisibles de exposición a polvos totales y respirables, no se rebasan los límites, se puede notar que el área de trabajo con mayor concentración a este tipo de contaminante es el área de Calderas debido a que utilizan gran cantidad de bagazo para la producción de energía eléctrica, seguidamente se encuentra el área de batey, debido a que ahí es donde se muele la caña y posteriormente se encuentra el área de Evaporadores.

Durante el periodo de zafra realizado en el poblado de Javier Rojo Gómez, no se rebasan los límites permisibles con referencia a la norma NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. “Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros  $\text{PM}_{10}$  y partículas menores de 2.5 micrómetros  $\text{PM}_{2.5}$  de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire”. Publicada el 23 de diciembre de 1994 y modificada el 26 de septiembre de 2005.

Los datos obtenidos en la colonia industrial y en la casa particular, tienen una diferencia mínima en promedio, sin embargo se puede observar que existe una mayor concentración a una distancia mayor en el periodo del muestreo, esto debido al tamaño de las partículas, ya que el tamaño esta en función de la

dispersión o transporte de este tipo de contaminantes, las partículas mas pequeñas tienden a suspenderse y tardan en sedimentar.

Haciendo una comparación de los datos obtenidos durante el periodo de zafra y posterior a ella, se puede notar la diferencia de concentraciones, sin embargo, esta diferencia no es significativo como para tener un efecto severo en la población. El hecho de que estos resultados en los promedios sean mínimos, se puede atribuir a las actividades productivas de la población, ya que constantemente están quemando sus terrenos debido a las actividades agrícolas a las que se dedican. La diferencia de concentraciones es mínima y el origen de partículas presentes en el aire durante y posterior a la zafra son diferentes, debido a que unas son por actividades industriales y las otras por actividades humanas (agrícolas), sin embargo ambos son debido actividades antropogénicas.

El grupo Beta San Miguel y ingenio San Rafael de Pucté actualmente se encuentra dentro de un programa de auditoria ambiental y se encuentran certificados en ISO 2200: 2005, por lo tanto, de alguna manera durante varios años atrás se han visto en la necesidad de realizar algunas modificaciones en sus procesos de producción, de contar con equipos de seguridad, de utilizar equipos de control y de contribuir a una cultura ambiental entre sus trabajadores, todas estas modificaciones inciden que durante el tiempo comprendido de los muestreos realizados no se rebasaron los limites máximos permisibles de acuerdo a las normas NOM-010-STPS-1999 y NOM-025-SSA1-1993.

## Capítulo 10. Recomendaciones

---

Es vital remarcar la importancia que tiene el contar con equipos para el control de partículas y de los equipos que se deben de tener para el beneficio del trabajador y de la misma empresa como lo es en este caso, cada área requiere de un equipo de seguridad diferente debido a que en cada área existe diferentes tipos de contaminantes, es por ello que en este estudio no se rebasaron los límites permisibles.

Además de los equipos de seguridad también es importante contar con equipo para el monitoreo constante de este tipo de lugares, la dispersión de los contaminantes atmosféricos tiene mucho que ver con las condiciones meteorológicas y ubicación geográfica, por lo tanto, el tener datos actualizados nos ayudan a predecir, controlar y mitigar posibles problemas que tendrían consecuencias de salud entre la población.

Cabe señalar que es importante el uso de los instrumentos de gestión ambiental. En la industria, los más importantes son la auditoría ambiental y los sistemas de gestión ambiental, pero aun más importante éste último, ya que crean una cultura entre la gente, y todo esto se ve reflejado a la hora de hacer un estudio, debido a que benefician tanto al ambiente como a la población en general, haciendo que sus residuos sean menos dañinos.

## REFERENCIA CITADA Y CONSULTADA

- Figueroa Sandoval Benjamín, González Cossío Félix V., Noviembre 2003. **Caracterización de la agroindustria caña de azúcar e identificación de las demandas tecnológicas.**
- Kenneth Wark, Cecil I. Warner, Mexico, D.F, 1998. **Contaminación del aire.** Origen y control.
- Layola Carlos. Instituto tecnológico de saltillo, 1981. **Control de la Contaminación.**
- Martínez Ana Patricia, Romieu Isabelle. Mexico, D.F, 1997. **Introducción al monitoreo atmosférico.**
- Parker Albert, 2001. **Contaminación del aire por la industria.**
- Vallejo Maite, Kathrine Jáuregui-Renaud. México, D.F, 2002. **Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México.**
- Vincent Espert Alemany, P. Amparo López Jiménez, México, 2004. **Dispersión de contaminantes en la atmósfera.**

## LEGISLACIÓN AMBIENTAL:

- **Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**
- **Ley general de salud**

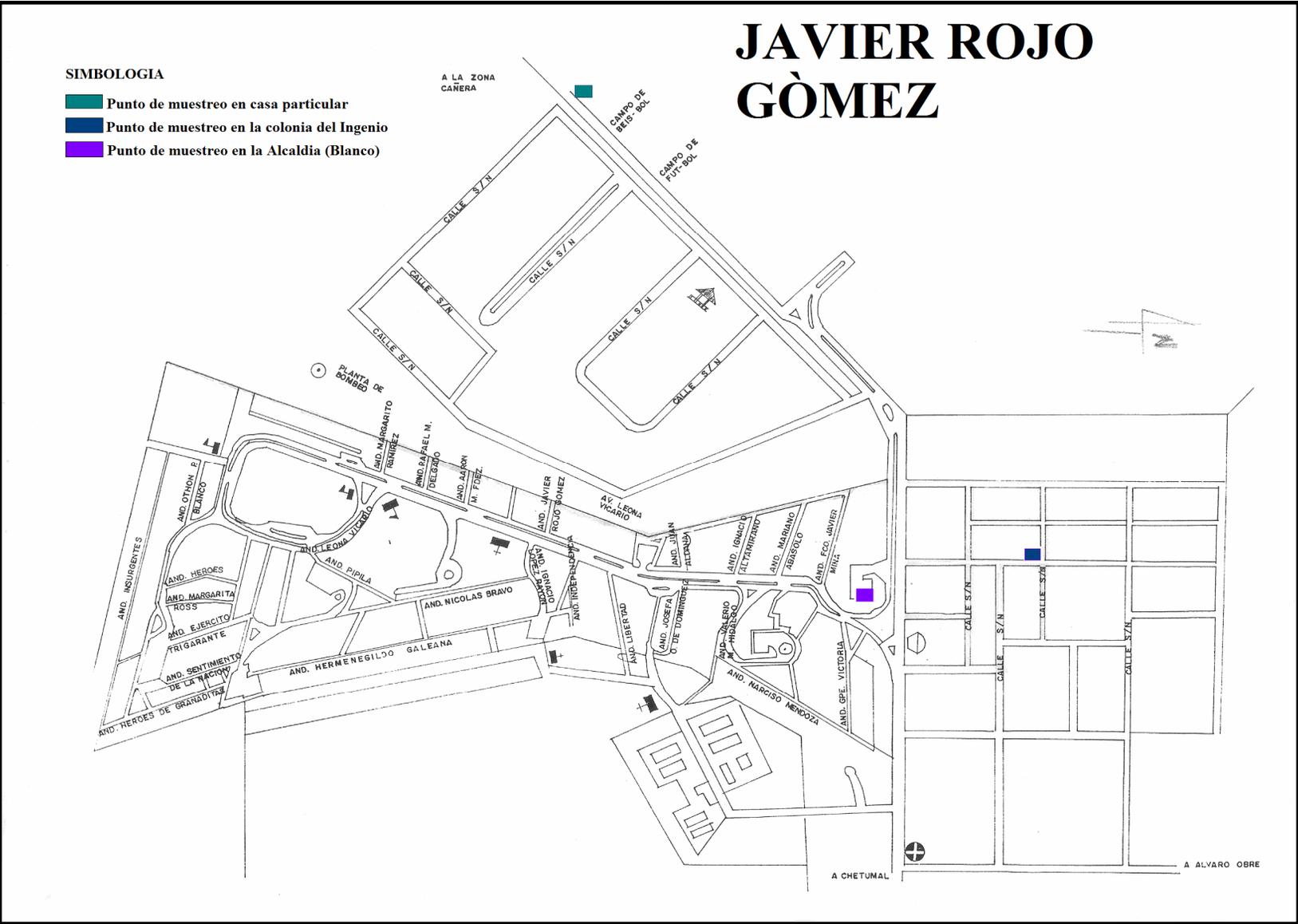
## Normatividad mexicana:

- **NOM-010-STPS-1999** “condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral”
- **NOM-025-SSA1-1993**. "Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM<sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire”.
- **NOM-035-SEMARNAT-1993** “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”

## WEBGRAFIA

- <http://www.bsm.com.mx/home.htm>
- <http://www.bsm.com.mx/ingenios.htm>
- <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnparticulas.htm>
- <http://www.opb.gob.mx/municipio/ubicacion.htm>
- <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx>
- <http://www.qroo.gob.mx/qroo/Temporada/Boletin.php?Pagina=BusquedaBoletines.php&Opcion=2&CadFecha=2008-11-&Mes=09&Buscar=Buscar>

# ANEXOS



Anexo 1. Croquis del poblado de Javier Rojo Gómez.

## Fotografías

---



**Fotografía 8.** Muestreo en la alcaldía del poblado de Javier Rojo Gómez



**Fotografía 9.** Muestreo con equipo de muestreo de aire personal a un obrero en el Ingenio San Rafael de Pucté.



**Fotografía 10.** Muestreo en la colonia industrial ubicado en el Ingenio San Rafael de Pucté.



**Fotografía 11.** Cenizas encontradas en las calles del poblado de Javier Rojo Gómez.



**Fotografía 12.** Cenizas encontradas en las calles del poblado de Javier Rojo Gómez.

## Glosario

---

**Alveolo:** Pequeño saco elástico en el que terminan los bronquiolos. Su función es el intercambio de anhídrido carbónico y oxígeno entre el aire y la sangre (hematosis).

**Bagazo:** Residuo orgánico resultante del prensado de la caña de azúcar. Puede usarse como combustible y causar contaminación atmosférica por emisión de humos.

**Ceniza.** Material particulado de pequeño tamaño que resulta de procesos de combustión o es un producto volcánico formado por los piroclastos de menor tamaño.

**Contaminación:** Cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

**Contaminación atmosférica:** Se suele definir como la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas, la fauna, la flora o bienes de cualquier naturaleza.

**Contaminante:** sustancia ajena, presente en un sistema natural en una concentración más elevada de lo normal por causa de actividad antrópica directa o indirecta. Se le define como la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico, o de combinaciones de los mismos en lugares, formas y concentraciones tales y con tal duración que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o bienestar de la población, o perjudiciales para la vida animal y vegetal.

**Combustibles fósiles:** Carbón, petróleo y gas natural. Son materiales de origen orgánico, producidos a partir de restos de seres vivos en épocas geológicas anteriores. Constituyen la mayor parte de las fuentes de energía consumidas en los países industriales. Son recursos no renovables y su utilización es la principal responsable de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

**Depuración:** Eliminación de impurezas contenidas

**Desarrollo sustentable:** Desarrollo que resuelve las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para atender sus propias necesidades.

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** Anhídrido sulfuroso. Gas incoloro, irritante para los ojos, las mucosas y las vías respiratorias. Es una sustancia con aplicaciones en la industria química, pero además es un contaminante que se produce en procesos industriales de combustión. En la atmósfera es capaz de oxidarse a SO<sub>3</sub> (trióxido de azufre o anhídrido sulfúrico) que a su vez puede reaccionar con el agua para dar ácido sulfúrico (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>), uno de los componentes de la lluvia ácida.

**Dióxido de carbono.** Anhídrido carbónico. Gas incoloro e incombustible. Es un componente normal de la atmósfera (0.03%). Las plantas verdes utilizan el dióxido de carbono de la atmósfera en la fotosíntesis como fuente de carbono. Tanto plantas como animales y microorganismos lo liberan a la atmósfera como resultado de la respiración y las fermentaciones. Es también un contaminante atmosférico producido por las combustiones. Es uno de los gases responsables del efecto invernadero.

**Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>):** Gas de color rojo oscuro que se produce en las combustiones por oxidación del nitrógeno de la atmósfera. Es muy tóxico y uno de los gases generadores de lluvia ácida.

**Emisiones.** Liberación de contaminantes (partículas sólidas, líquidas o gases) al medio, procedentes de una fuente productora. El nivel de emisión de una fuente se mide por las cantidades emitidas por unidad de tiempo (aquí en toneladas/año). En el caso de las emisiones acústicas se miden características del ruido como la intensidad.

**Erosión eólica:** Desprendimiento, transporte y disposición del suelo por la acción del viento. Ocurre en regiones muy secas durante períodos suficientemente largos (llanos orientales y costa atlántica) para que las partículas del suelo pierdan su cohesión. En general, la existencia de una cobertura vegetal sólida y perenne impide la erosión eólica.

**Floculante:** Sustancia química que aglutina sólidos en suspensión, provocando su precipitación.

**Fracción Extratorácica:** Fracción de la masa de las partículas inhaladas, las cuales no penetran más allá de la laringe. En esta fracción se incluye el polen.

**Fracción Inhalable:** Fracción de la masa del total de partículas aereotransportadas, el cual es inhalado por la boca o la nariz. El 50% de estas partículas corresponden a un diámetro aerodinámico de  $100\mu\text{m}$ .

**Fracción Torácica:** Fracción de la masa de las partículas inhaladas, las cuales penetran más allá de la laringe, refiriéndose a la región de los bronquios. El 50% de estas partículas corresponden a diámetros aerodinámicos de 0 a  $10\mu\text{m}$ ., conocidas como  $\text{PM}_{10}$ .

**Monóxido de carbono (CO):** compuesto gaseoso cuyas moléculas contienen un átomo de carbono y uno de oxígeno.

**Morbilidad:** Proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado.

**Mortalidad:** Tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada.

**Partícula:** Materia sólida o líquida dispersa en el aire, de diámetro inferior a 500 micras. Puede proceder de fuentes naturales (erupciones volcánicas, por ejemplo) o artificiales. Dependiendo de su tamaño, pueden permanecer en suspensión en la atmósfera desde unos segundos a varios meses.

**Partículas Totales en suspensión (PTS):** son materiales finamente divididos, presentes (suspendidos) en el aire, sólidos o líquidos de un diámetro igual o inferior a 50 micrómetros ( $\mu$ m). La fracción de PTS de tamaño superior a 10 micrones corresponde a partículas no respirables, depositándose en la parte superior del sistema respiratorio y son limpiadas y expulsadas a través de la formación de mucus, a través de la tos o de la deglución.

**Partículas PM<sub>10</sub>:** las partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 10 micrómetros.

**Partículas PM<sub>2.5</sub>:** las partículas con un diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 micrómetros.

**Sinergismo:** La acción combinada de varias sustancias químicas, las cuales producen un efecto total más grande que el efecto de cada sustancia química separadamente.

**Total de partículas aerotransportadas:** se definen como todas las partículas rodeadas por aire en un volumen de aire dado.