

77-43793  
MEN 1313

99-43793

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



*Adalia Beatriz Castillo*

**"EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL  
PRODUCIDO POR TALLERES AUTOMOTORES  
UBICADOS EN LA ZONA NORTE DEL MUNICIPIO DE  
SAN SALVADOR"**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**

**ADILIA BEATRIZ CASTILLO MARTINEZ  
KARLA DENISE MARTINEZ ORELLANA**

**PARA OPTAR EL GRADO DE:**

**LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA**

**DICIEMBRE, 1999**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA**



 **© 2001, DERECHOS RESERVADOS**  
 Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,  
 sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador  
**SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

T-UES  
1601  
C378e

EJ-2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

Dr. José Benjamín López Guillén

**SECRETARIO GENERAL**

Lic. Ennio Arturo Luna

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANO**

Dra. Kenny Luz de María Sosa

**SECRETARIA**

Lic. María Isabel Ramos de Rodas

## **DEDICATORIA**

**A DIOS, por acompañarme en todo momento de mi vida y permitirme alcanzar este sueño.**

**A MARIA AUXILIADORA, por ser mi madre celestial y guía en toda mi vida.**

**A MIS PADRES: JOSE LUIS CASTILLO Y MIRIAM DE CASTILLO, por su gran amor y apoyo incondicional, por ser mis mejores amigos que me han permitido alcanzar este triunfo.**

**A MI MAMA ADILIA Y TIO HUGO: para que desde el cielo compartan este momento conmigo.**

**A MIS ABUELITOS: TERE DE MARTINEZ Y JULIO DAVID MARTINEZ, con inmenso amor y gratitud, por sus cuidados y atenciones que he recibido a cada momento.**

**A MI ABUELITA ZOILITA: con inmenso amor.**

**A MIS HERMANOS: JOSE LUIS, MAYRA ELENA, JULIO DAVID Y RHINA MABEL, por estar siempre conmigo, apoyándome y animándome.**

**A RONALD, por su amor, compañía, constante apoyo y esos empujoncitos que me han dado ánimo para seguir adelante.**

**A KARLA, mi amiga y compañera, por su apoyo y dedicación el cual ha dado fruto al cumplir juntas este triunfo.**

**A MIS FAMILIARES Y AMIGOS CON INMENSO CARÍÑO.**

**ADILIA BEATRIZ**

## **DEDICATORIA**

**A Dios por todas las bendiciones que me brinda día con día, por haberme iluminado en el transcurso de toda mi carrera y mi vida; y sobre todo, por el amor que me ha mostrado siempre.**

**Agradezco y dedico el presente trabajo:**

**A mi padre, por su confianza, cariño, comprensión, ayuda y porque gracias a él soy lo que soy.**

**A mi madre, por todas sus bendiciones.**

**A Ricardo, por su ayuda y comprensión incondicionales.**

**A Luis, por su amor, apoyo y comprensión.**

**A Adilia Beatriz y familia, por la colaboración y confianza brindada en el desarrollo de nuestra tesis.**

**A mis amigos y a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron a la realización del presente estudio.**

**A todos, muchas gracias.**

**KARLA.**

## **AGRADECIMIENTOS**

- ▶ A nuestra asesora Dra. Gloria Ruth Calderón, con mucho cariño, por todo su esfuerzo, apoyo y dedicación en el asesoramiento y desarrollo de nuestra tesis.
- ▶ A la Ing. Ana Isabel Quan, por el apoyo y confianza brindada para la realización de nuestro trabajo de investigación.
- ▶ A la Organización Panamericana de la Salud (OPS), por su apoyo al desarrollo de esta investigación.
- ▶ A la Ing. Elizabeth de Aguila, por su colaboración en el análisis químico de las muestras de plomo colectadas.
- ▶ A los propietarios y mecánicos de los talleres seleccionados para la presente investigación, por su amabilidad y colaboración en la realización del muestreo de los contaminantes estudiados.
- ▶ A todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo y culminación de nuestra tesis.

**Muchas Gracias.**

**ADILIA Y KARLA.**

## **INDICE**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>OBJETIVOS</b>	4
1.    Objetivo General	4
2.    Objetivos Especificos	4
<b>CAPITULO I: MARCO TEORICO</b>	5
<b>1.    Aspectos generales de contaminación</b>	6
1.1  Problemática producida por los vehículos automotores	11
1.2  Reglamentación sobre control de emisiones de vehículos automotores	19
1.2.1  Dispositivos catalíticos	23
<b>2.    Referencias sobre los contaminantes en estudio</b>	25
2.1  Ozono	25
2.1.1  Generalidades	25
a)  Ozono natural	25
b)  Ozono contaminante	26
2.1.2  Propiedades físicas	27
2.1.3  Propiedades químicas	27
2.1.4  Fuentes	29
2.1.5  Toxicología	34
a)  Efectos en fauna	34
b)  Efectos en flora	37
c)  Efectos en el humano	39
2.1.6  Usos	41
2.2  Plomo	43

2.2.1	Generalidades	43
2.2.2	Propiedades físicas	44
2.2.3	Propiedades químicas	44
2.2.4	Fuentes de contaminación	45
2.2.5	Toxicología	51
	a) Efectos en fauna	52
	b) Efectos en flora	53
	c) Efectos en el humano	53
2.2.6	Usos	56
<b>CAPITULO II: PARTE EXPERIMENTAL</b>		<b>58</b>
<b>1.</b>	<b>Investigación de campo</b>	<b>59</b>
1.1	Delimitación de la zona de muestreo	59
1.2	Determinación del número de talleres ubicados en la zona de muestreo	59
1.3	Selección y tamaño de la muestra	59
1.4	Levantamiento ecológico	61
<b>2.</b>	<b>Obtención de los parámetros de contaminación en estudio</b>	<b>71</b>
2.1	Ozono	71
2.1.1	Obtención de la muestra	71
2.1.2	Lugar de realización del análisis	71
2.1.3	Procesamiento de la muestra y determinación de ozono	72
2.1.4	Descripción del equipo	73
2.1.5	Fundamento del método de análisis de ozono	73
2.1.6	Ejemplo de cálculo	73
2.2	Plomo	75

2.2.1	Obtención de la muestra	75
2.2.2	Lugar de realización del análisis	75
2.2.3	Procesamiento de la muestra y determinación de plomo	76
2.2.4	Descripción del equipo	76
2.2.5	Fundamento del método de análisis de plomo	77
2.2.6	Ejemplo de cálculo	77
<b>CAPITULO III: RESULTADOS</b>		79
1.	<b>Descripción de talleres seleccionados</b>	80
2.	<b>Concentraciones de los contaminantes</b>	85
2.1	Ozono	85
2.2	Plomo	87
3.	<b>Estudio del impacto ambiental</b>	89
3.1	Descripción de la zona aledaña a los talleres seleccionados	89
3.2	Puntos críticos de la zona en estudio empleando el método de Criterios Relevantes Integrados	92
<b>CAPITULO IV: DISCUSION DE RESULTADOS</b>		93
1.	Ozono	94
2.	Plomo	95
3.	Puntos críticos de contaminación de la zona	96
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES</b>		99
<b>CAPITULO VI: RECOMENDACIONES</b>		104
<b>RESUMEN</b>		109
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		111

<b>ANEXOS</b>	115
<b>A. Anexos varios</b>	116
Anexo No. 1 Ocupaciones y actividades con exposición potencial al plomo, clasificados según intensidad de la exposición	116
Anexo No. 2: Componentes más importantes de los automóviles que contribuyen al aumento del fenómeno de contaminación ambiental.	121
Anexo No. 3: Fuentes de contaminantes del aire presentes en los automotores.	122
Anexo No. 4: Fuentes de contaminación y posibles métodos de control en los automóviles.	123
Anexo No. 5: Estudios de los efectos causados por diferentes concentraciones de ozono en animales de experimentación.	124
Anexo No. 6: Estudios controlados de exposición a diferentes concentraciones de ozono en seres humanos.	129
Anexo No. 7. Principales formas de presentación del plomo.	137
Anexo No. 8: Importancia del plomo atmosférico en la contaminación global del ambiente y en el aporte de plomo al organismo humano	139
Anexo No. 9: Vías de absorción, distribución y eliminación de plomo en el organismo humano	140
Anexo No.10: Principales efectos adversos en adultos en condiciones de exposición estable a largo plazo al plomo, según las concentraciones sanguíneas alcanzadas por el metal.	141
Anexo No.11: Principales efectos adversos en niños en condiciones de exposición estable a largo plazo al plomo, según las concentraciones sanguíneas alcanzadas por el metal.	142
Anexo No.12: Zona en estudio (zona de muestreo).	143
Anexo No.13: Tabla de números aleatorios.	144
Anexo No.14. Sistema muestreador pasivo de ozono.	145

Anexo No.15. Bomba de flujo constante Sensidyne BDX 530 <sup>CP</sup>	146
Anexo No.16: Uso de la bomba Sensidyne BDX 530 <sup>CP</sup> para muestreo de aire.	147
Anexo No.17: Material, equipo y reactivos empleados para la obtención y análisis de ozono.	148
Anexo No.18: Material, equipo y reactivos empleados para la obtención y análisis del plomo.	150
Anexo No.19: Técnicas de preparación de reactivos empleados en la determinación de ozono y plomo.	152
Anexo No. 20: Curva de calibración de plomo.	155
Anexo No. 21: Absorbancias y concentraciones de ozono ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) obtenidos mediante método espectrofotométrico UV-VIS.	156
Anexo No. 22: Absorbancias y concentraciones de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) obtenidos mediante método espectrofotométrico de absorción atómica con horno de grafito.	157
Anexo No. 23: Pesos de muestra y residuos de análisis de plomo.	158
Anexo No. 24: Cuadro Resumen de Resultados. Criterios utilizados para la evaluación de los impactos asociados al estudio de plomo y ozono.	159
Anexo No. 25: Cuadro de valoración de impactos ambientales. Método: Criterios Relevantes Integrados.	160
Anexo No. 26: Cuadro para valoración de impactos ambientales: Criterios relevantes integrados.	161

## **B. Cuadros**

Cuadro No. 1: Resumen de los contaminantes del aire críticos y de sus efectos.	10
Cuadro No. 2: Propiedades físicas del ozono.	27

Cuadro No. 3. Algunos efectos causados en las plantas por exposición al ozono.	38
Cuadro No. 4: Propiedades físicas del plomo.	44
Cuadro No 5: Signos y síntomas causados por intoxicación con plomo clasificados según sistema afectado.	55
Cuadro No. 6: Puntajes asignados utilizando el método de Criterios Relevantes Integrados.	69
Cuadro No. 7: Descripción de los talleres seleccionados en estudio, El Salvador, 1998.	80
Cuadro No. 8: Concentraciones de ozono obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados, El Salvador, 1998.	85
Cuadro No. 9: Concentraciones de plomo obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados, El Salvador, 1998.	87
Cuadro No.10:Descripción de la zona aledaña a los talleres en estudio.	89
Cuadro No.11:Asignación de puntajes por el método de Criterios Relevantes Integrados para la determinación de los puntos críticos de contaminación de la zona según parámetros de ruidos, gases emitidos, generación de desechos y polvo en los talleres seleccionados.	92
 <b>C. Gráficos</b>	
Gráfico No.1: Concentraciones de ozono obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados. El Salvador, 1998.	86
Gráfico No.2: Concentraciones de plomo obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados. El Salvador, 1998.	88
 <b>GLOSARIO</b>	 162

## **INTRODUCCION**

Actualmente la contaminación ambiental es un problema de interés mundial. Existen dos fuentes principales de contaminación, una es la natural y la otra la producida por el hombre o antropogénica. Los procesos naturales generalmente se dan en tiempos relativamente largos en comparación con los producidos por el hombre, cuya actividad industrial ha alcanzado en los últimos años un alto grado de desarrollo que ha tenido como consecuencia la acumulación de distintos elementos potencialmente tóxicos para el organismo.

Entre los elementos que están cobrando auge están el ozono y el plomo. El ozono es parte de la atmósfera, se encuentra en la estratósfera y nos protege de los rayos ultravioleta del sol. Se convierte en contaminante cerca de la superficie terrestre, debido a la acción de los rayos solares sobre otros elementos como óxidos de nitrógeno e hidrocarburos que luego sufren otras reacciones desencadenando como producto el ozono (O<sub>3</sub>), aumentando su concentración y contaminando el aire que respiramos, ejerciendo mayor daño en el sistema respiratorio.

El plomo se encuentra distribuido ampliamente en el ambiente y una de las principales fuentes de exposición se da en el entorno ocupacional cuya vía de absorción más frecuente es la respiratoria, ejerciendo mayores daños en el sistema hematopoyético del adulto, y en el caso de los niños, en el sistema nervioso central.

La combustión y evaporación de gasolina así como pinturas, solventes y lubricantes producen gases en los cuales pueden estar presentes los contaminantes mencionados; de ahí la necesidad de un estudio exhaustivo que demuestre el riesgo al que se está expuesto en actividades que involucran el uso de estos materiales o a través de los gases emanados por vehículos automotores como es el caso de la reparación de éstos en los diferentes talleres mecánicos y eléctricos.

El presente estudio tiene como objetivo determinar el grado de contaminación ambiental producido por talleres automotores ubicados en la zona noreste del municipio de San Salvador, seleccionando para ellos una muestra representativa de los talleres presentes en la misma y realizando un muestreo de aire para analizar los contenidos de ozono y plomo, utilizando para el primero el método de difusión pasiva en el cual se da la difusión del ozono a lo largo de un tubo hacia un medio absorbente, originándose una serie de reacciones en las que se produce un aldehído que es proporcional a

la concentración de ozono presentes y el cual es determinado por espectrofotometría UV-VIS; el tiempo de muestreo es de siete días consecutivos. En el caso del plomo, el muestreo de aire se realizó mediante un equipo constituido por una bomba de flujo constante (SENSIDYNE BDX 530<sup>CP</sup>) unida a un portafiltro cuyo filtro retiene dicho contaminante que posteriormente se analiza mediante el método de absorción atómica con horno de grafito, requiriendo un tiempo de muestreo de cuatro horas durante las cuales el equipo es portado por el trabajador, todo esto con la finalidad de establecer posteriormente el grado de contaminación al que está expuesto y por consiguiente la población aledaña a los talleres en general, tomando en cuenta no solo el daño ejercido al elemento humano sino a todos los elementos bióticos presentes en el ambiente general. Los resultados obtenidos se compararon las normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para ozono y plomo.

## **OBJETIVOS**

### **1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el grado de contaminación ambiental producido por talleres automotores ubicados en la zona norte del municipio de San Salvador.

### **2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.1 Realizar un diagnóstico en relación al número de talleres ubicados en la zona noreste del municipio de San Salvador y seleccionar una muestra representativa de la misma.
- 2.2 Determinar los puntos críticos de contaminación emanada por los talleres seleccionados.
- 2.3 Cuantificar el contenido de ozono y plomo en aire como parámetros de contaminación de los diferentes materiales empleados en los talleres.
- 2.4 Realizar un levantamiento ecológico para la evaluación del impacto ambiental en el entorno de los diferentes talleres.

**CAPITULO I**  
**MARCO TEORICO**

## **1. ASPECTOS GENERALES DE CONTAMINACION.**

La contaminación, se puede definir como la alteración de la presencia, concentración o cantidad normal de los componentes que forman los diferentes elementos naturales que rodean la vida humana, animal y vegetal. Así podemos hablar de contaminación de aire, agua, suelo y alimentos, siendo en este caso de especial interés, la contaminación del aire o atmosférica.

La contaminación del aire no es más que la presencia de contaminantes en la atmósfera (capa de gases que envuelve la Tierra) en cantidades y por periodos tales que resultan nocivos para la salud humana, vegetal y animal.

En condiciones normales, la atmósfera está compuesta por (40):

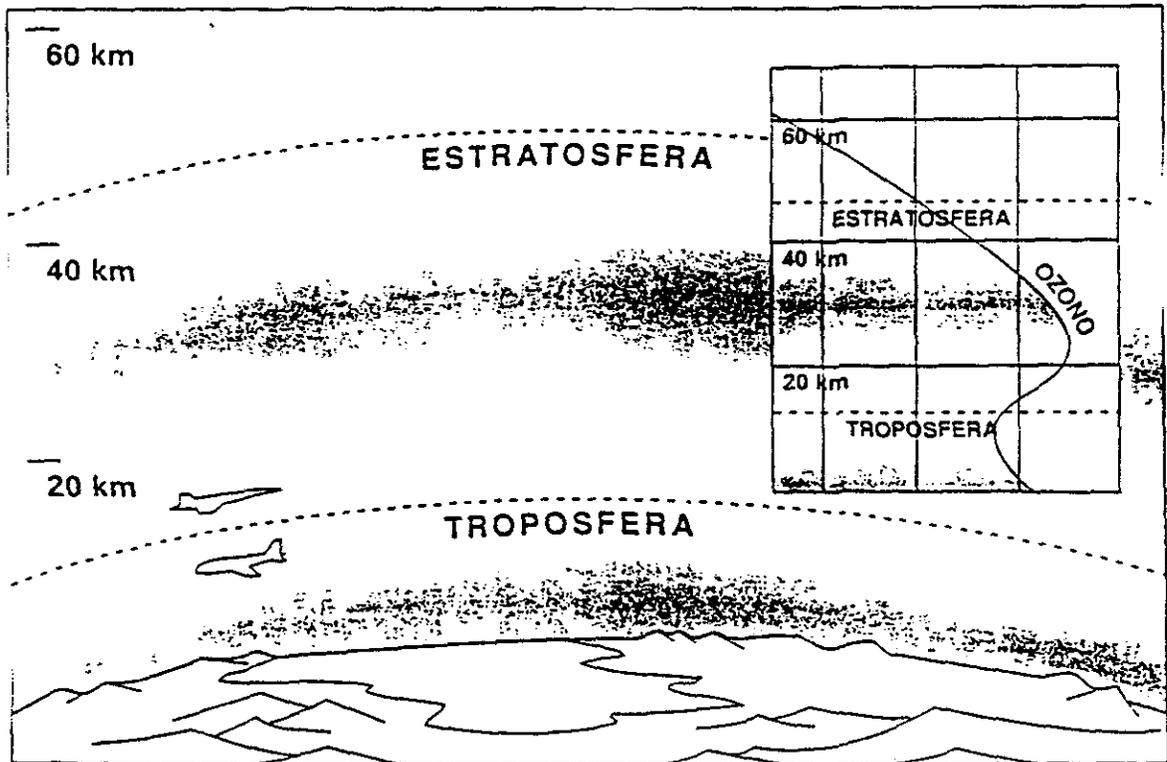
- Nitrógeno                    78.00%
- Oxígeno                    21.00%
- Argón                        0.93%
- Dióxido de carbono    0.03%
- Concentraciones menores de Ne, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, He, Kr partículas suspendidas: 0.04%.

Al mismo tiempo, la atmósfera está formada por tres capas concéntricas que son (40):

1. Tropósfera: parte inferior de la atmósfera que se extiende desde la superficie terrestre hasta el límite denominado tropopausa, a unos 12-14 km de altura, estando formada por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno (necesario para la respiración animal), 0.93% de argón, 0.03%

de anhídrido carbónico (base de la fotosíntesis de las plantas) y cantidades variables de vapor de agua y otros gases. En ella la temperatura disminuye de manera regular conforme se aumenta la altura.

2. **Estratósfera:** se extiende desde la tropopausa hasta la estratopausa a unos 50 km de superficie terrestre y donde se filtran en gran parte las radiaciones ultravioletas del sol (perjudiciales para los seres vivos) al ser absorbidos en un proceso en el que se disocia el oxígeno produciéndose ozono, principal componente de esta capa. Esta capa se caracteriza por su gran sequedad y temperatura en constante aumento. La capa formada por el ozono se conoce como ozonósfera que es donde se da esta filtración de las radiaciones ultravioletas del sol que son perjudiciales para la vida en la tierra.
  3. **Ionósfera:** es la capa de la atmósfera más alejada de la tierra, a unos 65 km sobre el nivel del mar y su límite superior se desconoce. Sus constituyentes son iones o moléculas cargadas. Esta capa juega un papel importante en la transmisión de las ondas de radio y televisión.
- Ver esquema siguiente:



**Capas que conforman la atmósfera terrestre.**

Fuente: Swiss-Contact

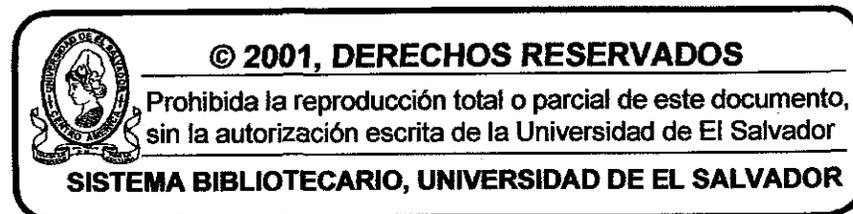
Los contaminantes del aire provienen de diversas fuentes que pueden deberse a las mismas actividades naturales (emisiones volcánicas, por ejemplo), o a las diferentes actividades realizadas por el hombre: industria, vehículos automotores y transporte en general, minería, etc.

Existen en la atmósfera, los denominados contaminantes críticos, los cuales son los que se encuentran comúnmente en el aire y representan la mayor amenaza general para la salud humana (40).

Estos contaminantes críticos son los siguientes:

- a) Dióxido de azufre.
- b) Oxidos de Nitrógeno.
- c) Compuestos orgánicos volátiles.
- d) Ozono.
- e) Monóxido de carbono.
- f) Partículas suspendidas (NP-10).
- g) Plomo.

De estos contaminantes críticos, el presente estudio detallará posteriormente lo referente a ozono y plomo. Ver Cuadro No. 1.



## C. CUADROS

### CUADRO No. 1

#### Resumen de los contaminantes del aire críticos y de sus efectos.

CONTAMINANTE	FUENTES	EMISIONES EN E U, 1991 (EN TONELADAS)	EFFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA	CONCENTRACION NOCIVA (PARA LA SALUD HUMANA)	ZONAS NO CONTROLADAS (*) (1991)
Dióxido de azufre	Subproducto de la combustión de energéticos que contienen azufre, principalmente carbón y petróleo	22,803,000	Dificultades para respirar, enfermedades y síntomas de enfermedad respiratoria, alteración de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades pulmonares y cardiovasculares preexistentes, y muerte. Las personas asmáticas y con enfermedades pulmonares crónicas (bronquitis o enfisema) son particularmente vulnerables.	0 140 ppm (media para 24 horas) 0 03 (media aritmética anual)	50
Ácidos de nitrógeno	Subproducto de la combustión de energéticos, sobre todo de los automóviles, la industria y la generación de electricidad.	8,151,000	Iritación de los pulmones y menor resistencia a infecciones respiratorias, como por ejemplo gripe. Todavía no se conocen bien los efectos de estar expuesto a ellos durante un corto plazo.	0 053 ppm (media aritmética anual)	1
Compuestos orgánicos volátiles (ozono)	Sustancias químicas volátiles emitidas por automóviles, gasolina, industria química, solventes, lavado de ropa en seco y expendios de pintura.	18,568,000	La exposición (durante 6 ó 7 horas) a concentraciones relativamente bajas de ozono afecta a adultos sanos, niños y personas asmáticas. Se ha observado que tal exposición reduce en grado significativo la función pulmonar y causa dolor de pecho, tos, náuseas y congestión pulmonar. Los estudios con animales mostraron que una exposición prolongada puede producir daños estructurales permanentes en los pulmones y acelerar la pérdida de la función pulmonar, así como el envejecimiento de estos órganos.	Ozono 0 120 ppm (promedio para una hora)	98
Monóxido de carbono	Combustión incompleta del carbono que contienen los energéticos, incluidos los tubos de escape de los automóviles y las estufas de leña.	68,310,000	El monóxido de carbono entra en la corriente sanguínea y reduce el suministro de oxígeno en los órganos y tejidos del cuerpo. La amenaza para la salud es más grave entre los que sufren angina o una enfermedad vascular periférica. La exposición a concentraciones elevadas suele asociarse con una merma en la percepción visual, la capacidad para el trabajo y la destreza manual.	9 0 ppm (promedio para 8 horas), 35 0 ppm (promedio para una hora)	42
Partículas suspendidas (NP-10)	Polvo, tierra, hollín, y humo emitidos por plantas generadoras de energía, fábricas, automóviles, incendios, construcciones.	8,151,000	Agravan las enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes, alteran los sistemas orgánicos de defensa contra cuerpos extraños, dañan el tejido pulmonar y pueden provocar cáncer y muerte prematura. Las personas con gripe, asma o enfermedades pulmonares o cardiovasculares son las más vulnerables, al igual que los niños y los ancianos.	150 microgramos por metro cúbico (promedio para 24 horas) 50 microgramos	70
Plomo	Emisiones de los aditivos de la gasolina con plomo, fundidoras y fábricas de baterías.	5,467	El plomo se acumula en la sangre, los huesos y el tejido blando del organismo. Como no se excreta de inmediato, también afecta a los riñones, el hígado, el sistema nervioso y los órganos productores de sangre. Una exposición excesiva puede causar problemas neurológicos, como convulsiones, retardo mental y/o desórdenes del comportamiento. Los fetos, los bebés y los niños son los más vulnerables.	1,5 microgramos por metro cúbico (media aritmética, promediada trimestralmente)	12

Fuente EPA 1992

(\*) Una zona no controlada es la que no alcanzó las concentraciones mínimas para ese contaminante en el año previo (Estados Unidos se divide aproximadamente en 200 zonas de control)

## **1.1 PROBLEMATICA PRODUCIDA POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES.**

Numerosos estudios han sido realizados acerca de la contaminación ambiental, considerándose diversas fuentes las que la originan, siendo una de las más importantes el alto flujo vehicular circulante en la zona metropolitana de San Salvador, problema que no sólo es visible en nuestro país, sino en toda Centro América y otros países.

En las últimas décadas, el área urbana de San Salvador ha crecido con pasos agigantados debido a la emigración de varios sectores de la población rural. Sumado a esto, varios sectores populosos han emigrado hacia los Estados Unidos, Canadá y otros países, buscando mejorar su calidad de vida y la de sus familiares no emigrantes, lo cual ha generado que puedan tener una mayor solvencia económica y por lo tanto un mayor poder adquisitivo, de tal forma que se les ha facilitado la obtención de sus propios medios de transporte.

El creciente incremento poblacional también ha contribuido a aumentar anualmente hasta un 23% la flota vehicular. El Salvador de una extensión territorial de 20,742.44 km<sup>2</sup> cuenta con una población estimada de 5,605,254 habitantes (datos poblacionales estimados a 1995 obtenidos del Ministerio de Obras Públicas, 1996) y su flota

vehicular es de 393,846 unidades. (7). De esto se deduce que aproximadamente 8 de cada 100 salvadoreños poseen vehículo propio. Este alto desarrollo vehicular lo vemos reflejado en los actuales problemas de tránsito, en los que es obvio que incluso nuestras carreteras no dan abasto a la cantidad de automotores que circulan diariamente, prueba de ello ha sido la construcción de nuevas carreteras, ampliación de las ya existentes o la creación de los famosos pasos a desnivel.

De esto se desprende un problema aún más grave: la contaminación generada por estos vehículos automotores.

Según estudios realizados por la Fundación Suiza de Cooperación de Desarrollo Técnico (Swiss Contact) por medio de su programa PROECO, en Centro América, entre un 70 y 80% de los contaminantes descargados a la atmósfera, provienen de las emisiones de automotores (6). Por medio del programa PROECO y con la ayuda de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), en El Salvador se han realizado diversos estudios de monitoreo ambiental en los que se han analizado contaminantes como dióxido de nitrógeno, material particulado en suspensión, monóxido de carbono, ozono, partículas con diámetro menor a  $10 \mu$  (PM10), polvo de

precipitación, hidrocarburos y plomo; teniendo como una de las principales fuentes de emisión los vehículos automotores.

De estos contaminantes, el ozono y plomo son tratados en el presente estudio. Debe tomarse en cuenta que los vehículos automotores no solo constituyen una fuente de contaminación para el ambiente en general, sino también para el ambiente ocupacional, para el caso los talleres automotores, ya que precisamente en ellos, por las actividades de reparación de vehículos y materiales empleados para esta finalidad, el trabajador es un ente susceptible a los diversos contaminantes emanados por ellos, de esta manera la reparación de automóviles representa una fuente de exposición ocupacional al plomo (Ver Anexo No.1), y además al ozono como contaminante secundario formado como producto de reacciones fotoquímicas en los que intervienen los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos emitidos por los automóviles. De antemano se sabe que los vehículos automotores constituyen una fuente de contaminación para el ambiente en general, pero debe tomarse en cuenta que también lo son para el ambiente ocupacional de talleres automotores por ser precisamente en ellos donde se llevan a cabo las diferentes actividades de reparación de vehículos, por medio de las cuales el mecánico se ve expuesto no sólo

a la contaminación producida en el ambiente externo, sino también en forma directa a la contaminación producida por los vehículos en atmósfera confinada, a esto se suma la producida por los materiales (aceites, lubricantes, gasolina, diesel, etc.), que en ellos se ocupan para la reparación de los mismos. Aunque el motor del vehículo no permanece encendido durante el período completo de reparación, en pequeñas fracciones del día, los vehículos son acelerados al máximo, tiempo en el cual el mecánico se expone a los gases de escape emanados en este momento. En adición, en algunos talleres se realizan actividades de enderezado y pintura, reparación de escapes, soldadura, reparación de baterías; las cuales también representan una fuente de exposición de plomo y ozono para el mecánico, esto es debido al uso de materias primas como pinturas y material de soldadura (considerados de mediano riesgo de toxicidad respecto al plomo), lubricantes, aceites, solventes (los cuales contienen trazas de plomo, por lo que son consideradas de bajo riesgo de toxicidad respecto a este contaminante). Muchas veces utilizan directamente la gasolina ya sea como solvente o para procesos de reparación (sobre todo en reparación de carburadores), situación en la que absorben directamente los vapores emanados por la misma.

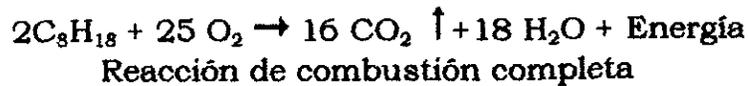
Con estos materiales, los mecánicos se exponen al ozono debido al contenido de hidrocarburos que presentan y que (como se mencionó anteriormente) por diversas reacciones aumentan la formación de ozono contaminante. En el caso de reparación de baterías (acumuladores de plomo) el grado de exposición a plomo es considerado de alta toxicidad. Deba añadirse que los mecánicos no utilizan ningún tipo de protección, a menos que realicen actividades de soldadura (en las que utilizan máscaras especiales), y que generalmente los talleres se ubican entre zonas residenciales de la región urbana, incluso varios talleres se asientan en una misma cuadra, por lo que también se convierten en una fuente de contaminación para el entorno general.

Según estudios realizados, la reparación de automóviles representa una fuente de exposición ocupacional al plomo (Ver Anexo No. 1), y además al ozono como contaminante secundario formado a partir de productos de reacciones fotoquímicas en las que intervienen los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos emitidos por los automóviles. Ambos contaminantes repercuten seriamente no solo en el ser humano, sino también en la fauna y flora circundante.

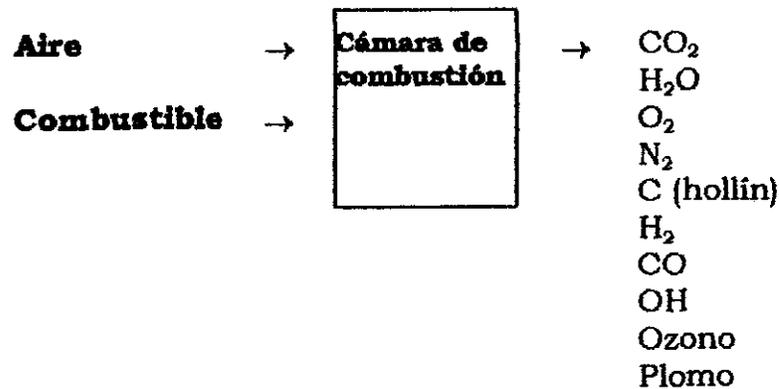
Es bien sabido que el movimiento del automóvil se debe a que su motor transforma la energía interna de la gasolina en movimiento mecánico.

Esta conversión lleva consigo una transformación química (combustión), la cual no es del todo perfecta ya que parte de la gasolina no llega a tener contacto con la flama (producida por el encendido del motor), y otra parte solo se quema en forma parcial, produciéndose vapores de descarga nocivos (38).

Teóricamente en el proceso de combustión interna de vehículos automotores, se esperaría la reacción siguiente: (7)



Pero lo que realmente sucede es una combustión incompleta como la esquematizada a continuación (6).



**Proceso de combustión incompleta en los vehículos automotores.**

Fuente: Congreso Mundial de Contaminación del aire en países en vías de desarrollo.

Es decir que la contaminación producida por los automóviles se debe a los subproductos del proceso de combustión (emanados a través del escape) y a la evaporación del combustible mismo, o descrito en forma más detallada, son 4 los componentes de los automóviles que contribuyen a este fenómeno: la caja del cigüeñal (cárter), el tanque de la gasolina, el carburador y el tubo de escape. (Ver Anexos, 2 y 3). Por la caja del cigüeñal o cárter, escapan porciones de combustible sin combustionar y combustionado. Este problema se agrava con la edad del auto y el desgaste de los anillos. El tanque de la gasolina y el carburador que forman parte del circuito de alimentación, dejan escapar hidrocarburos por evaporación (39).

El combustible se quema en el cilindro del motor de combustión interna a temperaturas muy altas (800°C). A esas elevadas temperaturas, el nitrógeno y el oxígeno de la atmósfera se combinan formando óxidos de nitrógeno, produciéndose hidrocarburos del combustible no quemado, monóxido de carbono de la combustión incompleta, y dióxido de carbono, que es producto de la combustión ideal.

Todos estos contaminantes se emiten luego a la atmósfera como gases de escape (40).

Los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos constituyen una fuente

precursora de ozono debido a las reacciones fotolíticas en el ambiente. Las gasolinas modernas son mezclas de cantidades variables de parafinas, olefinas, naftalenos, compuestos aromáticos, formulados para obtener características de arranque y aceleración óptimas, y antidetonantes, como compuestos alquílicos de plomo, los cuales son responsables en gran medida de las concentraciones anormales de plomo en el ambiente, aunque últimamente han disminuido por las regulaciones ambientales que establecen el uso de gasolina sin plomo. Los problemas de emanación de contaminantes a partir de los vehículos automotores son en gran medida problemas asociados al diseño de los mismos, los cuales todavía se estudian en la actualidad. El obstáculo parece radicar en el hecho de que cada solución parcial, origina una nueva dificultad (38). La nueva ley de transporte y diversas entidades ambientalistas han propuesto que los automóviles posean un convertidor catalítico (discutido posteriormente) el cual solo es eficaz con gasolina sin plomo, lo cual trae como consecuencia la alteración de la composición química de la gasolina.

La alternativa podría ser el uso de una gasolina de calidad inferior, pero las características de aceleración y arranque se ven afectadas, además que representa un mayor consumo de gasolina. Si se logra la

combustión completa, los vestigios de azufre presentes en la gasolina podrían oxidarse para producir ácido sulfúrico y se tendría la necesidad de encontrar un modo de eliminarlo, y así se encuentra una dificultad tras otra. Solo queda, según opinión de muchos ecólogos, hacer conciencia individual y colectiva, y mediante reglamentos adecuados aminorar el problema.

Cabe enfatizar que los problemas mencionados incluyen la población en general, pero en forma más directa, al dañarse un vehículo, quién tiene un mayor contacto con el motor y cada parte del vehículo es el mecánico en los talleres automotores, por lo que el riesgo de acumulación de tóxicos por exposición ocupacional es grande, como ya se explicó anteriormente.

## **1.2 REGLAMENTACION SOBRE CONTROL DE EMISIONES DE VEHICULOS AUTOMOTORES.**

Actualmente el problema de contaminación ambiental en el país está cobrando mayor importancia, por lo que se ha comenzado a establecer reglamentos para controlar, y de alguna forma, disminuir los niveles de contaminación ambientales alcanzados.

La primera medida tomada en nuestro país fue la de disminuir la

cantidad de plomo de la gasolina como aditivo antidetonante, a niveles que no sobrepasen los 0.013 g de plomo por litro, la cual está vigente desde el 1 de julio de 1996. A partir de esto, numerosas campañas han sido realizadas, ejemplo de esto, la semana del aire puro, en la cual hubo participación del Estado y de la Empresa Privada para llevar a cabo la medición de emisiones de vehículos automotores, y de alguna forma concientizar a la población para tratar de minimizar este problema. A falta de mecanismos para hacer cumplir el marco legal como es la Ley del Medio Ambiente (uno de los principales objetivos de la creación del Ministerio del Medio Ambiente), el nuevo Reglamento General de Tránsito y Seguridad Vial, vigente desde el 1 de agosto de 1996, incluye artículos que regulan y adoptan disposiciones para disminuir los niveles de contaminación en la capital, la cual es considerada como la que posee la más baja calidad de aire en toda la región centroamericana.

El Capítulo 5, Título VII (del Reglamento de Tránsito y Seguridad vial) incluye 4 Capítulos (Artículos del 217 al 240), de los cuales el Capítulo I enfatiza las regulaciones y controles de la emisión de gases por vehículos automotores.

En general este reglamento establece que todos los vehículos

automotores para tener derecho de circular por las vías públicas, deben tener un Certificado de control de emisión de gases, humos y partículas (Certificado de Control de Emisiones), el cual garantiza que dicho vehículo no emite niveles de contaminantes que exceden los límites permisibles establecidos. Según el reglamento, los controles de emisión serán realizados por Centros de Control debidamente autorizados (con su respectivo número) por la Comisión Reguladora de Transporte Terrestre (Comisión) y que se dedicarán única y exclusivamente a esta actividad. Los Centros de Control deberán tener equipos con adecuado funcionamiento y calibración constante para la medición de monóxido de carbono, hidrocarburos, bióxido de carbono y oxígeno.

Deberá medir además, emisiones de motores que funcionen con combustible diesel (22).

El Certificado de Control de Emisiones indica los niveles de emisiones del vehículo y tiene validez de un año (a excepción del transporte comercial o colectivo, en los cuales la validez es de 6 meses). Contiene los siguientes datos: (22)

- ➡ Número del Certificado.
- ➡ Fecha de importación del vehículo.

- ➡ Fecha de emisión del certificado.
- ➡ Fecha de vencimiento del certificado.
- ➡ Número de placa del vehículo.
- ➡ Kilometraje del vehículo.
- ➡ Tipo de combustible utilizado por el motor.
- ➡ Nombre del responsable del Centro de Control que emite el certificado.

El Certificado de Control de Emisiones es un requisito indispensable para matricular vehículos por primera vez o para mantener vigente la tarjeta de circulación. Además, el reglamento menciona que existirá una empresa privada (Empresa Supervisora y Controladora) la cual supervisará las labores de los Centros de Control autorizados, y también hará periódicamente y al azar, controles en las carreteras a vehículos en general para determinar los niveles de emisión, y acompañados de un agente de la Policía Nacional Civil (PNC) o delegado de tránsito, y exigir los respectivos documentos. Si hay infracción, entonces se procederá a emitir la respectiva multa o esquila. Algo muy importante que sobresale en este Reglamento es el artículo 218, el cual literalmente establece lo siguiente: (22)

“Además para todos los vehículos automotores que ingresen al país a

partir del 1 de enero de 1998, es obligatorio contar con un sistema de control de emisiones en perfectas condiciones de funcionamiento. Parte de esos sistemas, en el caso de motores de gasolina debe ser un convertidor catalítico de tres vías con circulación cerrada o cualquier tecnología similar o más eficiente, incorporada o no al motor, que cumpla la función de reducir la contaminación del ambiente producida por las emisiones del vehículo”.

Como normativa, estas son las únicas disposiciones con que se cuenta actualmente en el país. Numerosas instituciones no gubernamentales como FUSADES, SWISS CONTACT-PROECO, realizan monitoreos ambientales para la determinación de los niveles de contaminación que perjudican en mayor grado a la población.

### **1.2.1 DISPOSITIVOS CATALITICOS.**

Los problemas de contaminación son tan serios que numerosas legislaciones han y están siendo diseñadas por varios países alrededor del mundo, con la finalidad de minimizar las emisiones tóxicas de vehículos automotores al ambiente.

Estas señalan el uso de dispositivos o la realización de cambios en los diseños de los motores de los vehículos automotores. Actualmente uno

de estos dispositivos, quizá el que brinda mejores resultados es el convertidor catalítico. Generalmente es un dispositivo de acero inoxidable con panales de cerámica, revestidos de catalizadores (platino y paladio). Tienen la capacidad de eliminar hasta un 90% las emisiones contaminantes de monóxido de carbono e hidrocarburos convirtiéndolos en dióxido de carbono y vapor de agua.

A la vez, estos convertidores catalíticos vienen acompañados, la mayoría de veces, por reactores térmicos de múltiple salida, en donde se mezcla el aire con las emisiones, para luego transformarlos en los productos citados.

También tienen la capacidad de transformar los óxidos de nitrógeno en nitrógeno atómico. La presencia de plomo en la gasolina puede interferir con el funcionamiento del convertidor catalítico, lo cual presenta una ventaja para propagar el uso de la gasolina sin plomo. La disposición del convertidor catalítico en los vehículos de combustión interna puede apreciarse en Anexo No. 4.

## **2. REFERENCIAS SOBRE LOS CONTAMINANTES EN ESTUDIO.**

### **2.1 OZONO.**

#### **2.1.1 Generalidades.**

##### **a) Ozono natural.**

El ozono es un gas inestable de color azul, olor picante, cuyo nombre se deriva del vocablo griego OZEIN que significa "oler". Se encuentra generalmente diluido en mezclas con el aire o con el oxígeno. El ozono se forma por acción fotoquímica en la estratósfera, pero a nivel del suelo solo existe sumamente diluido. Es uno de los agentes oxidantes más potentes, es un constituyente importante de la atmósfera superior.

Aunque está presente solo en pequeñas concentraciones (pocas partes por millón), el ozono ( $O_3$ ) protege a la tierra de la radiación ultravioleta (UV-B), que produce daño biológico. La formación de ozono tiene lugar predominantemente a altitudes sobre 20 km, donde una radiación ultravioleta solar con longitud de onda menor de 242 nm disocia lentamente el oxígeno ( $O_2$ ) molecular en átomos de oxígeno (O). Estos rápidamente se combinan con el oxígeno para formar el ozono, el cual absorbe fuertemente la radiación solar en la región de longitud de onda de 240-320 nm.

Esta absorción protege a la Tierra de la dañina radiación UV (28).

El ozono es un potente germicida y fuente oxidante en reacciones orgánicas e inorgánicas. Se utiliza en la purificación del agua potable, en la preparación de sustancias químicas, en tratamiento de desechos industriales, en la desodorización del aire y de los gases del alcantarillado y en la conservación de productos alimenticios en almacenes de refrigeración. (14).

**b) Ozono contaminante.**

El ozono no existe solamente como resultado natural de las reacciones fotoquímicas producidas en la atmósfera, sino que gran parte de éste es formado a partir de las diferentes actividades generadas por el hombre. Así la formación de ozono se ve favorecida por la evaporación de gasolina y los gases que se producen por su combustión en vehículos, también por los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos que son arrojados por industrias que queman petróleo o derivados de éste, y además, por la evaporación de combustibles, pinturas, solventes y aceites lubricantes.

### 2.1.2 PROPIEDADES FISICAS.

**CUADRO No. 2**

Fórmula química	O <sub>3</sub>
Estado físico a TPN <sup>b</sup>	Gas incoloro
Masa molecular relativa	48.0
Punto de fusión	- 192.7°C
Punto de ebullición	- 111.9°C
Densidad por relación al aire	1.658
Densidad del vapor a 0°C, 101 kPa (760 mm Hg)	2.14 g/litro
Densidad del vapor a a 25°C, 101 kPa (760 mm Hg)	1.96 g/litro
Solubilidad a 0°C, 101 kPa (760 mm Hg)	0.494 mL/ 100 mL agua

<sup>b</sup>TPN = Temperatura y presión normales, 25°C y 101 kPa (760 mm Hg).

### 2.1.3 PROPIEDADES QUIMICAS

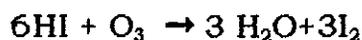
El ozono (O<sub>3</sub>), es un poderoso oxidante, cuyo potencial de oxidación es de -2.7 voltios referido al electrodo de hidrógeno a 25° y la unidad de actividad del ión de hidrógeno. El ozono es inestable y se descompone lentamente en oxígeno ordinario. La descomposición es lenta a

temperatura ordinaria y baja concentración, pero el calor la acelera grandemente y puede ser catalizada por la humedad, la plata, platino, dióxido de manganeso, diversos óxidos metálicos, hidróxido de sodio, cal sodada, bromo, cloro y pentóxido de nitrógeno. También puede ser descompuesto por acción fotoquímica.

Puede reaccionar con compuestos orgánicos e inorgánicos. El ozono en solución es un poderoso oxidante, de tal forma que convierte el ión ferroso en férrico, ión manganeso en dióxido de manganeso o en permanganato, ión cromoso en cromato o dicromato, arsenito en arseniato, sulfuro en sulfito y sulfato, y los nitritos en nitratos.

La conversión de los yoduros en yodo es la base de la determinación analítica del ozono. Los bromuros y cloruros se oxidan de modo análogo, pero sus reacciones son lentas.

La oxidación del amoníaco hasta convertirse en ácido nítrico es muy lenta. El ión amonio no es atacado. En la reacción con yoduros en solución neutra o alcalina, un mol de ozono libera solo dos equivalentes de yodo, pero en solución ácida aumenta la relación y en solución concentrada de ácido yodhídrico, seis equivalentes de yodo son liberados por cada mol de ozono según la siguiente reacción: (14)



En reacciones orgánicas el ozono actúa como simple oxidante. Con hidrocarburos saturados, ácidos alifáticos saturados y sustancias análogas no lo hace, o reacciona lentamente.

No es oxidante de cadenas laterales saturadas, sin embargo oxida fácilmente grupos como: -SH, =S, -NH<sub>2</sub>, =NH, -OH (fenólico) y -CHO.

Reacciona rápidamente con el carbono activo y los productos pueden ser explosivos. Generalmente el ozono reacciona con compuestos orgánicos no saturados, adicionándose los 3 átomos de oxígeno a un doble o triple enlace dando como producto los compuestos llamados ozónidos, los cuales al descomponerse producen la ruptura del doble enlace formando aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos.

#### **2.1.4 FUENTES.**

Como fuentes del ozono podemos encontrar 3 tipos:

- a) Naturales.
- b) Artificiales.
- c) Internas.

##### **a) Naturales.**

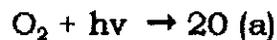
El ozono es un constituyente normal de la atmósfera superior. Se encuentra como una capa que rodea al planeta a 25 km de altura, la

cual disminuye en gran medida la penetración de los rayos ultravioleta a la superficie de la tierra evitando daños a los seres vivos.

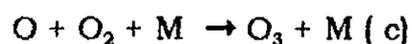
**b) Artificiales.**

Las emisiones de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos a partir de actividades humanas constituyen fuentes artificiales precursoras de ozono y otro tipo de oxidantes por medio de reacciones fotoquímicas, de tal forma que la luz solar activa estos gases en el aire y los transforma, el ozono así formado es convertido en contaminante debido a que no alcanza grandes alturas para integrarse a la capa protectora de ozono en la atmósfera, debido a que es muy inestable y se destruye antes de llegar.

En la alta atmósfera (por encima de 50 millas) los fotones de alta energía (longitud aproximada =  $0.2 \mu\text{m}$ ) atacan al oxígeno molecular ( $\text{O}_2$ ) según la reacción siguiente:

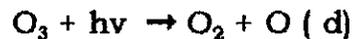


De tal forma que en esta región solo existe oxígeno monoatómico (O), el cual a alturas más bajas experimenta las siguientes reacciones:



En la reacción (c) se observa al ozono como producto principal y M actúa únicamente como un cuerpo capaz de aceptar energía.

El ozono formado experimenta cambios fotoquímicos (longitud de onda de 0.2-0.29  $\mu\text{m}$ ):



De tal forma que se crea una capa de ozono por encima de la superficie terrestre, con la mayor concentración (0.03 ppm) en la región entre 10 y 20 millas sobre la superficie terrestre.

Esta capa de ozono es la que actúa como filtro de la luz ultravioleta, lo cual es importante, ya que el cuerpo humano como está constituido no podría soportar dicha radiación procedente del sol si no estuviera atenuada por la capa de ozono. La síntesis de ozono cerca de la superficie terrestre no se lleva a cabo por las reacciones mencionadas. La formación de ozono en la tropósfera se atribuye por lo general al ciclo fotolítico del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) el cual es altamente reactivo fotoquímicamente.

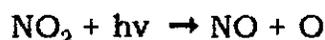
Así para radiaciones abajo de 0.38  $\mu\text{m}$ , el gas se disocia según la reacción:



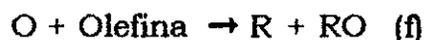
Es fotoquímicamente una de las reacciones más importantes en la

atmósfera inferior, ya que produce átomos de oxígeno altamente reactivos, combinándose con el oxígeno molecular en presencia de un tercer cuerpo (reacción c) formando ozono que luego oxida el monóxido de nitrógeno (NO) a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

En resumen, el ciclo fotolítico del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se puede representar por: (27)



Se establece de esta forma que la concentración de ozono en la atmósfera aumenta en proporción a la cantidad de monóxido de nitrógeno (NO) oxidado a (NO<sub>2</sub>). Además de esto, el átomo de oxígeno (O) formado por la reacción (e) es capaz de reaccionar con diferentes compuestos orgánicos e inorgánicos según las reacciones:



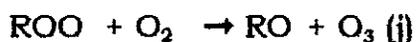
Donde R, RO y HCO son radicales libres, los cuales reaccionan con el oxígeno y forman radicales peróxidos:



Estos radicales peróxido son capaces de oxidar el monóxido de nitrógeno (NO) a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) por medio de la reacción:



Puede observarse que los hidrocarburos aumentan la producción de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) más allá de lo debido al ciclo fotolítico del mismo, de tal forma que aumenta la concentración de ozono e incluso puede tenerse una fuente adicional de ozono por medio de la reacción del ozono con radicales peróxido así:



El oxígeno que reacciona con los hidrocarburos hace que se disponga de menos monóxido de nitrógeno que pueda consumir el ozono y de esta manera aumenta el nivel de ozono (28). De esta forma, los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno se constituyen como los precursores del ozono en la atmósfera inferior.

### **c) Internas**

Como fuentes internas precursoras de ozono se encuentra el uso de lámparas ultravioleta, precipitadores electrostáticos, máquinas fotocopadoras y equipo desodorante, los cuales favorecen el aumento de la concentración de ozono.

### **2.1.5 TOXICOLOGIA**

Los estudios sobre admisiones hospitalarias relacionadas a la exposición al ozono reportaron un incremento en la tasa de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y ataques de asma. (20). Se han hecho estudios de los efectos del ozono en animales, plantas y en el hombre.

#### **a) Efectos en fauna.**

Según estudios realizados, el ozono puede provocar cambios a nivel morfológico, funcional y bioquímico, tanto en una exposición breve (24 horas o menos) como en exposiciones prolongadas.

#### **EFFECTOS EN EL SISTEMA RESPIRATORIO.**

##### **Cambios morfológicos.**

La exposición al ozono en concentraciones tóxicas agudas produce edema pulmonar, hemorragia y muerte en animales pequeños de laboratorio.

La dosis letal 50 ( $DL_{50}$ ) es cercana a 6 ppm.

A concentraciones de 0.2- 1 ppm el ozono causa numerosas alteraciones tanto en células epiteliales como en las endoteliales del pulmón y las lesiones primarias se hayan en el revestimiento epitelial de los bronquiolos terminales y alvéolos proximales.

La exposición prolongada a concentraciones bajas de ozono pueden producir: enfisema, atelectasia, necrosis focal, bronconeumonía y fibrosis, frecuentemente acompañadas de una variedad de alteraciones celulares. El grado de lesión morfológica parece ser proporcional a la concentración y el tiempo de exposición.

Por ejemplo, la exposición intermitente de 8 horas por día, durante 7 días a una concentración de ozono de 0.2 ppm provoca daños en los bronquiolos respiratorios de monos capuchinos.

Se han observado cambios ligeramente inflamatorios y proliferativos en las membranas bronquiales de ratones expuestos a gases de escape irradiados de automóviles que contenían concentraciones de oxidantes de 0.1 - 0.15 ppm, durante 2 a 3 horas por día, 5 días por semana durante 30 días.

#### **Cambios funcionales.**

En exposiciones breves pueden observarse patrones respiratorios irregulares que en la mayoría de casos el animal puede volver a la normalidad cuando se le permite recuperarse en aire limpio. Los cambios funcionales que pueden observarse son:

- Disminución de la ventilación por minuto, volumen desplazado y captación de oxígeno.

- En varias especies animales se han observado cambios funcionales en el sistema respiratorio a concentraciones de ozono de menos de 1 ppm.
- En exposiciones prolongadas y repetidas puede involucrar un aumento del volumen pulmonar y la dimensión de los alvéolos así como una reducción de la elasticidad pulmonar.

### **Cambios bioquímicos.**

Los estudios sobre el efecto bioquímico del ozono se basan principalmente en que el ozono interactúa con sustancias fácilmente oxidables alterando así el curso del metabolismo y produciendo un efecto tóxico y además, que el ozono interactúa con lípidos insaturados para producir peroxidación lipídica y daño celular consecuente.

A nivel subcelular, se ha observado que las *mitocondrias pulmonares*, después de la exposición al ozono, presentan tumefacciones y cambios degenerativos. Estos organelos pueden ser el blanco del ozono debido a que muchas actividades de las enzimas mitocondriales dependen de los grupos sulfhidrilo y por la abundancia de fosfolípidos insaturados presentes en éstos.

### **CARCINOGENICIDAD.**

También se han hecho estudios acerca de la posibilidad de que el ozono pudiera ser carcinógeno. Se han hecho estudios en los que se han expuesto ratones a gasolina ozonizada con concentraciones de ozono de 1- 3.8 ppm durante 52 semanas dando como resultado un aumento de la incidencia a tumores pulmonares. Estos estudios indicaron que el ozono puede ser tumorigénico pero todavía se siguen haciendo investigaciones para confirmar los resultados.

### **EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE DEFENSA DEL HUESPED.**

Una exposición al ozono provoca mayor susceptibilidad de los individuos respecto a agentes biológicos productores de enfermedades lo que puede dar lugar a un aumento de la incidencia de enfermedades infecciosas pulmonares y muerte.

En el Anexo No.5 se presenta un mayor detalle de los estudios hechos en animales de experimentación y los efectos causados por el ozono en ellos.

#### **b) Efectos en flora.**

El ozono ejerce efectos fitotóxicos al igual que otros contaminantes gaseosos como fluoruros, peroxiacetilnitrato y etileno. El mecanismo de acción del ozono es que actúa destruyendo la clorofila de la planta

alterando de esta manera el proceso fotosintético y disminuye la producción de alimentos. La magnitud del daño puede ser desde una reducción del crecimiento hasta el exterminio completo.

Este entra con el aire por los estomas de la hoja durante el ciclo normal de respiración de la planta. El ozono es considerado como el más peligroso para la vida de las plantas, ya que tiene la capacidad de afectar bosques y reduce la productividad agrícola. En el Cuadro No. 3 pueden observarse los síntomas que presenta la planta a una concentración determinada de ozono.

### CUADRO No.3

#### Algunos efectos causados en las plantas por exposición al ozono.

Contaminante	Procedencia	Síntoma	Tipos de hoja afectados	Parte afectada de la hoja	ppm	UMBRAL NOCIVO	
						$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Exposición constante
Ozono ( $\text{O}_3$ )	Reacción fotoquímica de los hidrocarburos y óxidos de N de combustible fósiles (residuos de la combustión) y evaporación de derivados del petróleo y solventes orgánicos.	Pigmentación en forma de lunares, puntos, más claros; detención del crecimiento y abscisión temprana. La punta de las agujas de las coníferas se ennegrece.	Hojas viejas primero y después las más jóvenes.	Tejido en palizada.	0.03	70	4 hr.

Entre algunas plantas que son más afectadas por el ozono tenemos: manzano, saúco, clavel, crisantemo, lila, roble, petunia, pino blanco del este, pino ponderoso y sauce llorón.

**c) Efectos en el humano.**

Se han realizado numerosos estudios sobre los efectos del ozono en individuos sanos y en pacientes. Sobre los órganos de los sentidos se ha observado la presencia de irritación ocular, cambios en los parámetros visuales y umbrales olfatorios.

En el Anexo No. 6 pueden resumirse los estudios controlados realizados en seres humanos. Las molestias más frecuentes ocasionadas por el ozono incluyen:

- Ardor o irritación de los ojos.
- Resequedad de nariz.
- Irritación de garganta.

**EFFECTOS AGUDOS.**

Se ha determinado que altas concentraciones de ozono pueden producir cambios en la función pulmonar.

Estudios realizados indican un cambio para el volumen expiratorio forzado en un segundo que va de +0.9 mL/ppb a -1.6 mL/ppb y un

cambio en el flujo de volumen expiratorio máximo entre -0.4 a -2.4 mL/ppb a concentraciones por debajo de 120 ppb.

A esta misma concentración también se han observado incrementos en los sistemas respiratorios que incluyen irritación de los ojos, nariz y garganta, tos, resequedad de garganta, dolor torácico, aumento en la producción de moco, sibilancias, opresión pulmonar, dolor subesternal, lasitud, mal estado general y náuseas.

*En concentraciones de 80-200 ppb se producen reacciones complejas como descensos en la función respiratoria y un aumento de los síntomas de reactividad respiratoria, del contenido de neutrófilos en el flujo pulmonar pico, y en la tasa mucociliar de limpieza de partículas en atletas (20).*

#### **EFFECTOS CRONICOS.**

Generalmente incluyen un aumento en la respuesta bronquial y en la alteración del sistema inmunológico de los niños, varios estudios indican que puede existir un envejecimiento acelerado del pulmón. Se presentan cambios morfológicos en los bronquiolos terminales y en la región alveolar proximal y además un endurecimiento pulmonar.

Los síntomas más frecuentes son aumento de las enfermedades bronquiales pulmonares y aumento de crisis asmáticas.

### **2.1.6 USOS**

A pesar de constituir un contaminante importante en la atmósfera terrestre, mediante diversas reacciones y tratamientos el hombre ha podido obtener a partir de los productos de las mismas, variedad de aplicaciones a nivel industrial entre las que tenemos:

- Purificación del agua.

La primera aplicación industrial importante del ozono fue la desinfección del agua. Su ventaja sobre la cloración es que elimina olores y sabores desagradables y atenúa el calor. El ozono se utiliza en albercas de natación, para la purificación de alimentos y bebidas y para depurar agua de suministro industrial, especialmente cuando se necesita agua libre de germicidas residuales y de sustancias extrañas.

- Aplicaciones químicas.

Las reacciones de ozonólisis han sido utilizadas para la obtención industrial de aldehído anísico partiendo del anetol, para obtener piperonal del isosafrol, y vainillina del isoeugenol; recientemente ha sido empleado para la obtención de aldehídos, cetonas y diversos ácidos carboxílicos.

- Tratamiento de desechos industriales.

Se ha ideado un método para destruir los compuestos fenólicos en los desechos industriales mediante la oxidación del ozono.

Trabajos en plantas piloto han demostrado que el ozono oxida los fenoles hasta convertirlos en sustancias inofensivas, lo que permite su desagüe en corrientes de agua usadas para el abastecimiento de poblaciones sin que por ellos produzca sabor ni olor desagradables aún después de cloradas en la planta de suministro de agua potable. El ozono es muy utilizado para la supresión del mal olor de las aguas negras.

- Aplicaciones varias.

El ozono se emplea mucho en cámaras frigoríficas para evitar la formación de mohos y la contaminación por bacterias. En Europa se usa para blanqueo de algodón. También se emplea en el acondicionamiento del aire. El ozono ha sido utilizado para añejar rápidamente la madera y los vinos baratos, y ha sido patentado como elemento para añejar el whisky. Tiene aplicaciones en la rápida desecación de barnices y tintas de imprenta, en el blanqueo de ceras y aceites, y en la desodorización de plumas. Se ha sugerido su uso en cohetes, pero acarrea problemas técnicos. A pesar de los muchos usos del ozono que han sido sugeridos, sus aplicaciones industriales se

extienden únicamente a la producción de sustancias químicas y el tratamiento de desechos industriales.

## **2.2 PLOMO**

### **2.2.1 Generalidades.**

El plomo, Pb, está en el grupo IV del sistema periódico. Su número atómico es 82 y el peso atómico es de 207.21. Trabaja con los números de valencia 2 y 4, este último generalmente en sus compuestos orgánicos de los cuales, la mayoría, son muy estables.

Se encuentra en forma natural en la corteza terrestre en un promedio de 16 mg/kg. Se extrae principalmente a partir de la galena (PbS), cerusita (PbCO<sub>3</sub>), anglesita (PbSO<sub>4</sub>) y la piromorfita (9 Pb 0.3 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> PbCl<sub>2</sub>). En el Anexo No.7 se muestran las principales formas de presentación de plomo. El plomo tiene capacidad de formar diversos compuestos los cuales han encontrado amplio uso en la industria actual, y es bien sabido que hace muchos años atrás, los egipcios primitivos lo empleaban para el vidriado de la cerámica (7000 - 5000 A. de C), por los chinos (3000 A. de C.), y por los antiguos romanos para instalaciones de plomería. Por el incremento de su uso en las diferentes actividades humanas se ha aumentado su descarga hacia los diversos componentes

ambientales y por lo tanto los niveles de exposición a dicho metal son más altos, constituyendo un riesgo para la intoxicación con el mismo.

### 2.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL PLOMO

**CUADRO No. 4**

Punto de Fusión:	327.4°C
Punto de Ebullición:	1740± 10 °C
Densidad a 20°C:	11.34 g/mL
Presión de Vapor:(a 987 °C)	1.0 mm de Hg.
Tensión Superficial:(a 350°C)	442 dinas / cm <sup>2</sup>
Viscosidad:(a 441 °C)	2.116 centipoises
Calor Específico a 0°C:	0.0297 cal / g
Calor Latente de Fusión:	5.86 cal / g
Calor Latente de Vaporización:	203 cal / g
Conductividad Térmica a 20°C:	0.083 cal/(seg)(cm <sup>2</sup> )(°C/cm)

Fuente: Kirk, Raymond. Enciclopedia de Tecnología Química.

### 2.2.3 Propiedades Químicas.

El plomo es un elemento con muy poca tendencia a reemplazar el hidrógeno de soluciones acuosas de ácidos.

Tiene resistencia al ácido sulfúrico y clorhídrico debido a la acción protectora de una película de sulfato insoluble y de cloruro poco

soluble. Sin embargo, con el ácido nítrico forma sales solubles por lo cual éste es su mejor solvente.

Casi todos los ácidos orgánicos reaccionan con el plomo en presencia de oxígeno para formar las sales orgánicas correspondientes (por ejemplo: el ácido láctico y acético) y compuestos orgánicos estables como el tetraetilo de plomo y tetrametilo de plomo. (12)

El plomo metálico no se altera al aire seco, con el húmedo forma una película de óxido que con el carbono forma un carbonato básico blanco. En soluciones ácidas, el plomo es un mediano reductor, y en soluciones alcalinas un reductor bastante fuerte. (14)

#### **2.2.4 Fuentes de Contaminación.**

En su forma natural, el plomo no constituye una fuente de contaminación para el ambiente; debido al aumento de las actividades humanas, el auge del uso del plomo en la industria y la combustión de vehículos automotores que utilizan compuestos orgánicos de plomo como antidetonantes; es que éste ha adquirido importancia como contaminante del ambiente.

La caracterización de las fuentes como fuentes del ambiente ocupacional y fuentes del ambiente general se hace solo para facilitar

la identificación de las fuentes principales, ya que epidemiológicamente lo más importante es considerar la exposición total del individuo, lo que implica la exposición a las emisiones del conjunto de los dos grandes tipos de fuentes mencionadas. (12)

**a) Fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional.**

Son numerosas las fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional, siendo la minería, la fundición y la industria las principales. En la industria, a su vez, hay diversas actividades como: alfarería, baterías, antidetonantes para gasolina, reparación de automóviles; por mencionar algunas. En el Anexo No.1 se presentan las ocupaciones y actividades con exposición potencial al plomo clasificadas según la intensidad de exposición. Aquí puede observarse que la reparación de vehículos automotores se considera como una actividad de alto riesgo debido a la alta exposición plúmbica a la que el trabajador se puede someter. Es importante recalcar que un individuo expuesto ocupacionalmente puede representar una fuente de contaminación para el ambiente en general, ya que debido a la densidad de las partículas de plomo, éstas pueden quedar adheridas a la piel o a su ropa. Por otra parte, debido a las partículas de plomo que se liberan al ambiente, producto de la actividad que se está realizando, también

representan una fuente de contaminación a las poblaciones aledañas.

**b) Fuentes de contaminación en el ambiente general.**

El ambiente general es fundamentalmente contaminado por las actividades antropogénicas, cuyo mecanismo primario lo constituye la emisión hacia el aire del metal o sus compuestos, ruta por medio de la cual se logra una muy alta capacidad contaminante de prácticamente todos los componentes ambientales. (Ver Anexo No. 8).

Las principales fuentes de contaminación del ambiente general son:

**1. Aire.**

El plomo de la corteza terrestre no contamina importantemente en forma natural el aire, como ocurre con otros metales. Las emisiones antropogénicas de plomo hacia el aire (fundiciones, industrias y vehículos motorizados) son la causa más importante de contaminación de éste y son en general, por lo menos, unas 20 veces mayores que las emisiones naturales.

Alrededor del 50% o más del plomo emitido al aire por fuentes antropogénicas, corresponde al proveniente de vehículos automotores (gasolina con aditivos de plomo). (12)

El aire constituye una de las principales fuentes de contaminación ya que la vía respiratoria, es la vía más frecuente de absorción de plomo

por parte del individuo. Obviamente en una población urbana, en la cual hay una mayor actividad industrial, la contaminación es mayor que en una rural. El aire representa para un habitante urbano en promedio un aporte de 6 a 9 mg de plomo diario a su organismo.

## **2. Agua.**

La exposición del plomo a través del agua es mínima ya que generalmente es removido por las plantas de tratamiento de agua potable, y en fuentes naturales se forman compuestos insolubles. Adquiere importancia si de antemano se sabe que hay vertidos industriales contaminados con plomo y los individuos la utilizan de esta manera.

Si en agua potable se detectaran niveles elevados de plomo, éstos serían consecuencia de la corrosión de tuberías o de tanques de almacenamiento de agua hechos con compuestos de plomo. Por lo general, en base a un consumo de 2 litros de agua diarios, esto puede significar un aporte de 10  $\mu\text{g}$  a 1 mg al organismo humano.

## **3. Suelo.**

El suelo es contaminado principalmente por depósitos de partículas del aire y por agua contaminada por actividades industriales.(12). En áreas contaminadas pueden encontrarse concentraciones de hasta 8g/kg. Existen otras fuentes de contaminación de menor importancia respecto

a las anteriores entre las que podemos mencionar los alimentos y el tabaco. Los primeros sí han sido contaminados por el uso de utensilios con soldadura de plomo o por el uso de recipientes de barro vidriado; o bien a través de frutas y vegetales que en su superficie han sido expuestas a aire contaminado con plomo o que lo han absorbido a través de suelo contaminado.

El tabaco equivale a una absorción diaria de 1 a 5  $\mu\text{g}$  de plomo por el organismo, fumando 20 cigarrillos por día. (12)

**c) Tipos de población expuesta.**

Al hablar de fuentes de contaminación, también es importantes señalar los tipos de poblaciones expuestas, así tenemos que puede darse:

1. Exposición Ocupacional.
2. Exposición General.
3. Poblaciones de alto riesgo.

Las dos primeras se relacionan con el tipo de fuente de contaminación a la que se exponen (mencionadas anteriormente); y la población de alto riesgo, es aquella que presenta una mayor probabilidad de desarrollar una enfermedad o condición anormal. Esto se ve influido por una mayor susceptibilidad del individuo o grupo, o por las condiciones especiales de exposición o por la combinación de ambas.

En este tipo de poblaciones podemos incluir: (12)

- Trabajadores de industrias donde haya plomo.
- Personas que residen en zonas cercanas a fuentes mineras o industriales emisoras de plomo.
- Residentes vecinos a vías o carreteras con alto tránsito vehicular.
- Pobladores de regiones donde exista minería de plomo.
- Personas oriundas de regiones donde haya contaminación elevada del ambiente por plomo.
- Pobladores de regiones urbanas con alto desarrollo industrial y del parque vehicular.
- Familiares de trabajadores de industrias que utilizan plomo.
- Mujeres embarazadas.
- Niños menores de 5 años.
- Personas con enfermedades de la sangre, principalmente anemias.
- Personas con enfermedades neurológicas.
- Personas con deficiencias nutricionales, principalmente de hierro, calcio, fósforo y proteínas.
- Alcohólicos.

- Fumadores.

Las principales vías de absorción de este contaminante son:

- Respiratoria (que es la principal).
- Digestiva (generalmente se da cuando las partículas de plomo ambientales se depositan sobre los alimentos que luego son ingeridos por el trabajador).
- Piel: en este caso solo es de importancia cuando se trabaja con compuestos orgánicos de plomo (como el tetrametilo y tetraetilo de plomo) que son los únicos que pueden absorberse a través de la piel.

#### **2.2.5 TOXICOLOGIA.**

Como ya se había mencionado, el plomo puede ser absorbido por vía inhalatoria, ingestión o por la piel. Según estudios son las formas inorgánicas del plomo las de mayor importancia, ya que incluso las formas orgánicas, por reacciones que sufren en el ambiente o por medio del metabolismo humano llegan a convertirse en formas inorgánicas. La absorción del plomo depende de factores propios del organismo, tales como la edad, el estado fisiológico y la integridad de los tejidos, así como factores nutricionales, metabólicos y anatómicos.

Las vías de absorción, distribución y eliminación del plomo en el organismo humano pueden observarse en Anexo No. 9.

El plomo inorgánico se acumula en el organismo humano preferentemente en los huesos, luego se le encuentra especialmente en el hígado, los riñones y los músculos estriados. Los compuestos orgánicos, tales como el tetrametilo y tetraetilo de plomo, tienden a acumularse en el hígado. (12)

Según estudios de autopsias, el plomo tiende a localizarse y acumularse en los huesos, incluso se ha encontrado hasta un 90% del contenido total corporal de este metal, lo cual evidencia la acumulación de éste a largo plazo.

Antes de 1960 se creía que las concentraciones sanguíneas inferiores a  $60 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$  de plomo no eran peligrosas, mediante nuevos estudios, este criterio se ha modificado, de tal forma que el límite máximo permisible en la sangre se redujo a  $40 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$  para adultos y a  $25 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$  para niños (12).

**a) Efectos sobre fauna.**

Según estudios hechos en animales que presentaban concentraciones altas de plomo en sangre, se llegó al establecimiento de los efectos que este metal ejerce a nivel del sistema nervioso. Se observó que los

reptiles pierden su aptitud de reptar, las aves enmudecen anormalmente. Los que han presentado niveles más altos de plomo han llegado a sufrir parálisis, convulsiones, hasta llegar a la muerte.

**b) Efectos en la flora.**

En flora, el único interés que adquiere es el hecho de ser una fuente de contaminación mediante ingestión de ésta por los diferentes eslabones de la cadena alimenticia, cuando se ha contaminado a través del aire o suelo. Todavía se están realizando estudios para determinar si este metal puede influir en el crecimiento retardado de la vegetación en general.

**c) Efectos en el humano.**

El plomo es un agente tóxico que se acumula progresivamente en el organismo humano, lo que condiciona que el cuadro clínico de intoxicación plúmbica sea en la mayoría de los casos, de instalación lenta. (12) La intoxicación puede ser aguda o crónica y en general de carácter sistémico.

La intoxicación aguda no es frecuente y se produce de preferencia en ambientes laborales y con cierta frecuencia en niños de la población general. La intoxicación crónica puede presentarse en la población general en situaciones de accidentes o contaminaciones masivas. Según

algunos autores, es más frecuente encontrar las llamadas manifestaciones subclínicas de intoxicación por plomo las cuales se producen por bajas concentraciones de plomo ambientales o por plomo que proviene de fuentes ambientales no comunes, a las cuales se está expuesto a largo plazo. Los efectos que se asocian frecuentemente a una intoxicación por plomo son: decaimiento, fatiga, dolores articulares, tos, impotencia sexual, palidez y temblor.

Estudios en animales y humanos demuestran que la exposición al plomo puede afectar diferentes sistemas, el hematopoyético principalmente en adultos, y el sistema nervioso en los niños, especialmente los menores de 5 años.

Los sistemas afectados por el plomo y sus principales manifestaciones pueden resumirse en el siguiente cuadro:

**CUADRO No. 5**  
**Clasificación según el Sistema afectado.**

<b>SISTEMA</b>	<b>SIGNOS Y SINTOMAS</b>
Hematopoyético	Alteración de la síntesis del grupo hemo y eritropoyesis. Anemia. Palidez facial (fascies saturnina), especialmente peribucal
Nervioso Central (SNC)	Encefalopatía saturnina: sus signos y síntomas varían desde cambios psicológicos o conductuales sutiles hasta alteraciones neurológicas graves. Varía según si el compuesto de plomo es orgánico e inorgánico.
	a) Inorgánicos: embotamiento, desazón, irritabilidad, vértigo, cefaleas, visión nublada, temblor muscular, alucinaciones, pérdida de la memoria y de la capacidad de concentración. En casos graves: delirios, manías, convulsiones, parálisis y coma.
	b) Orgánicos: síntomas agudos como: alucinaciones, temblor, delirio, insomnio, cefaleas y cambios bruscos de humor. Cuadro crónico: anorexia, náuseas, cefalea, sudoración, hipotermia, irritabilidad, hipertonía de músculos faciales.
Cardiovascular	Aumento de la permeabilidad capilar, alteraciones cerebrovasculares, aumento de la arterioesclerosis (no se sabe si por acción directa del plomo sobre los vasos o por acción indirecta sobre los riñones). Aumento de la presión sanguínea.
Gastrointestinal	Síntoma más característico: cólico. Otros como: pérdida del apetito, constipación, diarrea, náuseas, vómitos, sabor metálico en la boca, dolor abdominal e ictericia. Ribete de Burton (línea en las encías de color gris-azulado, debido a depósito de sulfuro de plomo)
Reproductor	Se ha podido observar: abortos, disfunción ovulatoria, mortinatos, parto prematuro y esterilidad. En el hombre: astenospermia, hipospermia.
Nervioso periférico (SNP)	Daño de nervios motores que se expresa como parálisis Saturnina (debilidad en músculos extensores, principalmente los más usados). Otros como: hiperestesia, analgesia, dolores musculares, calambres y anestesia de zonas afectadas

Además puede afectar el sistema endocrino incluyendo gónadas y el aparato reproductor (como ya se mencionó), deprime la función tiroidea y altera el metabolismo hepático del cortisol (20). También ejerce efecto sobre articulaciones debido a una especie de gota secundaria, y aunque no existe una completa seguridad, parece presentar efectos teratogénicos y carcinogénicos. El plomo puede ser transportado al feto a través de la placenta ya que no constituye una barrera metabólica para éste.

La exposición prenatal del plomo produce efectos tóxicos sobre el feto humano, incluyendo la reducción en el tiempo de gestación, peso al nacimiento y desarrollo mental.

En los Anexos No. 10 y 11 pueden observarse los principales efectos adversos en adultos y niños de acuerdo a la concentración de plomo en sangre.

#### **2.2.6 USOS.**

Por su resistencia a la corrosión atmosférica y al ataque por ácidos, hace que sea muy útil en la edificación, en las instalaciones de las fábricas de productos químicos, para tuberías y envoltura de cables.

Además puede emplearse para hacer placas de acumuladores eléctricos,

pigmentos para pinturas, reactivos químicos, municiones, soldadura, metal para tipos de imprenta y otras aleaciones. (14) Compuestos orgánicos como Tetrametil y Tetraetil plomo encuentran amplio uso como antidetonantes para combustibles de vehículos automotores.

## **CAPITULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

La metodología empleada para la realización del presente estudio, se basó principalmente en los puntos detallados a continuación:

### **1. Investigación de campo.**

Como primera parte se realizó un diagnóstico en relación al número de talleres, es decir, la ubicación de la zona de San Salvador que presentara un mayor asentamiento de éstos.

#### **1.1 Delimitación de la zona de muestreo.**

Esta zona se delimitó con un área de kilómetro y medio determinándolo de la siguiente manera: al norte con la 41 calle poniente - 39 calle poniente - Calle La Campiña, al este con la Carretera Troncal del Norte hasta el kilómetro 4, Boulevard República de Alemania, al sur con la Calle Concepción, Alameda Juan Pablo II, y al oeste con la 5a. avenida norte hasta cerrar el área (Ver Anexo No. 12).

#### **1.2 Determinación del número de talleres ubicados en dicha zona.**

Se realizó mediante la recopilación de datos referentes al número de talleres mecánicos y/o eléctricos existentes en la zona delimitada, los cuales constituyen el universo a partir del cual se determinó el tamaño de la muestra.

#### **1.3 Selección y tamaño de la muestra.**

Se refiere a la escogitación de la muestra en base al número total de

talleres existentes en la zona delimitada y haciendo uso del muestreo probabilístico aleatorio. (Tabla de números aleatorios, Ver Anexo No. 13). Se partió de un universo de 133 talleres ubicados en la zona ya mencionada. Con este tipo de muestreo cada miembro de la población tiene iguales posibilidades de ser seleccionado. Para la determinación del tamaño de la muestra y obtener datos confiables se utilizó la siguiente fórmula tanto para el ozono como para plomo: (11)

$$n = \frac{\frac{Z^2 q}{E^2 p}}{1 + \frac{1}{N} \left[ \frac{Z^2 q}{E^2 p} - 1 \right]}$$

En donde:

N = Población o universo

Z = Nivel de confianza

E = Error máximo admisible

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de no éxito

n = tamaño de la muestra

Para el caso:

N = 133 talleres

Z = 0.0854, representa el 80% de confianza

E = 0.2, representa el 20% de dispersión

$$p = 0.5 \text{ (al 50\%)}$$

$$q = 0.5 \text{ (al 50\%)}$$

$$n = ?$$

Sustituyendo datos:

$$n = \frac{\frac{(0.854)^2 (0.5)}{(0.2)^2 (0.5)}}{1 + \frac{1}{133} \left[ \frac{(0.854)^2 (0.5)}{(0.2)^2 (0.5)} \right]}$$
$$n = \frac{18.233}{1.1371}$$

$$n = 16.013$$

Aproximando:  $n = 16$  talleres

#### 1.4 Levantamiento ecológico

Para la realización del levantamiento ecológico se procedió a realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la zona, teniendo como base fundamental que el estudio de éste involucra cualquier alteración de las condiciones ambientales adversas o benéficas causadas o inducidas por una acción o conjunto de acciones, para el caso, los talleres automotores.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Es cualquier alteración de las condiciones ambientales, adversas o genéticas causadas o inducidas por una acción o conjunto de acciones.

Además, es un cambio positivo o negativo en la salud del hombre o su bienestar.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:** Es un documento técnico que identifica, describe, evalúa, valora los efectos previsibles que la realización de un proyecto predice sobre el ambiente. Constituye un análisis técnico que por mediciones produce las alteraciones que un proyecto puede producir en la salud y el ambiente, lo cual indica que es un instrumento que impide la sobre explotación del entorno natural y social. Es una herramienta necesaria para corregir situaciones caracterizadas por:

- a) Contaminación.
- b) Mala gestión de los recursos.
- c) Tierras cultivables.
- d) Ruptura de equilibrio ecológico.
- e) Efecto de desechos a nivel urbano y rural.
- f) Daño del patrimonio cultural.

Se basa en lo siguiente:

1º Prevención y corrección.

2º Lograr que conductas futuras no contribuyan al proceso por medio de la información y educación.

Para que el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) sea efectiva tiene que ser:

a) **Objetiva**

- Debe dar una información imparcial correcta del proyecto sobre el área de influencia.
- Mencionar el impacto a provocar y las mitigaciones.

b) **Sistemática.**

- Se realiza cuando el proyecto está en fase de planeación.
- Es necesario un procedimiento técnico-administrativo ordenado.

c) **Oportuna.**

- Toma de decisión.
- Estudios exhaustivos.
- Emitir dictámen o resolución.

**LIMITACIONES**

a) **Administrativas.**

- Tiempo.
- Espacio.

- Políticas.
- Sociales.
- Económicas.

**b) Del Proyecto.**

- Si es extensivo el proyecto.

**c) Ecológicas.**

- Del comportamiento del sistema en forma natural.

**d) Tecnológicas.**

- De la capacidad técnica de predecir y/o medir cambios. Se refleja en la urgencia de la respuesta, escasa información, equipo, recursos humanos y financieros, falta de coordinación e información incompleta.

Existen varios sistemas para la EIA.

**1. Matrices Clásicas de Leopold**

- Magnitud de escala: 1 a 10.
- Según importancia: 1 a 10.

**2. Superposición de transparencias.**

Se refiere a superponer sobre un mapa del área de estudio, códigos de color y símbolos.

- Transparencia: Factor ambiental.

- Tonos de color: mayor o menor impacto.

**3. Análisis multicriterio.**

Son valoraciones absolutas ponderadas.

Valor relativo depende de la comparación alternativas.

**4. Matrices interactivas.**

Se realiza en base a un interrelación de matrices.

M1: Matriz de importancia (cualitativa).

M2: Matriz de magnitud, valor 1-5.

M3: Matriz cuantitativa final (M1: 0-1)

**5. Sistema Batelle.**

Es un árbol de 4 niveles que corresponden a los aspectos significativos del medio.

Valor final:  $\sum 1.000$ .

**6. Aproximaciones metodológicas.**

**7. Criterios Relevantes Integrados.**

## CRITERIOS RELEVANTES INTEGRADOS

### METODOLOGIA

- a) **Lista de chequeo**, la cual para el presente estudio se elaboró de la siguiente manera:

#### a) RUIDO

ORIGEN	PUNTAJE
- Equipo y maquinaria existente en el interior del taller.	7
- Encendido y/o aceleración del motor.	7
- Tráfico vehicular externo, industrias, talleres circundantes y otros.	6
- Otras actividades generadas en el interior del taller.	4
<b>PROMEDIO (Para Taller 1)</b>	6

#### b) GASES

ORIGEN	PUNTAJE
- Emitidos a través del escape por encendido y/o aceleración del motor.	7
- Reparación de escapes y radiadores.	8
- Procesos de soldadura.	8
- Enderezado y pintura.	7
- Evaporación de gasolina, lubricantes, solventes y otros materiales volátiles.	9
- Tráfico vehicular externo, industrias, talleres circundantes y otros.	8
- Otras actividades generadas en el interior del taller.	9
<b>PROMEDIO (Para Taller 1)</b>	8

c) **DESECHOS**

<b>ORIGEN</b>	<b>PUNTAJE</b>
- Actividades de reparación de vehículos automotores (repuestos inutilizables, latas, contenedores vacíos, etc...)	8
- Actividades personales de los trabajadores que laboran en el taller.	6
<b>PROMEDIO (Para Taller 1)</b>	7

d) **POLVO**

<b>ORIGEN</b>	<b>PUNTAJE</b>
- Actividades realizadas en el interior del taller.	8
- Infraestructura propia del taller (piso, paredes, etc...)	7
- Ambiente externo: comercios, industrias, talleres y otros circundantes al taller en estudio.	6
<b>PROMEDIO (Para Taller 1)</b>	7

b) Descripción ambiental del área donde se analizaron los factores físico-químicos (agua, suelo y aire), biológicos (flora y fauna) y medio humano sensible.

- c) Descripción de la zona aledaña a los talleres seleccionados.
- d) Evaluación de dichos efectos, determinando de esta manera los puntos críticos de contaminación de la zona, es decir, aquellos que tienen mayor impacto negativo para el medio biótico y abiótico circundante. Para esto, se utilizó el método de Criterios Relevantes Integrados (CRI) en el cual se valoran parámetros como: generación de humo, ruido, desechos y sobre todo la generación de mayor concentración de los contaminantes en estudio.

Este método de CRI se considera que el valor del impacto ambiental generado por una acción es producto de las siguientes variables:

a) **Intensidad.**

Es el vigor con el que se manifiesta el proceso puesto en marcha. Puede determinarse mediante el uso de modelos predictivos o puede asignarse una calificación subjetiva al cambio estimado por el analista.

b) **Extensión.**

Mide la influencia espacial o superficie afectada por la acción. Deberá estimarse el área a afectar y expresarse ésta en términos porcentuales de el área de influencia directa de el proyecto para cada variable.

c) **Duración.**

Lapso o tiempo durante el cual se produce una perturbación. Tiempo durante se ejerce acción al ambiente.

d) **Reversibilidad.**

La posibilidad para retornar a la situación inicial. Mide la dificultad de recuperación de el ambiente.

e) **Probabilidad.**

Es el riesgo de que el efecto ocurra. La cuantificación para cada variable ha sido calculada empíricamente, estudiando los resultados de varios proyectos, según Cuadro No. 6, clasificado de acuerdo a su grado de relevancia.

**CUADRO No. 6**

**Puntajes asignados utilizando el método de CRI.**

<b>Relevancia</b>	<b>Ponderación</b>
Muy alta	> 8
Alta	> 6-8
Medio	4 - 6
Bajo	< 4

Ponderación <4: Menor impacto

Ponderación >8: Máximo impacto

La categoría de relevancia se refiere al grado de contaminación o impacto que un parámetro específico genera sobre una determinada población en estudio, de tal forma que las categorías de muy alta, alta, medio o bajo se asignan según la intensidad de acción o generación observada. Para el caso, los parámetros calificados fueron los de ruido (intensidad de ruido generado) por el manejo de instrumentos, equipos, arranque de motor y todo aquel generado por el mecánico durante su trabajo), humo (emisiones perceptibles ya sea visualmente o por irritación respiratoria por los trabajadores de acuerdo a las actividades que desempeñan en su lugar de trabajo), y desechos (generados a partir de las diferentes actividades que se realizan en el taller), ejemplo de desechos tenemos: repuestos inutilizables, recipientes vacíos, latas, solventes, aceites, grasas no reusables, residuos de lavado, etc.).

En el capítulo de Resultados se presenta toda la información recopilada referente al levantamiento ecológico en forma tabulada para efectos de mayor comprensión y comparación.

## **2. Obtención de los parámetros de contaminación en estudio.**

### **2.1 Ozono.**

#### **2.1.1 Obtención de la muestra.**

Para captar el ozono de la atmósfera confinada de los talleres mecánicos en estudio, se utilizaron tubos colectores de polyacril de 4.9 cm. de largo por 9.9 mm de diámetro interno, conteniendo en su interior papel filtro de fibra de vidrio Whatman EPM 2000 de 10 x 11 mm impregnados con una solución de 1,2 - di (4- piridil) etileno (DPE), llamada solución portadora, la cual tiene la función de retener el ozono circulante. (Anexo No. 14).

Los tubos previamente identificados fueron llevados al sitio de muestreo, se colocaron sin tapadera a una altura aproximada de 2 m (a nivel del suelo) y en el sitio más cercano al lugar específico de trabajo del mecánico. Los tubos se colocan con la abertura hacia abajo durante 7 días, posteriormente son recogidos, tapados y trasladados hacia el lugar de análisis.

#### **2.1.2 Lugar de realización del análisis.**

Los análisis químicos para determinar la presencia y concentración de ozono en las muestras recolectadas, fueron realizados en el laboratorio de Calidad Integral de la Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo

Económico y Social, (FUSADES).

### **2.1.3 Procesamiento de la muestra y determinación de ozono.**

#### **a) Procesamiento de la muestra.**

El procesamiento de los filtros para su posterior análisis puede detallarse en los siguientes pasos:

1. Apertura de los tubos de polyacril para transferir los filtros a tubos de ensayos.
2. Agregar 2 mL de 3-Metil-2 benzotiazolinona hidrazona hidrocioruro (MBTH) que es el reactivo de color, tapar y centrifugar.
3. Se dejan los tubos a temperatura ambiente por 1 hora para el desarrollo de color.
4. Se agitan nuevamente y se mide la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de onda de 442 nm, llevando como blanco un filtro de tubo no expuesto tratado en forma similar a la muestra.
5. Realización de los cálculos respectivos.

Como ya se mencionó, el tiempo de muestreo es de 7 días, utilizando el método de difusión pasiva. Se recomienda realizarlo en la estación seca y lluviosa para obtener un promedio anual más confiable.

#### **2.1.4 Descripción del equipo.**

Se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible Lambda 2 Perkin Elmer, a una longitud de onda del espectro visible de 442 nm usando celdas de 1 cm de espesor.

#### **2.1.5 Fundamento del método de análisis de ozono.**

Se utilizó el método de difusión pasiva, el cual se basa en la difusión del ozono a lo largo de un tubo inerte hacia un medio absorbente. La quimioabsorción del ozono se lleva a cabo por reacción con DPE, formándose un ozónido el cual se divide produciendo un aldehído por el método MBTH (reactivo de color), determinándose la concentración del aldehído (proporcional a la concentración de ozono) por espectrofotometría UV-VIS a una longitud de onda de 442 nm.

En la espectrofotometría UV-VIS se efectúa la absorción de cierta cantidad de energía que es proporcional a la concentración del analito en estudio, lo cual ocurre a una longitud de onda característica del mismo de acuerdo a su estructura química.

#### **2.1.6 Ejemplo de cálculo.**

Ejemplo de la fórmula para determinar la concentración de ozono en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ de ozono (promedio anual)} = \frac{\text{mAbs neta}}{0.0255 \text{ (horas de exposición)}}$$

En donde:

mAbs neta = Absorbancia neta de la muestra - Absorbancia del blanco multiplicado por 1000.

0.0255 = Geometría colectora constante + calibración con aparatos de medición.

Horas de exposición = tiempo de exposición, el cual debe ser de una semana (168 horas).

(Fuente: FUSADES)

Así para el taller No.1.

Absorbancia de la muestra = 0.1106

Absorbancia del blanco = 0

Mabs neta = (0.1106-0) 1000

Constante (Geometría colectora constante + calibración con aparatos de medición) = 0.0255

Horas de exposición = 168 horas.

Sustituyendo datos:

$$\begin{aligned} \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ de } \text{O}_3 \text{ (promedio anual)} &= \frac{0.1106 (1000)}{0.0255 (168)} \\ &= 25.82 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ de } \text{O}_3 \text{ como promedio anual.} \end{aligned}$$

## **2.2 Plomo**

### **2.2.1 Obtención de la muestra.**

Para la obtención de plomo en la atmósfera confinada de talleres mecánicos y/o eléctricos seleccionados, se hizo uso de filtros especiales para metales pesados y una bomba de vacío de flujo constante (Ver Anexo No. 15) unida a un portafiltro que soporta la matriz de captación del contaminante.

La bomba de vacío se coloca en el cinturón del trabajador expuesto, situando el portafiltro a nivel de la zona de respiración del mismo (Ver Anexo No. 16) para determinar con mayor precisión la concentración de plomo a la que es expuesta el mecánico mientras realiza sus actividades. El tiempo de muestreo es de 4 horas continuas a un flujo de aire de 3.1 lto/minuto al finalizar se procede a retirar el filtro, almacenándose en cajas de petri previamente tratadas con Acido Nítrico 4M y agua desmineralizada, sellándose cuidadosamente con cinta adhesiva para posteriormente ser enviadas a su respectivo análisis.

### **2.2.2 Lugar de realización del análisis.**

La cuantificación de plomo presente en los filtros obtenidos luego del muestreo efectuado en los talleres seleccionados se realizó en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) división de Sanidad Vegetal y Animal,

cantón El Matazano, Soyapango.

### **2.2.3 Procesamiento de la muestra y determinación de plomo.**

Puede resumirse en los siguientes pasos:

- a) Tratamiento de la matriz (filtro) conteniendo el elemento en estudio (plomo).

Los filtros conteniendo plomo se carbonizaron en una mufla a una temperatura de 500°C por 5 horas. El residuo obtenido se disolvió en 3 mL de agua desmineralizada de alta pureza y finalmente se trataron con 0.05 mL de solución de ácido nítrico al 10% v/v.

- b) Análisis de la muestra.

Se inyectaron 10  $\mu$ l de las muestras en solución en el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito como detector y lámpara de plomo como fuente de energía, leyendo su absorbancia respectiva a una longitud de onda de 283.7 nm, con un slit de 0.7 nm y una presión de gas (Argón) de 45 PSI. Se preparó una curva de calibración de 0.1, 0.3 y 0.5 ppm de plomo y 2 blancos (filtros sin muestra) tratados en forma similar a la muestra.

### **2.2.4 Descripción del equipo.**

El plomo fué cuantificado en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo 2380 con detector de horno de grafito

Perkin Elmer HGA-400.

### **2.2.5 Fundamento del método de análisis de plomo.**

La cuantificación de plomo se llevó a cabo por el método de absorción atómica. En este método, el elemento en solución es nebulizado dentro de una llama en la cual la muestra pasa a partículas sólidas que son vaporizadas, dissociadas en átomos libres que pasan de su estado fundamental a uno excitado produciéndose finalmente un decaimiento, emitiendo la energía absorbida en forma de luz a una longitud de onda específica (en la región UV-VIS) con la salvedad de que se mide la energía absorbida por los átomos no excitados.

### **2.2.6 Ejemplo de cálculo.**

Para obtener la cantidad de plomo presente en la muestra se utilizó la formula siguiente:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \text{Fd} \left( \frac{\text{Abs}}{\text{Pend Pmx V}} \right)$$

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

En donde:

Fd = factor de dilución de la muestra.

Abs = Absorbancia de la muestra.

Pend = pendiente obtenida a partir de la curva de calibración de los estándares de 0.1 , 0.3 y 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de plomo.

Pmx = peso del residuo después de la carbonización.

V = Volumen de aire muestreado

$$V = 3.1 \frac{X}{\text{min}} \frac{1}{1000} \text{m}^3 = 0.0031 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

0.0031 m<sup>3</sup> - 1 minuto

$$X = 0.744\text{m}^3$$

X - (240) minutos  
equivalentes a las 4 horas de  
muestreo.

X = volumen de aire  
muestreado por 4 horas

Así para el taller No. 1.

Factor de dilución = 3

Absorbancia de la muestra = 0.0025

Pendiente de curva de calibración de estándares = 0.0438

Peso de residuo = 0.0505

Volumen de aire muestreado = 0.744m<sup>3</sup>

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ Pb} = 3 \frac{0.0025}{0.0438 \times 0.0505 \times 0.744\text{m}^3}$$

$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ Pb} = 4.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por 4 horas de exposición

9.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 8 horas de exposición

Para Taller No. 3:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ Pb} = 1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 4 \text{ horas y} \\ 3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 8 \text{ horas de exposición}$$

## **CAPITULO III**

## **RESULTADOS**

**1. Descripción de talleres seleccionados. CUADRO No. 7**

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	No. TRABAJADORES EXPUESTOS	RANGO DE EDADES	ACTIVIDADES REALIZADAS
1	Taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre).	Taller pequeño, estrecho, totalmente abierto. Suelo de tierra y cemento (en su mayoría tierra). Posee 2 árboles (no frondosos) en su interior. Los mecánicos no utilizan ningún tipo de protección (excepto máscara para procesos de soldadura). La eliminación de desechos se hace directamente al suelo y en alcantarillas, sólidos de gran volumen en basurereros.	2	22 - 41	- Reparación mecánica automotriz. - Soldadura. - Reparación de escapes y radiadores.
2	Taller Gerald	Taller grande, amplio, parcialmente techado. Suelo de cemento en su totalidad. No existe ninguna tipo de vegetación en su interior. Los mecánicos utilizan gabacha como uniforme de trabajo y es su única protección. La eliminación de desechos se da a través de alcantarilla, sólidos de gran volumen en basurereros.	8	17 - 40	- Enderezado y pintura. - Reparación mecánica general y eléctrica.
3	Taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre).	Taller grande, amplio, parcialmente techado (toda su periferia). Suelo de cemento. No existe ningún tipo de vegetación. Algunos mecánicos utilizan gabacha, además de su ropa de trabajo, otros solamente gabacha. Los que se dedican a enderezado y pintura algunas veces utilizan mascarilla. Eliminación de desechos a través de alcantarilla, sólidos de gran volumen en basurereros.	6	21 - 31	- Enderezado y pintura (principalmente). - Mecánica general.

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	No. TRABAJADORES EXPUESTOS	RANGO DE EDADES	ACTIVIDADES REALIZADAS
4	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre).	Taller pequeño, sumamente estrecho, abierto en su totalidad. Suelo de tierra. Existen algunos arbustos pequeños. Los mecánicos no utilizan ningún tipo de protección. La eliminación de desechos se da a través de alcantarilla, suelo y basurero.	2	18 - 21	- Reparación mecánica y eléctrica.
5	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre)	Taller de tamaño regular, abierto (solo una porción de aproximadamente 2 mts. de largo por 1 mt. de ancho). Suelo de tierra. No hay vegetación ni animales en su interior. Los mecánicos no utilizan ningún tipo de protección. La eliminación de desechos se da directamente en el suelo, en la alcantarilla y en basureros. En su interior también se encuentra una tienda-comedor.	5	15 - 40	- Mecánica general. - Enderezado y pintura.
6.	Taller Henríquez	Taller de tamaño regular, completamente techado, piso de ladrillo. No hay vegetación en su interior. Si hay algún proceso de soldadura ocupan máscara para protegerse. En el caso de pintura de vehículos, utilizan mascarilla para polvo. Como uniforme de trabajo utilizan gabacha (sin otra vestimenta bajo ella). Desechos como restos de aceite, solventes u otros materiales líquidos son eliminados esparciendo aserrín sobre ellos y luego desechando este en la basura. También hacen uso de alcantarilla para esta finalidad.	5	24 - 30	- Mecánica general. - Enderezado y pintura.

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	No. TRABAJADORES EXPUESTOS	RANGO DE EDADES	ACTIVIDADES REALIZADAS
7	Taller Socio y Castillo.	Taller de tamaño regular, techado en una porción aproximada de 4 x 3 m, el resto es abierto. El piso es de tierra. En el interior del taller hay algunos árboles (poco frondosos). No hay ningún tipo de fauna. Los mecánicos no utilizan ningún tipo de protección. Algunos utilizan gabacha como uniforme, otros ropa normal de trabajo. La eliminación de desechos se hace directamente en el suelo, alcantarilla y sólidos de gran volumen a través del servicio de recolección de basura.	7	19 - 42	- Reparación de motores marítimos. - Mecánica general. - Enderezado y pintura.
8	Taller Chele Paco	Taller pequeño, completamente abierto. Suelo de tierra. Posee varios árboles no frondosos. No utilizan ningún tipo de protección. La eliminación de desechos se hace directamente en el suelo, alcantarilla o basureros.	4	20 - 40	- Mecánica general y eléctrica.
9	Taller Estévez	Taller pequeño, estrecho, parcialmente abierto. Piso de tierra. Posee varios árboles y otras plantas varias. No utilizan ningún tipo de protección. La eliminación de desechos es en el suelo y barriles, luego a la alcantarilla.	8	13 - 32	- Mecánica automotriz. - Pintura. - Soldadura.

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	No. TRABAJADORES EXPUESTOS	RANGO DE EDADES	ACTIVIDADES REALIZADAS
10	Taller San Antonio	Taller amplio, parcialmente abierto. Piso de tierra y cemento. Posee varios árboles. Los mecánicos no usan ningún tipo de protección. La eliminación de desechos es por medio de barriles y luego lo venden para calderas.	5	28 - 40	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecánica automotriz.</li> <li>- Electricidad.</li> </ul>
11	Taller Empty Motors	Taller amplio, parcialmente abierto. Piso de tierra y cemento. Tiene 2 árboles. Los mecánicos solo usan uniforme como protección. La eliminación de desechos es por medio de barriles y luego la alcantarilla.	5	18 - 35	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecánica.</li> <li>- Pintura.</li> <li>- Soldadura.</li> </ul>
12	Taller Mecánica Automotriz (sin nombre)	Taller amplio, parcialmente abierto. Piso de cemento. Tiene 3 árboles y plantas. Los mecánicos solo usan su uniforme como protección. La eliminación de desechos es por medio de barriles, luego los venden para calderas.	8	16 - 45	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecánica automotriz.</li> </ul>

No.	NOMBRE	DESCRIPCION	No. TRABAJADORES EXPUESTOS	RANGO DE EDADES	ACTIVIDADES REALIZADAS
13	Taller Servicers	Taller amplio, parcialmente entre abierto. Piso de tierra y cemento. No tiene árboles. Los mecánicos no usan ningún tipo de protección. Eliminación de desechos es por medio de barriles, luego la alcantarilla.	8	22 - 33	- Mecánica automotriz. - Pintura. - Soldadura.
14	Taller de Mecánica Automotriz (sin nombre)	Taller pequeño, estrecho, totalmente abierto. Piso de tierra. Tiene 2 árboles y plantas. Los mecánicos no usan ningún tipo de protección. La eliminación de desechos es en el suelo.	2	28 - 50	- Mecánica automotriz. - Pintura. - Soldadura.
15	Taller Repamotor	Taller amplio, muy ventilado. Piso de tierra y cemento. Posee 6 árboles y plantas. Los trabajadores usan uniforme como protección. La eliminación de desechos es en el suelo y barriles, luego la alcantarilla.	8	20 - 48	- Mecánica automotriz. - Soldadura
16	Taller Ragazzone	Taller pequeño, estrecho, parcialmente abierto. No posee árboles. Los trabajadores usan uniforme como protección. La eliminación de desechos es por medio de barriles, luego la alcantarilla.	6	21 - 55	- Mecánica automotriz. - Pintura. - Soldadura

## 2. Concentraciones de los contaminantes.

### 2.1 Ozono.

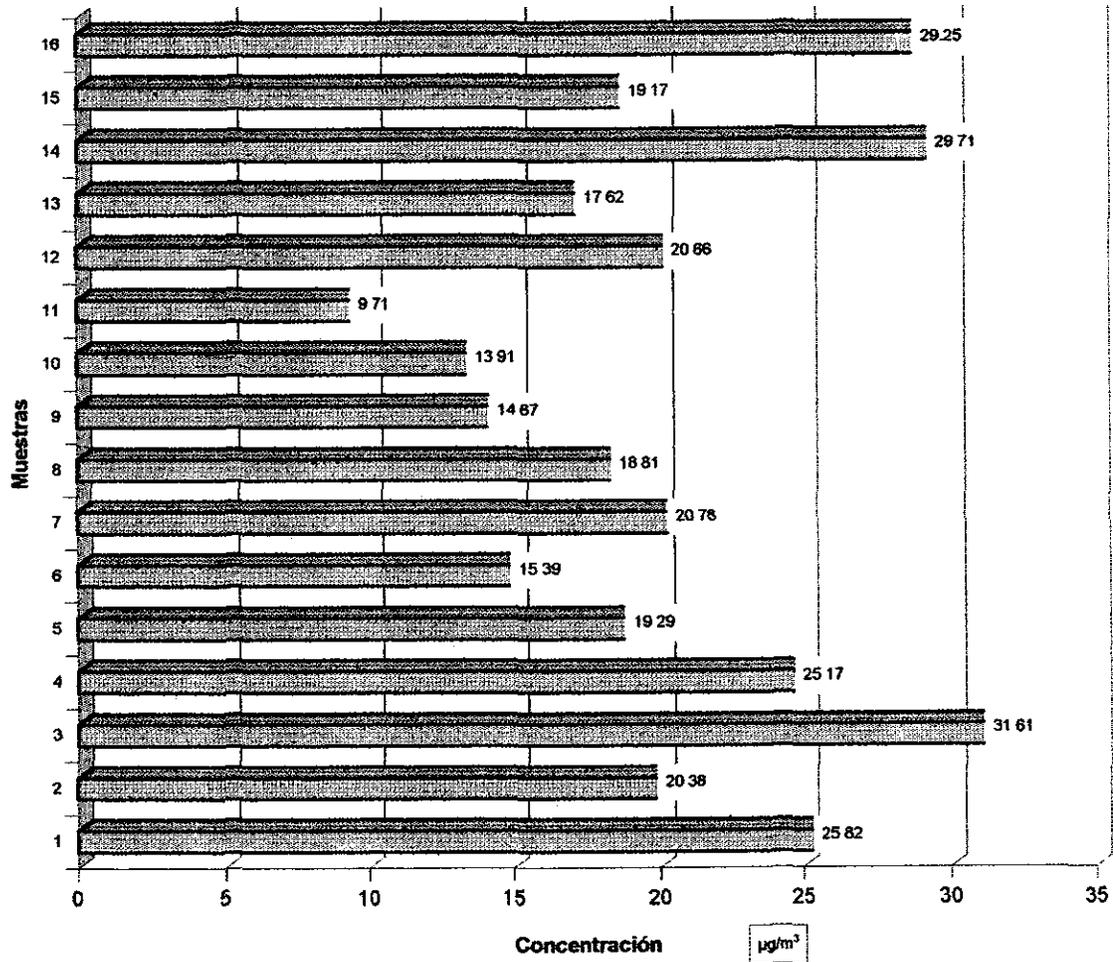
#### CUADRO No. 8

Concentraciones de ozono obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados. El Salvador, 1998.

Muestra	Nombre del taller	Concentración de ozono ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )
1	Taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre).	25.82
2	Taller Gerald	20.38
3	Taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre).	31.61
4	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre).	25.17
5	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre)	19.29
6	Taller Henríquez	15.39
7	Taller Socio y Castillo.	20.78
8	Taller Chele Paco	18.81
9	Taller Estevez	14.67
10	Taller San Antonio	13.91
11	Taller Empy Motors	9.71
12	Taller Mecánica Automotriz (sin nombre)	20.66
13	Taller Servicars	17.62
14	Taller de Mecánica Automotriz (sin nombre)	29.71
15	Taller Repamotor	19.17
16	Taller Ragazzone	29.25

## GRAFICO No. 1

**Concentraciones de ozono obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados. El Salvador, 1998.**



Concentración máxima de ozono: 31.61 µg/m<sup>3</sup>

Concentración mínima de ozono: 9.71 µg/m<sup>3</sup>

Promedio: 20.75 µg/m<sup>3</sup>

Período de medición: 7 días

Norma (Promedio anual) 60 µg/m<sup>3</sup> Según OMS

Según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) los límites de exposición permisible de ozono son: 0,05 ppm para trabajo pesado; 0.08 ppm para trabajo moderado y 0.1 ppm para trabajo liviano.

## 2.2 Plomo.

### CUADRO No. 9

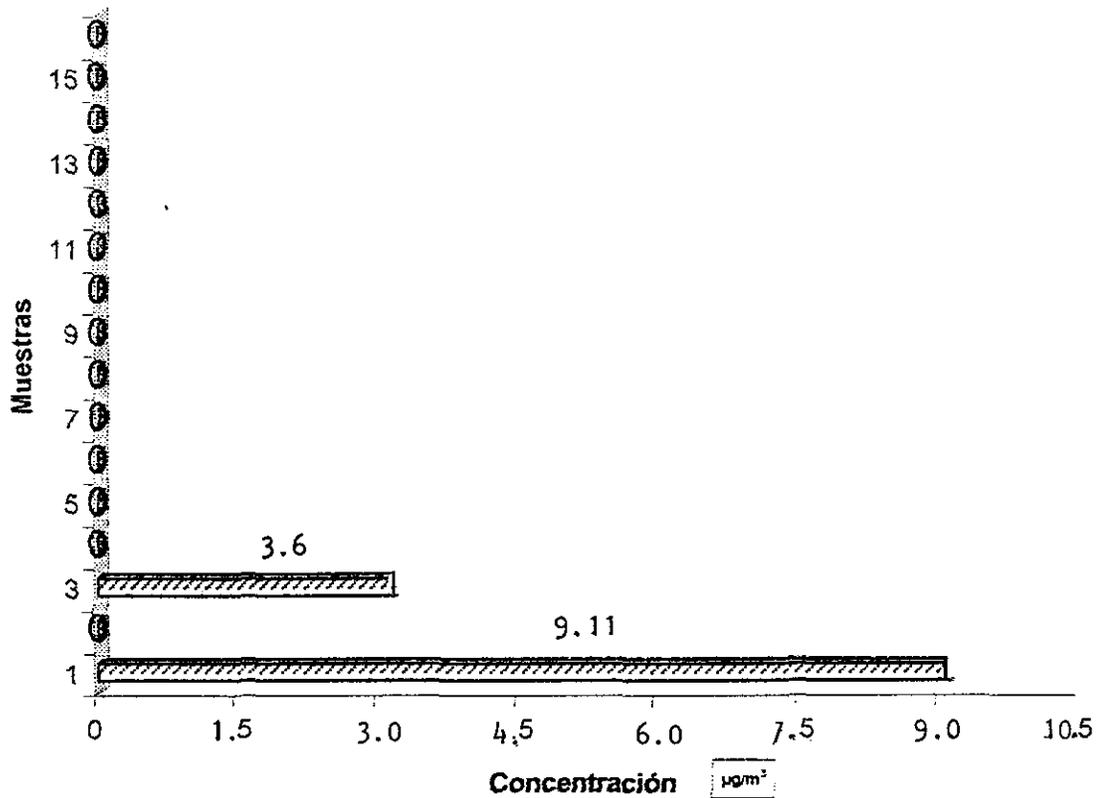
**Concentraciones de plomo obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados. El Salvador, 1998.**

Muestra	Nombre del taller	Concentración de plomo * ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )
1	Taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre).	9.11
2	Taller Gerald	No detectado
3	Taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre).	3.6
4	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre).	No detectado
5	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre)	No detectado
6	Taller Henríquez	No detectado
7	Taller Socio y Castillo.	No detectado
8	Taller Chele Paco	No detectado
9	Taller Estevez	No detectado
10	Taller San Antonio	No detectado
11	Taller Emphy Motors	No detectado
12	Taller Mecánica Automotriz (sin nombre)	No detectado
13	Taller Servicars	No detectado
14	Taller de Mecánica Automotriz (sin nombre)	No detectado
15	Taller Repamotor	No detectado
16	Taller Ragazzone	No detectado

\* en 8 horas de trabajo diario.

## GRAFICO No. 2

**Concentraciones de plomo obtenidas en muestras colectadas en los talleres seleccionados. El Salvador, 1998.**



Concentración máxima de plomo:  $9.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 8 horas de exposición.

Concentración mínima de plomo:  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 8 horas de exposición.

Período de medición: 4 horas

Norma (Promedio anual)  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Según OMS

Este promedio anual se refiere a la concentración de plomo de interiores (atmósfera confinada).

Según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) el límite de exposición permisible de plomo es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de aire 8 horas diarias.

### 3. Estudio de Impacto Ambiental.

#### 3.1 Descripción de la zona aledaña a los talleres.

**CUADRO No. 10**

No.	NOMBRE DEL TALLER	DESCRIPCION DE LA ZONA
1	Taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre).	Alrededor del taller existen más talleres, tanto de mecánica, electricidad, enderezado y pintura. Se ubica sobre calle principal, hay abundante tráfico liviano y pesado. A una distancia aproximada de una cuadra se encuentra una gasolinera. Existen numerosas casas, así como otro tipo de comercios (farmacia, sala de belleza, comedores, colegio, etc.)
2	Taller Gerald	Existen numerosos comedores en la periferia. El taller está ubicado sobre una avenida principal en la cual el tráfico es abundante (liviano y pesado), parada de buses frente al taller. A una cuadra de distancia hay una gasolinera. Hay numerosos comedores cerca del taller, así como otros comercios (venta de llantas, tiendas, comida ambulante, motel). No existen más talleres cerca.
3	Taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre).	Cercano al taller hay 2 más. Se encuentra ubicado en esquina, sobre avenida y calle no principal. Sobre la calle el tráfico es bastante fluido, liviano y pesado. No así sobre la avenida. Pocas viviendas en los alrededores. Iglesia, gasolinera, supermercado, comedores y centros de enseñanza cerca. Prácticamente no hay vegetación. Solo unos pocos árboles no frondosos.
4	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre).	Se observan 2 talleres mecánicos automotores en su proximidad. Ubicado en calle no principal pero con tráfico vehicular liviano y pesado abundante. Hay una gasolinera frente al taller. Prácticamente sin vegetación y pocas viviendas cercanas al taller. Existen negocios de comida, polarizado de vehículos cerca.
5	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre)	Situado sobre pasaje de zona residencial. Por lo que hay numerosas viviendas alrededor. Prácticamente no hay vegetación en la periferia Hay un pequeño basurero a la entrada del taller (son desperdicios generados por el taller). No hay tráfico pesado. Poca afluencia de tráfico liviano Está separado de una avenida principal por un autolote.

No	NOMBRE DEL TALLER	DESCRIPCION DE LA ZONA
6.	Taller Henríquez	Situado a orilla de avenida principal. Abundante tráfico vehicular liviano y pesado. Numerosos talleres cercanos situados en serie (línea) y otro más en la periferia. Existen diversos tipos de comercio cercanos: comedores, mercado, zapaterías, abarroterías, minisuper, tiendas, colegio y clínica asistencial. No hay vegetación alrededor
7	Taller Socio y Castillo	Hay más talleres en la cuadra. Existen ventas de comida cerca: comedores, sorbetería, cafetería; además, negocios como tiendas, autolote. Ubicado sobre calle secundaria, con una afluencia media de tráfico liviano. Pocas viviendas cerca. Prácticamente no existe vegetación en los alrededores.
8	Taller Chele Paco	Cercano a más talleres. En los alrededores hay negocios como: comedores, cervecería, tienda, taller de carga de batería, iglesia y colegio. No hay vegetación en la zona, situado en avenida principal con bastante afluencia de tráfico pesado y liviano.
9	Taller Estevez	Se encuentran negocios cerca como comedores y otras industrias. Hay más talleres cerca. Situado sobre calle principal, con gran afluencia de tráfico liviano y pesado. No hay vegetación en las proximidades y prácticamente no hay viviendas en los alrededores.
10	Taller San Antonio	Se encuentran varios árboles y arbustos alrededor del taller. No está situado sobre calle principal. Solamente se encuentra un taller cerca. El tráfico vehicular es ínfimo.
11	Taller Empy Motors	Existen más talleres cerca. Se encuentran negocios como: comedores, comida ambulante, escuela. No está situado sobre calle principal. Tiene poca vegetación. El tráfico vehicular liviano y pesado es regular.
12	Taller Mecánica Automotriz (sin nombre)	Cercano al taller hay un barranco por donde pasa un río. Situado en calle principal. Abundante tráfico vehicular (liviano y pesado). Se encuentran algunos árboles y arbustos en los alrededores. Hay comedores cerca

No	NOMBRE DEL TALLER	DESCRIPCION DE LA ZONA
13	Taller Servicars	Alrededor del taller se encuentran comedores y otros tipos de industria. No hay más talleres cerca. Se encuentra un poco de vegetación alrededor. No está situado sobre calle principal. El tráfico liviano y pesado es regular.
14	Taller de Mecánica Automotriz (sin nombre)	Cerca del taller hay un taller más. Se encuentra cerca de la calle principal. Hay comedores cerca. Hay mucha vegetación a su alrededor. El tráfico vehicular liviano y pesado es regular.
15	Taller Repamotor	El tráfico vehicular liviano y pesado es considerable. Se encuentran comedores cerca del taller. No hay mucha vegetación alrededor. Está cerca de calle principal. A media cuadra hay una gasolinera. Cercano al lugar hay una universidad y otros negocios como tiendas, lavado de autos, etc.
16	Taller Ragazzone	El tráfico vehicular liviano y pesado es regular. Tiene a su alrededor poca vegetación, está cerca de calle principal.

### 3.2 Puntos críticos de la zona en estudio empleando el método Criterios Relevantes Integrados (CRI)

**CUADRO No. 11**

**Asignación de puntajes por medio del método de CRI para la determinación de los puntos críticos de contaminación de la zona según parámetros de ruido, gases emitidos, generación de desechos y polvo por talleres seleccionados.**

No	Nombre del taller	Ruido	Gases emitidos	Generación de desechos	Polvo	Total	Promedio
1	Taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre).	6	8	7	7	28	7.0
2	Taller Gerald	5	6	6	6	23	5.8
3	Taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre)	4	7	6	6	23	5.8
4	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre)	3	4	5	4	16	4.0
5	Taller mecánico y eléctrico (sin nombre)	5	7	8	7	27	6.8
6	Taller Henríquez	7	5	7	6	25	6.3
7	Taller Socio y Castillo.	5	7	7	7	26	6.5
8	Taller Chele Paco	5	6	5	5	21	5.3
9	Taller Estevez	8	7	7	8	30	7.5
10	Taller San Antonio	5	4	7	6	22	5.5
11	Taller Emphy Motors	6	7	6	5	24	6.0
12	Taller Mecánica Automotriz (sin nombre)	5	6	7	5	23	5.8
13	Taller Servicars	6	7	6	6	25	6.3
14	Taller de Mecánica Automotriz (sin nombre)	4	5	3	4	16	4.0
15	Taller Repamotor	6	7	7	7	27	6.8
16	Taller Ragazzone	7	6	6	5	24	6.0
<b>PROMEDIO</b>		<b>5.4</b>	<b>6.2</b>	<b>6.3</b>	<b>5.9</b>	<b>23.8</b>	<b>6.0</b>

## **CAPITULO IV**

### **DISCUSION DE RESULTADOS.**

## **1. Ozono**

En base al análisis de los resultados de ozono pudo detectarse que las concentraciones de dicho elemento en la zona oscilaron entre  $9.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $31.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La mayor concentración de ozono se reportó en taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre, No. 3) y la menor en el taller Emphy Motors. (No. 11).

Los niveles de ozono encontrados en la zona de muestreo no sobrepasaron el límite permisible establecido ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como promedio anual. Observando los Cuadros No. 8 y 10 correspondiente al capítulo de resultados, podemos encontrar que el taller que presenta mayor concentración de ozono se encuentra ubicado en una zona de alto flujo vehicular y que además realizan la actividad de enderezado y pintura, no así el taller que presenta menor concentración de ozono, el cual se ubica en una zona de menor flujo vehicular aunque también realiza actividades de soldadura, enderezado y pintura.

Si bien los resultados no sobrepasan los límites permisibles por la OMS puede observarse que la emanación de gases por automotores influye en gran medida en los niveles de contaminantes presentes en la zona en estudio.

## **2. Plomo.**

Respecto a este contaminante podemos observar que las concentraciones oscilaron entre  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (no detectado) y  $9.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Analizando el CUADRO No. 9 correspondiente al capítulo de resultados, únicamente el taller No. 1 (sin nombre) y el No. 3 (sin nombre) reportaron un nivel detectable de ese contaminante.

Aunque de alguna forma pretendía demostrarse que la actividad de reparación de vehículos por ella misma y por los diferentes materiales (solventes, grasas, etc.) representaba una fuente de emanación de plomo a la atmósfera (especialmente atmósfera confinada), en 14 de los 16 talleres muestreados no se detectaron niveles significativos de éste, lo cual indica en gran manera que la emisión de este contaminante ha disminuido en gran medida por la disposición tomada por el actual gobierno de suprimir el uso de tetrametilo y tetraetilo de plomo como aditivo antidetonante de la gasolina y que además la emanación de plomo a partir de solventes, aceites, lubricantes (y demás materias primas empleadas en ellos) es casi despreciable.

Sin embargo, el Cuadro No.10 refleja que este se ubica en una zona de alto flujo vehicular y que además circundante a él se encuentran otros talleres, lo cual en alguna medida influye en los resultados obtenidos. Debe mencionarse que la época de muestreo de este contaminante se llevó a cabo en estación lluviosa lo cual puede influir en los niveles de contaminación

encontrados; sumado a esto, el tiempo de muestreo empleado fue el mínimo y debe recalcar que generalmente este contaminante se encuentra en pequeñas trazas, las cuales son difíciles de detectar. Las concentraciones encontradas de plomo en la zona en estudio no sobrepasan los límites permisibles establecidos (23).

### **3. Puntos críticos de contaminación de la zona.**

En base al análisis de resultados presentados en el CUADRO No. 11, correspondiente al capítulo de resultados y empleando el método de Criterios Relevantes Integrados, puede observarse que los puntajes para la determinación de los puntos críticos de contaminación se hallan distribuidos así:

#### **a) Ruido.**

El mayor puntaje lo tiene el taller Estévez (No. 9) siendo de 8, y el menor puntaje de 3 lo presenta el taller mecánico y eléctrico (Sin nombre, No. 4). El taller de mayor puntaje tiene más personal por lo cual realiza más labores y genera más ruido, a esto se suma un mayor tráfico vehicular en los alrededores del mismo.

**b) Gases emitidos.**

El mayor puntaje lo tiene el taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre, No. 1) siendo de 8, y el menor puntaje de 4 lo presentan el taller mecánico y eléctrico (sin nombre, No. 4) y el taller San Antonio. (No. 10) El taller de mayor puntaje presenta la actividad de reparación de escapes y radiadores lo cual favorece la emisión de gases, no así los talleres de menor puntaje que presentan las actividades de reparación mecánica y eléctrica, pintura y soldadura.

**c) Generación de desechos.**

El mayor puntaje de 8 lo tiene el taller mecánico y eléctrico (sin nombre, No. 5) y el menor puntaje de 3 el taller de mecánica automotriz (sin nombre, No. 14). El taller de mayor puntaje posee más personal de trabajo y mayor número de actividades, por lo cual general mayor cantidad de desechos.

**d) Polvo.**

El mayor puntaje lo tiene el taller Estévez (No. 9) el cual es de 8, y el menor puntaje de 4 lo presentan los talleres mecánico y eléctrico (sin nombre, No. 4) y el taller de mecánica automotriz (sin nombre, No. 14). El taller de más puntaje tiene piso de tierra al igual que los talleres de menor puntaje, pero presenta más trabajadores y por lo tanto mayor número de actividades las cuales aumentan la generación de polvo.

Si bien estos talleres no presentan altos niveles de los contaminantes estudiados respecto a plomo, si presentan un nivel más o menos significativo de ozono. Sumado a ello, la evaluación de otros parámetros como generación de ruido, desechos, polvo y emisión de gases en general hacia su entorno circundante.

Puede observarse que las actividades que se realizan en ellos así como las dimensiones del establecimiento y personas que laboran en ellos son factores que influyen en la generación de los parámetros evaluados.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES**

- Los talleres automotores en general no poseen instalaciones adecuadas, algunos carecen de ventilación y otros son reducidos. Los trabajadores realizan sus labores sin ningún tipo de protección lo cual constituye un riesgo potencial de contaminación.
- Los desechos que son producidos por los talleres son descartados en barrancas, suelo o vendidos para calderas, lo cual contribuye a la contaminación.
- Debido a la falta de protección del personal que labora en los talleres, estas personas no tienen buenos hábitos higiénicos, lo cual favorece que al ingerir sus alimentos se incremente el peligro de intoxicación del contaminante vía digestiva.
- Se encontró la presencia de ozono pero este no sobrepasa los límites establecidos por la OMS. La mayor concentración de Ozono se encontró en el taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre, No. 3) siendo el taller Empy Motors (No. 11) el de menor concentración. El taller de mayor concentración es más amplio que el de menor concentración, tiene más personal y tráfico más fluido aunque ambos están cerca de calle principal, tiene otros talleres cercanos y tienen actividades similares aunque el taller de mayor concentración se dedica principalmente al enderezado y pintura.

- Se encontró la presencia de plomo únicamente en 2 talleres los cuales son el taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre, No. 1) y el taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre, No. 3) pero estos no sobrepasan los límites establecidos por la OMS. Esto puede estar relacionado con la prohibición de plomo en el uso como aditivo antidetonante de la gasolina.
- El mayor puntaje de ruido lo tiene el taller Estévez (No. 9) siendo el menor el taller mecánico y eléctrico (sin nombre, No. 4). Estos datos dependen de las actividades realizadas y si hay más personal el trabajo aumenta lo que influye en la generación de ruido.
- El mayor puntaje de gases emitidos lo tiene el taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre, No.1) y los de menor puntaje los talleres mecánico y eléctrico (sin nombre, No.4) y taller San Antonio (No. 10). Se puede decir que la actividad de reparación de escapes y radiadores favorece la emisión de gases.
- El mayor puntaje de generación de desechos lo tiene el taller mecánico y eléctrico (sin nombre, No. 5) y el de menor puntaje el taller de mecánica automotriz (sin nombre, No. 14). Se puede mencionar que si hay más personal aumentan las actividades realizadas lo cual influye en la generación de desechos.

- El mayor puntaje de polvo lo tiene el taller Estévez (No. 9) y el menor los talleres mecánico y eléctrico (sin nombre, No. 4) y taller de mecánica automotriz (sin nombre, No. 14). Se puede decir que si aumentan las actividades, aumentará la generación de polvo.
- En general los talleres mecánicos y/o eléctricos constituyen una fuente de contaminación para el entorno, ocupacional así como general debido a la generación de desechos, polvo, ruido y gases que pueden incluir la presencia de diversos contaminantes químicos, para el caso ozono y plomo.
- En general, los resultados obtenidos pudieron verse afectados por factores climáticos, así para el caso del plomo, su muestreo se llevó a cabo en época lluviosa la cual tiende a tener un poco más libre el ambiente de contaminantes.
- La contaminación ambiental y ocupacional por ruido, gases, polvo y desechos generada por los talleres automotores está relacionada en gran medida por los diversos tipos de actividades que en ellos se realizan así como por las características físicas de sus instalaciones. Así un taller sin techo disminuye la exposición ocupacional y aumenta la general y viceversa, a un tipo de contaminante o varios en especial; o si presentan como actividad principal la reparación de escapes y soldadura, mayor es la generación de gases.

- En términos generales, el taller que aporta el mayor impacto al ambiente, es el taller No.9 (Taller Estévez); siendo el promedio general de impacto producido por talleres de carácter medio (promedio 6.0).

Respecto solamente a los contaminantes en estudio, el taller que representa un punto crítico de contaminación por su aporte de plomo y ozono es el No. 1, ya que presenta la mayor concentración de plomo detectado, así como una alta concentración de ozono.

**CAPITULO VI**  
**RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los organismos gubernamentales la aplicación efectiva del Reglamento de Tránsito y Seguridad Vial en lo referente al título de la Contaminación Ambiental, y de la extensión del Certificado de Control de Emisiones así como el uso de convertidores catalíticos para minimizar en alguna medida el nivel de contaminación originado por vehículos automotores.
- Que el gobierno junto a la empresa privada e instituciones ambientalistas unan esfuerzos para la realización de estudios e implementación de medidas que de forma efectiva y a corto plazo tiendan a mejorar la calidad de aire que respiramos.
- Realizar periódicamente monitoreos ambientales de las concentraciones de los principales contaminantes emitidos por vehículos automotores, no solo a nivel general, sino también en ambiente ocupacional relacionado directamente con los mismos, como es el caso de talleres mecánicos y eléctricos.
- Se recomienda a las instituciones ambientalistas, Ministerio del Ambiente y demás organizaciones gubernamentales pertinentes, un estudio exhaustivo del Impacto Ambiental generado por los talleres automotores en la zona aledaña a ellos para determinar con mayor exactitud el grado de contaminación que aportan al ambiente general.

- Se recomienda que los locales donde funcionan los talleres sean ventilados, posean vegetación, baño y evitar que sea el lugar de habitación de los propietarios para que así no se aumente el riesgo de contaminación. Además, el personal que labora en los talleres debe usar medidas de protección para evitar la contaminación tales como: mascarilla, lentes de protección, gabacha, guantes, el cual debe ser proporcionado por los propietarios de los establecimientos.
- Al Ministerio de Trabajo que promueva la realización de charlas a personal que labora en los talleres y la población en general sobre higiene personal en el desarrollo de sus actividades con el fin de evitar la absorción de los contaminantes así como información de los síntomas principales de contaminación de ozono y plomo para que así estas personas y la población en general puedan acudir al médico y evitar mayores problemas de salud.
- A la industria, sector transporte y población general, acatar completamente las medidas reglamentarias que se establezcan en materia de ambiente para beneficio de todo el país. Concientizar que un mantenimiento adecuado de los diversos vehículos contribuye favorablemente a la disminución de contaminación en general.

- Colocar tapas herméticas en tanques de almacenamiento de combustibles y pipas, en tanques de gasolina teniendo la precaución de no almacenar gasolina o solventes en recipientes destapados.
- No permanecer en lugares cerrados cuando se estén utilizando pinturas de aceite, barnices o solventes. Utilizar equipo de protección.
- No practicar ejercicio entre las 10:00 y 16:00 horas, cuando los niveles de ozono están elevados. Mantener las ventanas cerradas en su casa o lugar de trabajo en horas de tráfico intenso y limpie el polvo. No dejar que los niños jueguen cerca de la gasolinera o lo acompañen a la misma.
- Se recomienda ingerir frutas y verduras de color verde, amarillo o anaranjado debido al contenido de vitaminas que según literatura nos hacen menos sensibles al ozono. De igual forma, se recomienda aumentar el consumo de leche, queso y derivados, por ser ricos en calcio lo que ayuda a disminuir la cantidad de plomo que ingresa por vía digestiva.
- Es conveniente realizar un mayor control de la venta de alimentos en la vía pública, sobre todo en aquellos que se encuentren en lugares de mayor tráfico vehicular.
- Si bien la eliminación de los compuestos alquílicos de plomo de la gasolina han disminuido notablemente la presencia de plomo en el ambiente en general, se recomienda realizar estudios de la concentración de plomo en sangre de los trabajadores del ambiente ocupacional de talleres mecánicos

y eléctricos así mismo verificar exámenes del oído para de esta forma complementar el presente estudio y determinar si esta actividad representa una importante fuente de exposición a este contaminante en aquellos países en los cuales no se ha eliminado este elemento de la gasolina.

- Realizar investigaciones que establezcan los diversos contaminantes a los que se exponen los trabajadores en talleres mecánicos y eléctricos e *implementar medidas de seguridad a los mismos para minimizar el riesgo de intoxicación aguda o crónica que pueda originarse por el contacto periódico con estos contaminantes.* Además, puede completarse este estudio con investigaciones que involucren la presencia de otros contaminantes como solventes utilizados como diluyentes en las pinturas y material particulado  $PM_{10}$ ,  $PM_5$  y  $PM_{2.5}$  por ser estos últimos los de mayor problema a nivel pulmonar.
- Efectuar una evaluación referente a las aguas residuales, suelo y aire de los alrededores de los talleres para determinar el grado de contaminación que han sufrido al exponerse a actividades de reparación de automotores, como base a medidas de control a tomar por las instituciones involucradas en aspectos ambientales.

## **RESUMEN**

Con el presente trabajo se ha pretendido realizar una investigación del Impacto Ambiental producido por talleres mecánicos y eléctricos en la zona norte del municipio de San Salvador. Para esto se efectuó un censo de los talleres existentes en una zona delimitada y a partir de éste se seleccionó una muestra representativa del mismo. Posteriormente se recopiló información de los contaminantes más comunes emanados por los vehículos automotores, seleccionándose como parámetros de estudio los contaminantes plomo y ozono debido a los graves riesgos de toxicidad a corto y largo plazo que representan.

La captación de plomo se hizo mediante el uso de una bomba de vacío de flujo constante y filtros especiales para metales pesados, cuantificándose por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito en los laboratorios del Ministerio de Agricultura y Ganadería, División de Sanidad Vegetal y Animal; y para la determinación de ozono, se utilizó el método de difusión pasiva a través de tubos colectores, cuantificándose posteriormente por espectrofotometría ultravioleta visible en los laboratorios de Calidad Integral de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social, FUSADES, los resultados obtenidos demostraron la presencia de estos

contaminantes: ozono en los 16 talleres muestreados, siendo la mayor concentración en el taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre, No. 3) de  $31.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y la menor concentración en el taller Empy Motors (No. 11) de  $9.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Respecto al plomo, únicamente se encontró en 2 talleres: en el taller de mecánica general, escapes y radiadores (sin nombre, No. 1) con una concentración de  $9.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y en el taller de mecánica general, enderezado y pintura (sin nombre, No. 3) con una concentración de  $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , las cuales no sobrepasan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), ni la normativa de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), para plomo ocupacional en un período de trabajo de 8 horas.

Al mismo tiempo se realizó un levantamiento ecológico de los talleres seleccionados el cual consistió en la evaluación de los parámetros siguientes: ruido, polvo, generación de gases y desechos. Para este fin se utilizó el método de Criterios Relevantes Integrados, determinándose de esta forma los puntos críticos de contaminación de la zona aledaña a los talleres seleccionados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Arguello, Roberto. Medio Ambiente y Salud: Informe Final. San Salvador, ANSAL. 1994.
2. Bickel, John; Fruch, Ricardo. Control de emisiones de gases, motores diesel. PROECO. Algier's Impresores, 2a. Ed. El Salvador, 1997.
3. Carreón Valencia, Tania. Manual de Procedimientos en la toma de muestras biológicas y ambientales para determinar niveles de plomo. Metepec, ECO. 1995.
4. Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México. El IMECA una forma de medir la contaminación.
5. Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México. El Ozono y sus precursores.
6. Congreso Mundial de Contaminación del aire en países en vía de desarrollo. San José, Costa Rica. (Del 21 al 26 de Octubre de 1996). Volumen I.
7. Congreso Mundial de Contaminación del aire en países en vía de desarrollo. San José, Costa Rica. (Del 21 al 26 de Octubre de 1996). Volumen II.
8. Chou, Ya-Lun. Análisis Estadístico. 2a. Ed. México. Editorial Interamericana. 1997.
9. Díaz Barriga, Fernando. Evaluación de riesgos para la salud en la población expuesta a metales en Bolivia. México, Metepec. 1997.
10. Dickson, T.R. Química: Enfoque Ecológico. México. Editorial Limusa, 1989.

11. Fundación Natura. Potencial impacto ambiental de las industrias en El Salvador. Exploraciones preliminares y soluciones. Quito, Ecuador. USAID.
12. Galvao, Luiz. Plomo. Metepec, ECO. 1989 (Serie Vigilancia Epidemiológica No. 8).
13. International Programme on Chemical Safety. Inorganic Lead. Geneva. OMS. 1995.
14. Kirk, Raymond. Enciclopedia de Tecnología Química. México, Unión Tipográfica. Editorial Hispanoamericana. 1975.
15. Lacasaña, M. El problema de la exposición al plomo en América Latina y el Caribe. Metepec, ECO. 1996.
16. Laínez Guevara, René Adelio; Marquez Medrano, Julio Amílcar. Impacto ambiental producido por ladrilleras ubicadas en el área de Armenia. Universidad de El Salvador. San Salvador. 1996.
17. Lara Nortelwalton, Efraín Rolando. Mediciones electroquímicas en acumuladores ácidos de plomo. San Salvador. Universidad de El Salvador. San Salvador. 1979.
18. Mage, David; Zali, Oliver. Contaminación atmosférica causada por vehículos automotres. Metepec, México. 1995.
19. Manual de operación de la bomba Sensidyne BDX 530<sup>CF</sup>. 1992.
20. Martínez, Ana Patricia; Romieu, Isabelle. Introducción al monitoreo atmosférico. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud División de Salud y Ambiente. Metepec, México. OPS. 1997.
21. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Evaluación y propuestas de Salud y Ambiente para el Plan Nacional de Desarrollo Humano Sostenible. El Salvador. 1995.

22. Nuevo Reglamento General de Tránsito y Seguridad Vial. El Salvador. Agosto de 1996.
23. Organización Panamericana de la Salud. Contaminación del aire en interiores: una introducción para los profesionales en salud. Washington, D.C. 1997.
24. Organización Panamericana de la Salud. El derecho a la salud en las Américas. Washington. 1989. (Publicación Científica No. 509).
25. Organización Panamericana de la Salud. Intoxicación por plomo: De la detección a la prevención primaria. Washington, 1995.
26. Organización Panamericana de la Salud. Las Condiciones de Salud en las Américas. Washington. 1994. (Publicación Científica No. 549).
27. Organización Panamericana de la Salud. Manual de la calidad del aire en el medio urbano. Washington. 1990. (Publicación Científica No. 401)
28. Organización Panamericana de la Salud. Reacciones de oxidantes fotoquímicos. Washington. 1992.
29. Organización Panamericana de la Salud. Un sistema para la prevención, valorización y control de las exposiciones a sitios peligrosos y sus efectos en la salud. Washington. 1991.
30. Programa salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente (PRISMA). Descontaminación en la región metropolitana de San Salvador en la región metropolitana de San Salvador: Estrategia Global y lineamientos para un plan de acción. 1998.
31. Programa salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente (PRISMA). Perfil ambiental de la región metropolitana de San Salvador. Talleres Gráficos UCA. 1997.
32. Ramos, Luis. Proyecto Monitoreo Contaminación Ambiental. Tegucigalpa, Honduras. AMPC. 1996.

33. Revista Pro-ECO Número 15, Enero - Marzo 1997. El Salvador, 1997.
34. Rivera Molina, Ana Patricia; Meléndez Aguirre, Francisco Arturo. Diagnóstico sobre la contaminación ambiental proveniente de contaminantes vertidos por industrias aledañas al Hospital Florencia Nightingale y la comunidad El Nazareno, El Salvador. Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. 1993.
35. Secretaría de Salud. Subsecretaría de regulación y fomento sanitario. Dirección General de Salud Ambiental. El plomo: un peso que nos podemos quitar de encima.
36. Swiss Contact-Pro Eco. Revista News. No. 17. Julio - Septiembre 1997. El Salvador.
37. Swiss Contact-Pro Eco. Revista News. No. 18. Octubre Diciembre 1997. El Salvador.
38. Turk, Jonathan; Wittes, Janet; Wittes, Robert. México, Nueva Editorial Interamericana. 1985.
39. Vizcarra, M. A. La atmósfera contaminada y sus relaciones con el público. Perú, 1974.
40. Wagner, Travis. Contaminación, causas y efectos. México. Editorial Gernika. 1996.

**A N E X O S**

## **A. Anexos varios.**

### **ANEXO No. 1.**

Ocupaciones y actividades con exposición potencial al plomo, clasificadas según intensidad de la exposición.<sup>1</sup>

#### **Exposición alta (actividades de alto riesgo).**

Acumuladores, fabricantes de:  
Alfarería, trabajadores en el vidriado de  
**Automóviles, reparadores de**  
Barcos, desmanteladores o desguazadores de  
Baterías (acumuladores), fabricantes de  
Cerámica, fabricantes de  
Combustibles para motores, mezcladores de  
Equipos Químicos que contienen plomo, fabricantes de  
Estearato de plomo, fabricantes de  
Limadores.  
Masillas con plomo, fabricantes de  
Metal de desecho, refinadores de  
Metal de desecho, trabajadores de  
Metales con contenido de plomo, mineros de  
Metales, refinadores de  
Metales, soldadores de  
Metales con plomo, trabajadores de planchas de  
Metales con plomo, trituradores de

<sup>1</sup> Conviene tener presente que en ocasiones no todos los trabajadores involucrados en la actividad están expuestos al plomo, por lo tanto, debe con frecuencia indagarse y precisarse la tarea específica dentro del rubro en la cual ocurre la exposición y precisar el grado de intensidad de ésta.

Metales no ferrosos, fundidores de  
Pigmentos para pinturas, fabricantes de  
Pintores con pistola de aire comprimido  
Plásticos (PVC), trabajadores de  
Plomo, fabricantes de contrapeso  
Plomo, fabricantes de hojas de plomo  
Plomo, fabricantes de pisos de  
Plomo, fabricantes de protecciones de  
Plomo, fabricantes de sales de  
Plomo, fabricantes de tuberías de  
Plomo, fundidores de tuberías de  
Plomo, mineros de  
Plomo, moldeadores de  
Plomo de tuberías, recuperadores y recicladores de  
Plomo, soldadores con soldadura de  
Plomo, trabajadores de molinos de  
Policloruro de vinilo, mezcladores manuales de, estabilizadores de  
Soldadura, fabricantes de  
Tetraetilo de plomo, fabricantes de  
Tetremetilo de plomo, fabricantes de  
Tipos de imprenta, fundidores de  
Tuberías, ajustadores de  
Vidrio, mezcladores manuales de masa de

**Exposición mediana (actividades con mediano riesgo):**

Alambres, fabricantes de  
Baldosas, fabricantes de  
Bronceadores  
Cables, empalmadores de  
Cables eléctricos y telefónicos, fabricantes de  
Cartuchos, fabricantes de  
Colorantes, fabricantes de  
Electro galvanizadores  
Electrotipia, trabajadores en  
Equipos electrónicos, fabricantes de  
Esmaltes para alfarería, mezcladores de  
Estereotipia, trabajadores en  
Imprenta, fundidores de tipos de  
Insecticidas a base de plomo  
Metales, cortadores de  
Metales, pulidores de  
Munición, fabricantes de  
Petróleo crudo, trabajadores en refineries de  
Pinturas, fabricantes de  
Plomeros  
Radiadores de automóvil, reparadores de  
Remachadores  
Soldadores a soplete

Tapas de botella, fabricantes de

Techadores

Vidrio, fabricantes de

Vidrio, pulidores de

Vidrio plomado, sopladores de

Zinc, cargadores de hornos de

Zinc, trabajadores de molinos de

**Exposición baja (actividades de bajo riesgo):**

Barnices, fabricantes de

Conductores de vehículos con motor gasolina

Empleados en recintos para estacionamiento de vehículos

Estaño, fabricantes de hojas de

Galvanizadores

Gasolinería, trabajadores de

Hojalateros

Latón, fundidores de

Línoptistas

Litograbadores

Pintores

Policías de tránsito

Soldadura, fabricantes de

Taller de reparación de vehículos, trabajadores en

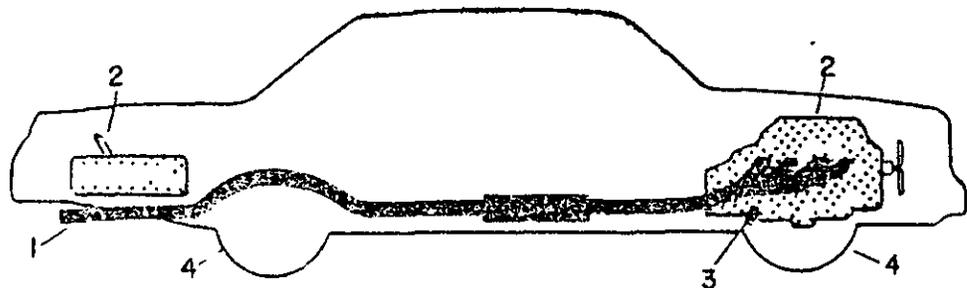
**Exposición muy limitada (actividades de muy bajo o nulo riesgo):**

Acero, grabadores de  
Calle, trabajadores en la  
Calzado, tintoreros de  
Cañones de escopeta, bronceadores de  
Caucho, fabricantes de  
Charol, fabricantes de  
Charolistas  
Conserveros  
Cuchillería, fabricantes de  
Curtiembre, trabajadores de  
Demoliciones, trabajadores de  
Diamantes, pulidores de  
Escobillas, fabricantes de  
Esmaltadores

Fuente: Galvao, Luiz. Plomo.

**ANEXO No. 2: Componentes más importantes de los automóviles que contribuyen al aumento del fenómeno de contaminación ambiental.**

Fuente: Vizcarra, M. A. La atmósfera contaminada y sus relaciones con el público.

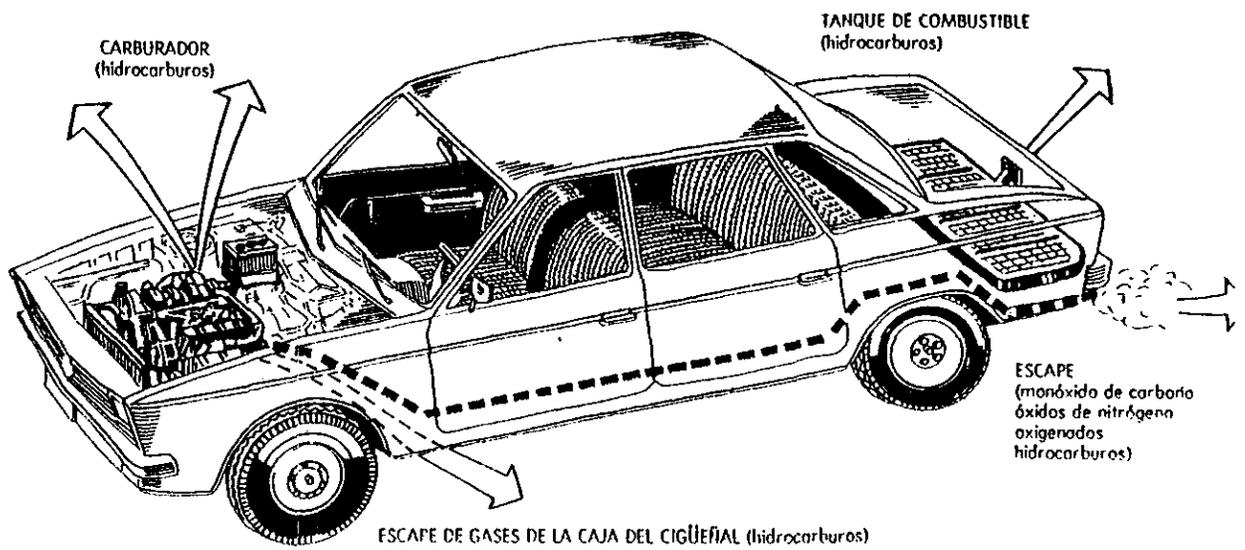


**CONTAMINANTES**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O (Combustión perfecta)<br>NO <sub>x</sub> (NO, NO <sub>2</sub> )<br>CO<br>HC (Diversos, incluido benzopirenos)<br>Humos (Materiales particulados,<br>aerosoles)<br>Olores (Aldehidos)<br>Plomo (De la gasolina)<br>SO <sub>2</sub> (Del carburante) | 2) Evaporación de Hidrocarburos<br>por el tanque y el carburador                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3) Emisiones de gases por el<br>carter                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4) Materiales particulados<br>por abrasión de llantas<br>sobre la ruta y asbesto<br>del sistema de frenos. |

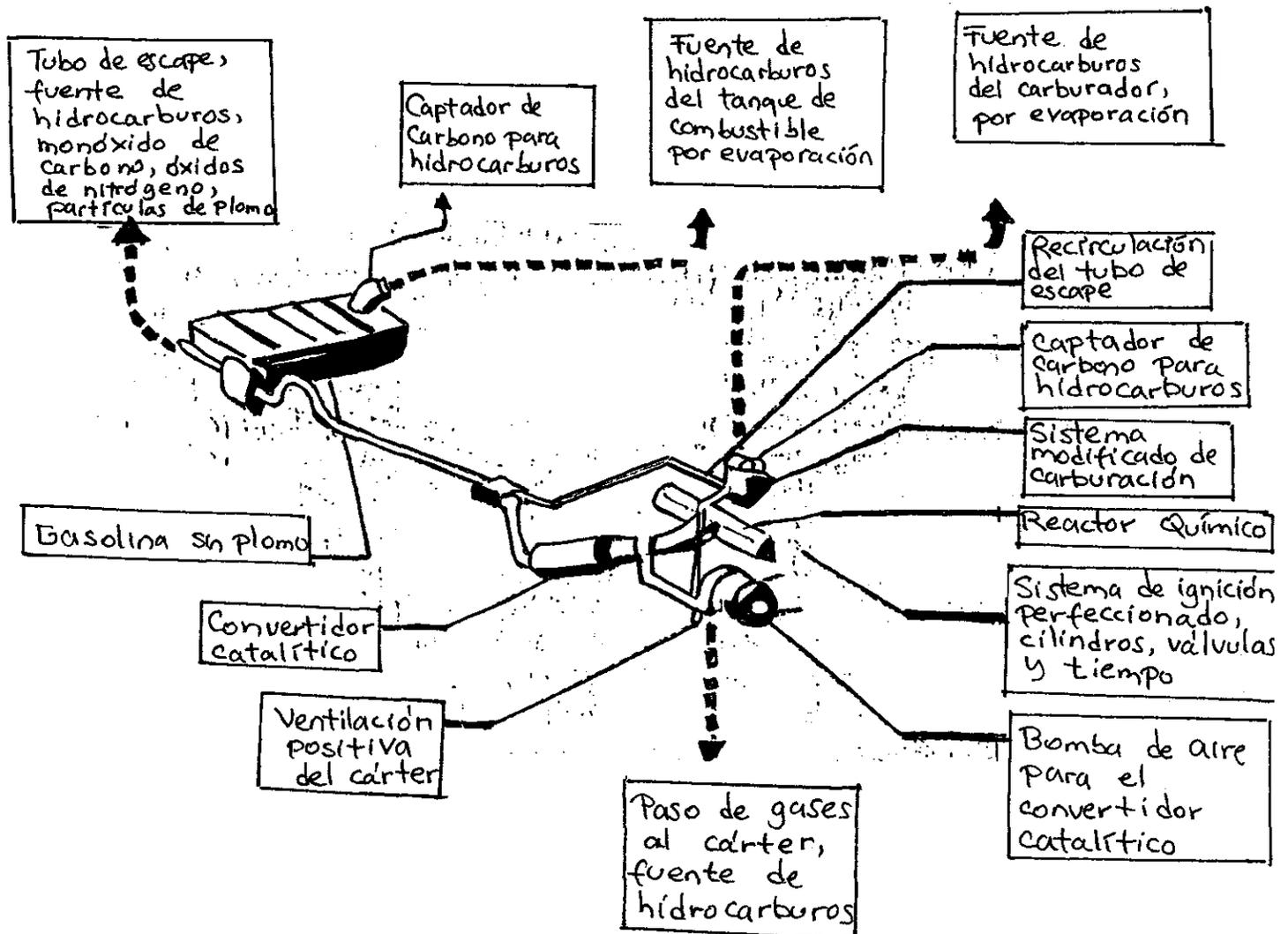
**ANEXO No. 3: Fuentes de contaminantes del aire presente en los automotores.**

Fuente: Turk, Amos. Tratado de ecología.



**Anexo No. 4: Fuentes de contaminación y posibles métodos de control en los automóviles.**

Fuente: Dickson, TR. Química. Enfoque ecológico.



**ANEXO No.5: Estudios de los efectos causados por diferentes concentraciones de ozono en animales de experimentación.**

**I. Efectos locales sobre el sistema respiratorio  
1. Cambios morfológicos**

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta <sup>a</sup>	Especie animales	Número de	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Número	h/día de días					
1,800	(0 88)	180	24	Lesión epitelial observada 4 horas después de iniciada la exposición; después de 4 semanas, la mitad de los animales murieron y se observaron lesiones de aspecto enfisematoso	n d <sup>b</sup>	Rata	n d	Freeman et al (1974)
1,600	(0 8)	7	24	Engrosamiento e infiltración por células mononucleares de las paredes y septos interalveolares	-	Rata	8(8)	Castleman et al (1973a)
1,200	(0 6)	1	7	Tumefacción de las células del revestimiento alveolar epitelial y células endoteliales con rupturas ocasionales de la membrana basal	-	Ratón	32(13)	Bils (1970)
1,100	(0 54)	180	24	Cambios progresivos en el epitelio de las vías aéreas después de 6 días	-	Rata	n d.	Freeman et al (1974)
1,000	(0 5)	1	6	Inmediatamente después de la exposición, el número de células alveolares disminuyó significativamente	-	Ratón	16(12)	Evans et al (1971)
800	(0 4)	5 x semana durante 10 meses	6	Lesiones enfisematosas y de tipo vascular	-	Conejo	6(6)	P'an et al. (1972)
520-2,000	(0 26) -1.0)	1	4.7-6 6	Pérdida del epitelio ciliado relacionada con la dosis	-	Gato	14(3)	Boatman et al. (1974)
400	(0 2)	1	2	Cambios degenerativos en células tipo I	-	Rata	n d	Stephens et al (1974)

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta <sup>a</sup>	Número de Especie animales	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Número	h/día de días				
<b>2. Cambios funcionales</b>							
1,400	(0.68)	1	2	Ningún aumento importante en la resistencia a la corriente).	-	Cobayo 10 (10)	Murphy et al (1964a)
1,000	(0.5)	1	2	Aumento de la resistencia de las vías aéreas y de la frecuencia respiratoria, con disminución del volumen desplazado	-	Cobayo 10 (10)	Yokohama (1972a)
520-1,000	(0.26-0.5)	1	4.6	Aumento de la resistencia a la corriente.	-	Gato 10 (4)	Watanabe et al. (1973b)
400	(0.2)	30	24	Reducción de la elasticidad pulmonar, aumento del volumen pulmonar y de las dimensiones alveolares	-	Rata 44 (44)	Barlett et al (1975)
<b>3. Cambios bioquímicos</b>							
1,500	(0.75)	1	3	Reducción de la actividad de la benzopireno hidroxilasa (1.14 14 2)	-	Hámster y conejo 25 (95)	Palmer et al (1971),(1972)
1,400	(0.7)	5	24	Indicio de peroxidación lípida, aumento de la actividad de la hidrolasa lisosómica	-	Rata 33 (20)	Chov y Tappel (1972); Dillard et al (1972)
1,400-1,600	(0.7-0.8)	7	24	Aumento de la actividad de la fosfatasa ácida	-	Rata 14 (12)	Castleman et al (1973b)
1,000	(0.5)	1	6	Aumento del aislamiento de albúmina a partir de los espacios intraalveolares	-	Rata 10(18)	Alpert et al (1971a)
800-1,400	(0.4-0.7)	1	4	Evidencia de formación de peróxidos en el pulmón.	n.d <sup>b</sup>	Ratón n d	Goldstein et al (1969)
500	(0.25)	1	3	Actividad reducida de varias hidrolasas lisosómicas	-	Conejo 6 (6)	Hurst et al (1979)
400	(0.2)	7	24	Aumento del consumo de oxígeno por las mitocondrias pulmonares.	-	Rata 5-8 (5-8)	Mustafa et al (1973)

<b>4. Efectos sobre el sistema de defensas del huésped</b>								
1,200-1,600	(0.62-0-80)	1	17	Inhibición de la actividad bactericida pulmonar.	-	Ratón	20 (29)	Goldstein et al (1971b)
1,000	(0 5)	210	16	Ningún efecto sobre la eliminación física de partículas inhaladas o sobre el número de macrófagos.	-	Conejo	8 (8)	Friberg et al (1972)
1,000	(0 5)	60	16	Disminución de la eliminación de <i>Escherichia coli</i> viables	-	Cobayo	18 (18)	Friberg et al (1972)
800	(0 4)	1	4	Inhibición de la actividad bactericida, ninguna influencia aditiva de la silicosis inducida	-	Ratón	38 (37)	Goldstein et al (1972)
600	(0 3)	1	3	Daño de las propiedades fagocíticas de los macrófagos de los alvéolos pulmonares	-	Conejo	n d <sup>b</sup>	Coffin et al (1968b)
500	(0 25)	1	3	Disminución de las actividades enzimáticas de los macrófagos alveolares	-	Conejo	6 (6)	Hurst et al (1970)
160	(0 08)	1	3	Aumento de la susceptibilidad a <i>Streptococcus</i> .	15/40 (6/40)	Ratón	40(40)	Coffin et al (1968a)
<b>II. Reacciones generales y otros efectos</b>								
<b>1. Efectos hematológicos</b>								
1,700	(0 85)	1	4	Formación de cuerpos de Heinz en los glóbulos rojos	n d <sup>b</sup>	Ratón	n d	Menel et al (1975)
1,600	(0 8)	8	24	Aumento de la actividad de la lisozima en el plasma y en la fracción soluble de pulmón.	-	Rata	8 (8)	Chow et al (1974)
800	(0.4)	5 x semana durante 10 meses	6	Aumento de la tripsina proteína esterasa sérica	-	Conejo	6 (6)	P'an y Jegier (1972) y Jegier y P'an (1973)
600	(0 3)	1	1	Inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa (3.1.1 7)	-	Buey (in vitro)	-	P'an y Jegier (1970)
400	(0.2)	1	1-2	Aumento de la esfericidad de los glóbulos rojos	-	Ratón, conejo, rata (in vitro)	-	Brinkman et al (1964)
400	(0 2)	1	2	Duplicación del número de linfocitos binucleados	-	Ratón	n d	Veringa (1970, inédito)
110	(0 06)	93	24	Disminución de la actividad de la colinesterasa en la sangre	-	Rata	15 (15)	Eglite (1968)

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta <sup>a</sup>	Especie animales	Número de	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Número de días	h/día					
400	(0.2)	5 x semana por periodo de gestación + primeras 3 semanas de vida.	7	Aumento de la mortalidad neonatal	n.d	Ratón	n d	Veninga (1967)
200-400	(0.1-0.2)	5 x semana durante 3 días.	7	Aumento de la mortalidad neonatal.	n d	Ratón	n d	Brinkman et al (1964)
<b>3. Cambios en el comportamiento</b>								
1,000-2,000	(0.5-1.0)	1	1	Disminución de la amplitud de la respuesta evocada al destello.	-	Rata	3 (3)	Xintaras et al (1966)
1,000	(0.5)	1	0.5	Aumento del tiempo de reacción sencillo y de elección	-	Mono rhesus	4 (4)	Reynolds y Chaffee (1970)
1,000	(0.5)	1	0.75	Actividad motora significativamente reducida	-	Rata	12 (12)	Konigsberg y Bachman (1970)
600-1,000	(0.3-0.5)	60	Intermittent e (intervalos variables)	Aumento del tiempo de aprendizaje de labores específicas.	-	Rata	6 (6)	Litt et al (1968)
400	(0.2)	1	6	Reducción de la actividad de carrera espontánea	-	Ratón	9 (9)	Murphy et al (1964a)

4. Alteraciones extrapulmonares diversas								
1,500	(0 75)	1-2	4-8, 24	Alteraciones histológicas en la glándula paratiroidea	-	Conejo	16 (16)	Atwal y Wilson (1974), Atwal et al. (1975)
400	(0 2)	21	5	Cambios estructurales en las fibras musculares miocárdiales.	-	Conejo y ratón	n.d	Brinkman et al (1964)
400	(0 2)	1	5	Aumento de las rupturas cromosómicas en los linfocitos circulantes.	-	Hámster	8 (14)	Zelac et al (1971 a,b)

- <sup>a</sup> Número de animales que mostraron efectos / número total de animales, los números entre paréntesis se refieren a los grupos testigo
- <sup>b</sup> No disponible

**ANEXO No. 6: Estudios controlados de exposición a diferentes concentraciones de ozono en seres humanos.**

**I. Efectos sensoriales**

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta	Sujetos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Días	h/día				
400 700 1,000	(0.2 (0.35) (0.5))	1	3 y 6 3 y 6 3 y 6	Disminución en varias determinaciones de la percepción visual, no se determinó la dosis sin efecto, no se hace mención de relación dosis-respuesta.	No aplicable	22 hombres sanos, 6 mujeres sanas	Lagerweff (1963)
>200	(>0.1)	1	<Horas de trabajo (estudio repetido durante 123 días)	Aumento de la irritación ocular con aumento de exposiciones a oxidantes; sin efectos aparentes por debajo de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.1 ppm)	No aplicable	20 mujeres oficinistas	Richardson y Middleton (1957, 1958)
40-100	(0.02-0.05)			Percepción inmediata del olor después de comenzar la exposición, la percepción del olor desapareció en $\frac{1}{2}$ - 12 minutos; olor considerablemente más intenso con la dosis más alta.	9/10 a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 13/1 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10 - 14 hombres sanos	Henschler et al (1960)
15-40	(0.008-0.02)			Percepción inmediata del olor después de comenzar la exposición, la persona más sensible percibió el olor a una concentración de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.008 ppm)	No disponible	20 sujetos sanos	Eglite (1968)

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta	Sujetos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Días	h/día				
<b>II. Efectos sobre la función respiratoria</b>							
<b>A. Exposición al ozono</b>							
2,000	(1 0)	1	1	Aumento consistente de la resistencia de las vías aéreas, exposiciones a 200, 800 y 1,200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 1, 0.4 y 0.6 ppm) causaron efecto en algunos sujetos, pero no hubo un patrón dosis-respuesta		4 hombres sanos	Goldsmith y Nadel (1969)
1,800	(0 9)	1	5min	Disminución muy significativa de la conductancia de las vías aéreas después de la inhalación con ejercicio		4 hombres sanos	Kagawa y toyama (1975a)
1,200-1,600	(0 6-0 8)	1	2	Reducción significativa de la capacidad de difusión del pulmón y del VFE <sub>0.75</sub> <sup>b</sup> , dolor subesternal presente en todos los sujetos		10 hombres sanos y 1 mujer sana	Young et al (1964)
1,000	(0 5)	6 x sem x 12 sem	3	Disminución significativa del VEF <sub>1.0</sub> <sup>c</sup> , ningún efecto a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 2 ppm)		12 hombres sanos	Bennet (1962)
1,000	(0 5)	1	6	Cambio significativo de la conductancia de las vías aéreas y la resistencia pulmonar (tos seca y malestar torácico)		20 sujetos sanos (19 hombres y 1 mujer)	Kerr et al (1975)
1,000	(0 5)	1	2	Disminución en las determinaciones de la función pulmonar.		7 hombres sanos	Hackney et al (1975a)

**II. Efectos locales sobre el sistema respiratorio**  
**A. Exposición al ozono (continuación)**

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta	Sujetos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Númer o de días	h/día				
800	(0.4)	1	2 y 4	Después de una exposición de 2 horas la $R_{va}^d$ aumentó, la $CVF^e$ disminuyó, la $TFEMM^f$ disminuyó; después de una exposición de 4 horas la $R_{va}^d$ aumentó, la $CVF^e$ disminuyó, la $TFEMM^f$ disminuyó y también el $VEF_{1.0}^g$ disminuyó, el $VR^g$ , la $CRF^h$ y la $CPT^i$ no cambiaron.		22 hombres sanos	Rummno et al. (1975, datos inéditos)
740 y 1,500	(0.37 y 0.75)	1	2	Disminución importante de la función ventilatoria y del volumen retenido bajo ejercicio intermitente; efecto más pronunciado con la dosis más alta.		6-10 hombres sanos	Bates et al (1972), Hazucha et al (1973)
740, 1,000 y 1,500	(0.37, 0.50 y 0.75)	1	2	Cambio dependiente de la dosis del patrón ventilatorio; reducción significativa de la $TFEM^i$ a 50% de la capacidad vital a 740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.37 ppm) o más, bajo condiciones de ejercicio		28 sujetos sanos (20 hombres y 8 mujeres)	Folinsbee et al (1975a)
740	(0.37)	1	2	Aumento significativo de la resistencia respiratoria total bajo ejercicio ligero intermitente		2 hombres sanos y 3 sensibles	Hackney et al. (1975a)
500	(0.25)	1	2	Cambios no consistentes en la función pulmonar		3 hombres sanos y 3 sensibles	Hackney et al (1975a)
200-500	(0.1-0.25)	1	30 min	Tendencia al aumento de la frecuencia y el volumen respiratorios bajo ejercicio		4 hombres sanos	Ohmori (1974)
200	(0.1)	1	2	Aumento de la $R_{va}^d$ y la $DOA_{a2}^k$ en 7 de 11 sujetos de ensayo bajo ejercicio ligero intermitente		11 hombres sanos	von Nieding et al (1977)

<b>B. Exposición a mezclas de ozono y otros contaminantes del aire</b>							
740+960 de dióxido de azufre	(0 37+0 37 de dióxido de azufre)	1	2	Disminución más pronunciada de la función ventilatoria y el volumen retenido que con la exposición sencilla a ozono a 740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 37 ppm).	4	hombres sanos	Bates y Hazucha (1973)
200+9,400 de dióxido de nitrógeno	(0 1+5 de dióxido de nitrógeno)	1	2	Aumento de la $R_{va}^d$ y de la $DOA_{a_2}^k$ similar al observado con ozono solo a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 1 ppm)	11	hombres sanos	von Nieding et al (1977)
200+9,400 de dióxido de nitrógeno+ 13,000 de dióxido de azufre	(0 1+5 de dióxido de nitrógeno+ 5% de dióxido de azufre)	1	2	Aumentos de la $R_{va}^d$ y de la $DOA_{a_2}^k$ similares a los observados con ozono solo a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 1 ppm) + dióxido de nitrógeno a 9,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (5ppm), tiempo de recuperación retardado.	11	hombres sanos	von Nieding et al (1977)
50+100 de dióxido de nitrógeno + 260 de dióxido de azufre	(0 025+0.0 5 de dióxido de nitrógeno +0.1 de dióxido de azufre).	1	2	Ningún efecto sobre la $R_{va}^d$ y la $DOA_{a_2}^k$ , sensibilidad aumentada del tracto respiratorio a la acetilcolina	11	hombres sanos	von Nieding et al (1977)

## II. Efectos locales sobre el sistema respiratorio

### C. Exposición al peroxiacetilnitrato

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta	Sujetos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Númer o de días	h/día				
1,500	(0 3)	1	5 min	Aumento de la captación de oxígeno con el ejercicio, ningún efecto en reposo, disminución importante de la TFEM <sup>1</sup> durante la fase de recuperación después del ejercicio		32 estudiantes de preparatoria varones	Smith (1965)
1,350	(0 27)	1	42 min	Cambios menores en los parámetros de regulación cardiorrespiratoria y de la temperatura.		20 hombres sanos	Raven et al (1974)

<b>D. Exposición a gases de escape irradiados de automóviles</b>					
Oxidantes 440-540	(0 22- 0 27)	Breve (sin detalle s)	Sin cambios significativos en tiempo de reacción, capacidad vital y desempeño máximo en bicicleta-ergómetro	14 sujetos sanos	Holland et al (1968)
Monóxido de carbono	(15-29) 17- 33 mg/m <sup>3</sup>				
Dióxido de carbono	(800'1,4 00) 1,520-2,660 mg/m <sup>3</sup>				
Oxido nítrico	(0 38- 470-710 058)				
Dióxido de nitrógeno	(0 7-1 0) 1,300-1,900				
Indicios de hidrocarburos					
Aldehidos	(0 2-0 7)				
Formaldehido	(0 2- 250-300 0 24)				
<b>E. Exposición al aire ambiente con concentraciones elevadas de oxidantes</b>					
400-1,400	(0 2-0.7)	2-90h	Mejoría de la función pulmonar con la permanencia en salón con aire limpio filtrado durante 40 h ó más, concentración umbral no determinada	46 pacientes con enfermedad pulmonar crónica	Molley et al (1959)
1,000-460	(0 05- 023)	24	Disminución de la resistencia de las vías aéreas y aumento de la presión arterial parcial de oxígeno durante la semana de permanencia en aire limpio filtrado, concentración umbral no determinada	15 pacientes con enfermedad pulmonar crónica moderada- mente grave.	Balchum (1973)

### III. Cambios en el electroencefalograma

CONCENTRACION DE OZONO		DURACION DE LA EXPOSICION		Efectos	Respuesta	Sujetos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)	Númer o de días	h/día				
10	(0.005)	1	3 min	Disminución del ritmo alfa	1 / 3	3 sujetos sanos	Eglite (1968)
15	(0.008)	1	3 min.	Disminución del ritmo alfa	2 / 3	3 sujetos sanos	Eglite (1968)
20	(0.01)	1	3 min	Disminución del ritmo alfa	3 / 3	3 sujetos sanos	Eglite (1968)

<sup>a</sup>Respuesta = número de sujetos que muestran en el efecto descrito  
Número total de sujetos

<sup>b</sup>VEF<sub>0.75</sub> = volumen espiratorio forzado en 0.75 de segundo

<sup>c</sup>VEF<sub>0.1</sub> = volumen espiratorio forzado en un segundo

<sup>d</sup>R<sub>va</sub> = resistencia de las vías aéreas

<sup>e</sup>CVF = capacidad vital forzada

<sup>f</sup>TFEMM = tasa de flujo espiratorio medio-máximo

<sup>g</sup>VR = volumen residual

<sup>h</sup>CRF = capacidad residual funcional

<sup>i</sup>CPT = capacidad pulmonar total

<sup>j</sup>TFEM = tasa de flujo espiratorio máximo

<sup>k</sup>DOAa = diferencia de presión de oxígeno alveolar a arterial.

<sup>l</sup>Sensibles (sujetos) = aquellos con historia previa al estudio de tos, malestar torácico o jadeo asociados con alergia o exposición a la contaminación del aire, pero con estudios básicos de la función pulmonar normales

## Estudios sobre los efectos de ozono a exposiciones industriales

CONCENTRACION DE OZONO		Tiempo promediado	Efectos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)			
1,600-3,400	(0.8-1.7)	1 h	11 de 14 soldadores se quejaron de síntomas respiratorios, los síntomas desaparecieron cuando las concentraciones de ozono se redujeron a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.2 ppm), probablemente estuvo presente dióxido de nitrógeno	Challen et al (1958)
600-1,600	(0.3-0.8)	1 h	Aumento de la frecuencia de opresión en el pecho e irritación de la garganta entre los soldadores, no hubo quejas a $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.25 ppm), los soldadores también se expusieron a dióxido de nitrógeno y partículas, pero no se indican las concentraciones	Kleinfeld et al (1957)
500-800	(0.25-0.40)	Largo plazo	Aumento de la frecuencia de cefalea, debilidad, cambio en la sensibilidad neuromuscular y disminución de la memoria entre los trabajadores en la elaboración de peróxido de hidrógeno expuestos a ozono durante 7-10 años, no se determinaron concentraciones umbrales	Kudrjaveva (1963)
400-600	(0.2-0.3)	1 h	Sin evidencia de cambios en la capacidad vital o la capacidad funcional residual en soldadores, probablemente había dióxido de nitrógeno	Young et al (1963)
80-1,000	(0.04-0.50)	Largo plazo	Aumento de la prevalencia de bronquitis y enfisema en trabajadores que intervenían en la elaboración de peróxido de hidrógeno durante muchos años; había también aerosoles de ácido sulfúrico, no se determinó la concentración umbral	Nevskaja y Diterihs (1957)

**Estudios sobre los efectos de ozono a exposiciones comunitarias.**

CONCENTRACION HORARIA DE OXIDANTES		Efectos	Sujetos	Referencia
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	(ppm)			
500 y más	(0 25 y más)	Aumento de la frecuencia de asma, posible confusión de la asociación asma-oxidantes con efectos estacionales, había también otros contaminantes pero no se informó de ello	137 pacientes con asma	Schoettlin y Landau (1961)
- 1,000	(~ 0 50)	El aumento de los síntomas comenzó con concentraciones horarias de (cefalea) $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 05 ppm), (irritación ocular) $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 15 ppm), (tos) $530 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 265 ppm), (molestias torácicas) $580 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0 29 ppm), las concentraciones umbrales se determinaron por funciones en "palo de hockey"	102 estudiantes de enfermería	Hammer et al (1974)
240 y más	(0 12 y más)	Disminución del desempeño determinada por incapacidad para mejorar tiempos de carrera; umbral determinado por funciones en "palo de hockey"	116 corredores a campo traviesa de enseñanza secundaria	Wayne et al (1967)
> 300	(0 15)	Aumento de la frecuencia de las quejas, particularmente irritación ocular	7,440 colegiales	Asociación de Salud Pública de Japón (1976)
0-560	(0-0 28) (gama al momento de la prueba de función pulmonar)	La conductancia específica de las vías aéreas de sujetos sensibles disminuyó significativamente con el aumento de concentraciones horarias de oxidantes; la temperatura, óxido nítrico, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y materia en partículas también mostraron correlaciones importantes con varias pruebas de función respiratoria en niños sumamente reactivos, no se determinó concentración umbral	20 colegiales sanos de 11 años	Kagawa et al (1976), Toyama et al (1977)

## **ANEXO No. 7**

### **Principales formas de presentación del plomo:**

#### 1. Minerales:

- Anglesita (sulfato de plomo anhidro)
- Cerusita (carbonato de plomo anhidro)
- Galena (sulfuro de plomo)
- Corcoita (cromato de plomo)
- Piromorfita (fosfato de plomo)

#### 2. Plomo metálico:

En general es poco soluble en agua. La presencia de nitratos, sales de amonio y  $\text{CO}_2$  lo hacen ligeramente hidrosoluble. El carbonato de calcio en las aguas duras provoca su depósito insoluble.

#### 3. Aleaciones:

Con antimonio, arsénico, bismuto y estaño.

#### 4. Compuestos inorgánicos comunes:

- Arseniato de plomo<sup>a</sup> (en sus formas neutra, básica y ácida):



- Carbonato de plomo       $\text{PbCO}_3^a$
- Cromato de plomo       $\text{PbCrO}_4$
- Cloruro de plomo       $\text{PbCl}$

- Dióxido de plomo  $PbO_2$
- Fosfato de plomo  $Pb(PO_4)_2$
- Monóxido de plomo  $PbO^a$  (litargirio)
- *Sesquióxido de plomo*  $Pb_2O_3$
- Silicato de plomo  $PbSiO_3$
- Sulfato de plomo  $PbSO_4^a$
- Sulfuro de plomo  $PbS$
- Tetraóxido de plomo  $Pb_3O_4$

Los compuestos inorgánicos en general tienden a ser insolubles en agua, son más bien solubles en ácidos y en álcalis.

#### 5. Compuestos orgánicos comunes:

- Acetato de plomo  $Pb(CH_3COO)_2$
- Estearato de plomo  $Pb(C_{16}H_{35}O_2)_2$
- Oleato de plomo  $Pb(C_{16}H_{35}O_2)_2$
- Tetraetilo de plomo  $Pb(C_2H_5)_4$
- Tetrametilo de plomo  $Pb(CH_3)_4$

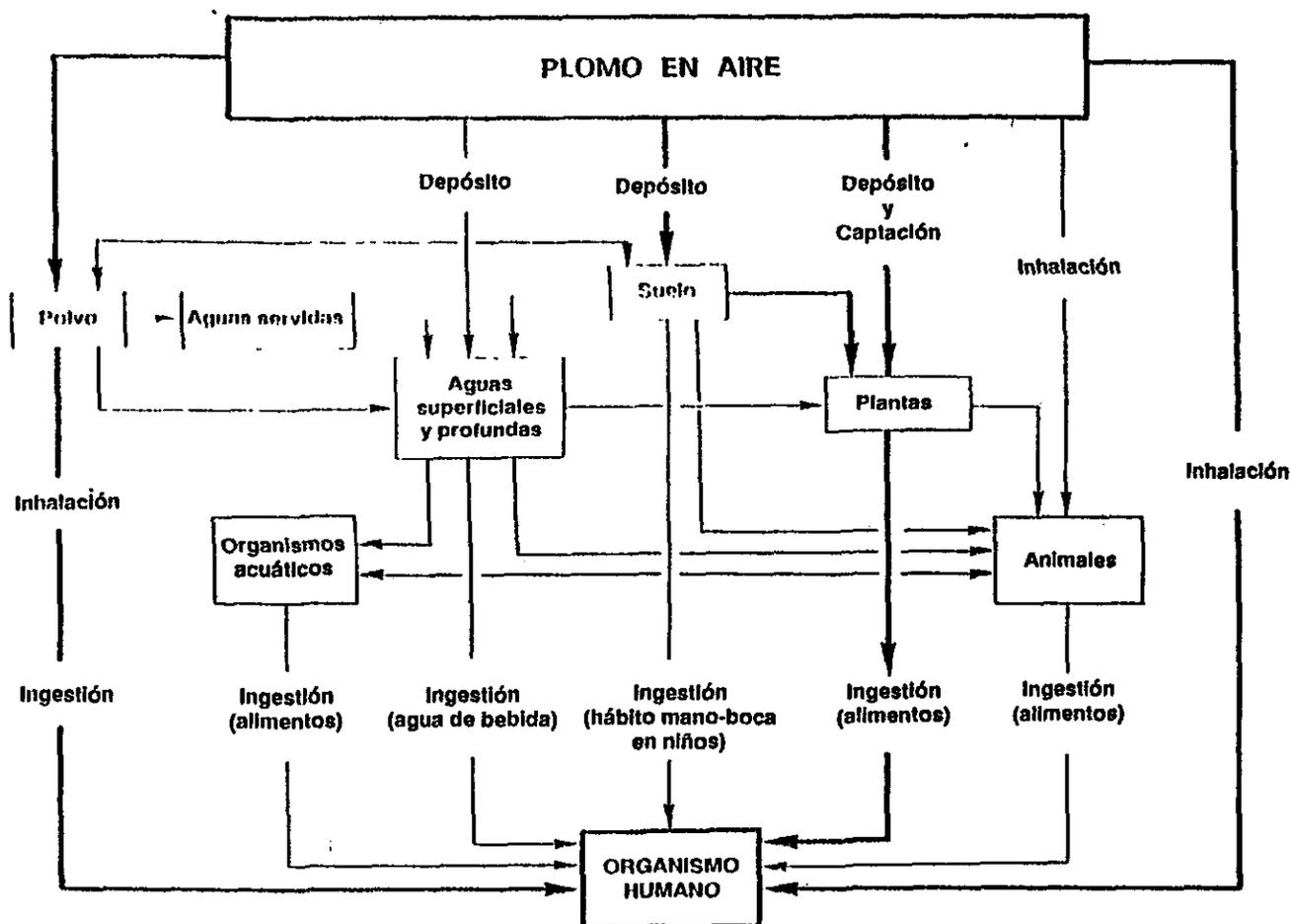
Los compuestos orgánicos son insolubles en agua, solubles en disolventes orgánicos y altamente liposolubles.

Fuente: Galvao, Luiz. Plomo.

<sup>a</sup>: Compuestos inorgánicos considerados más tóxicos.

**ANEXO No. 8: Importancia del plomo atmosférico en la contaminación global del ambiente y en el aporte de plomo al organismo humano.**

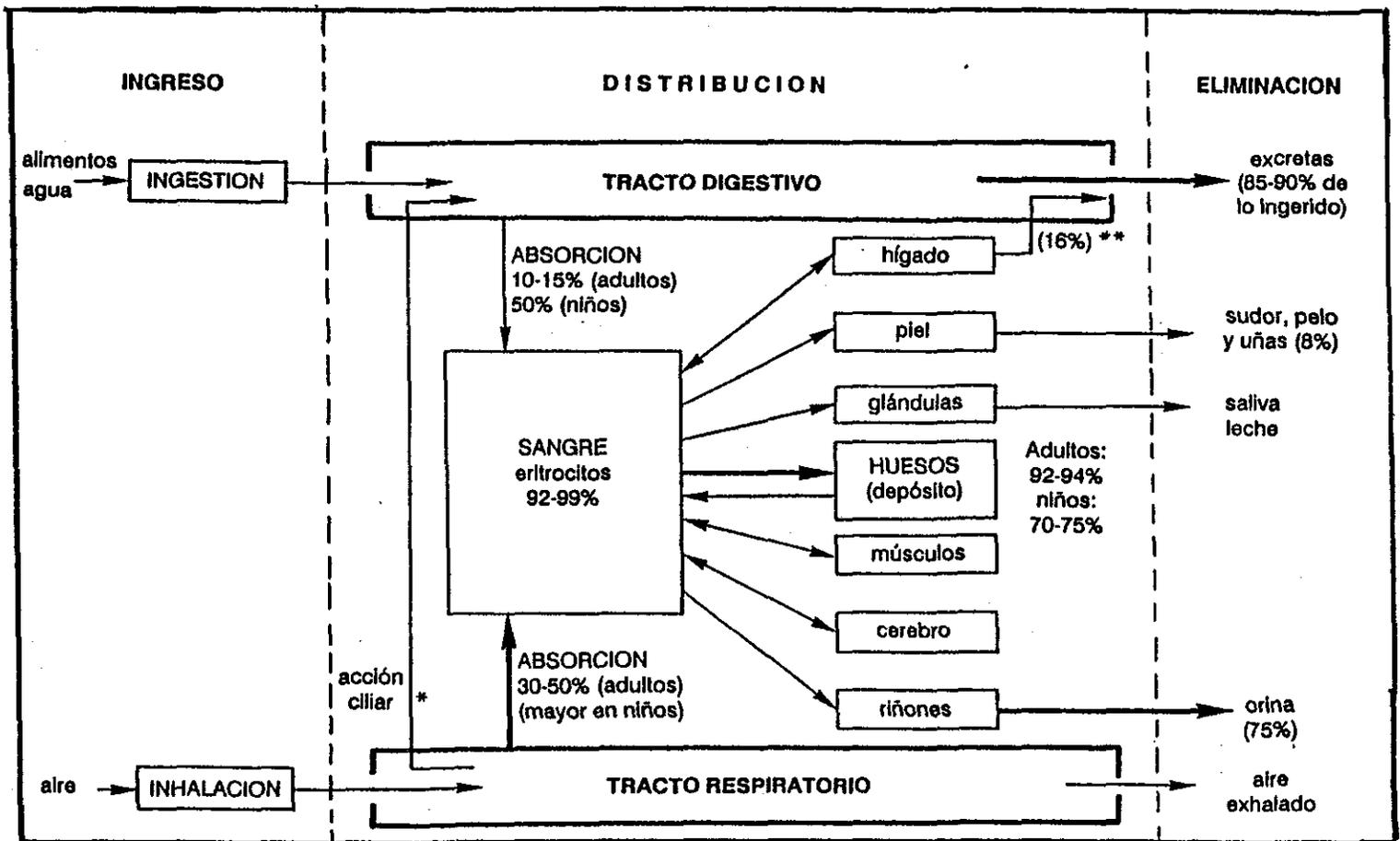
Fuente: Galvao, Luiz. Plomo.



FUENTE : Adaptado de Publicación Científica No 388 de OPS, Criterios de Salud Ambiental 3, Plomo 1979

**ANEXO No. 9: Vías de absorción, distribución y eliminación de plomo en el organismo humano.**

Fuente: Galvao, Luiz. Plomo.



\* Puede deglutirse hasta un 40% del plomo inhalado como partículas de diámetro mayor.

\*\* Implica secreciones gastrointestinales, que incluyen la bilis.

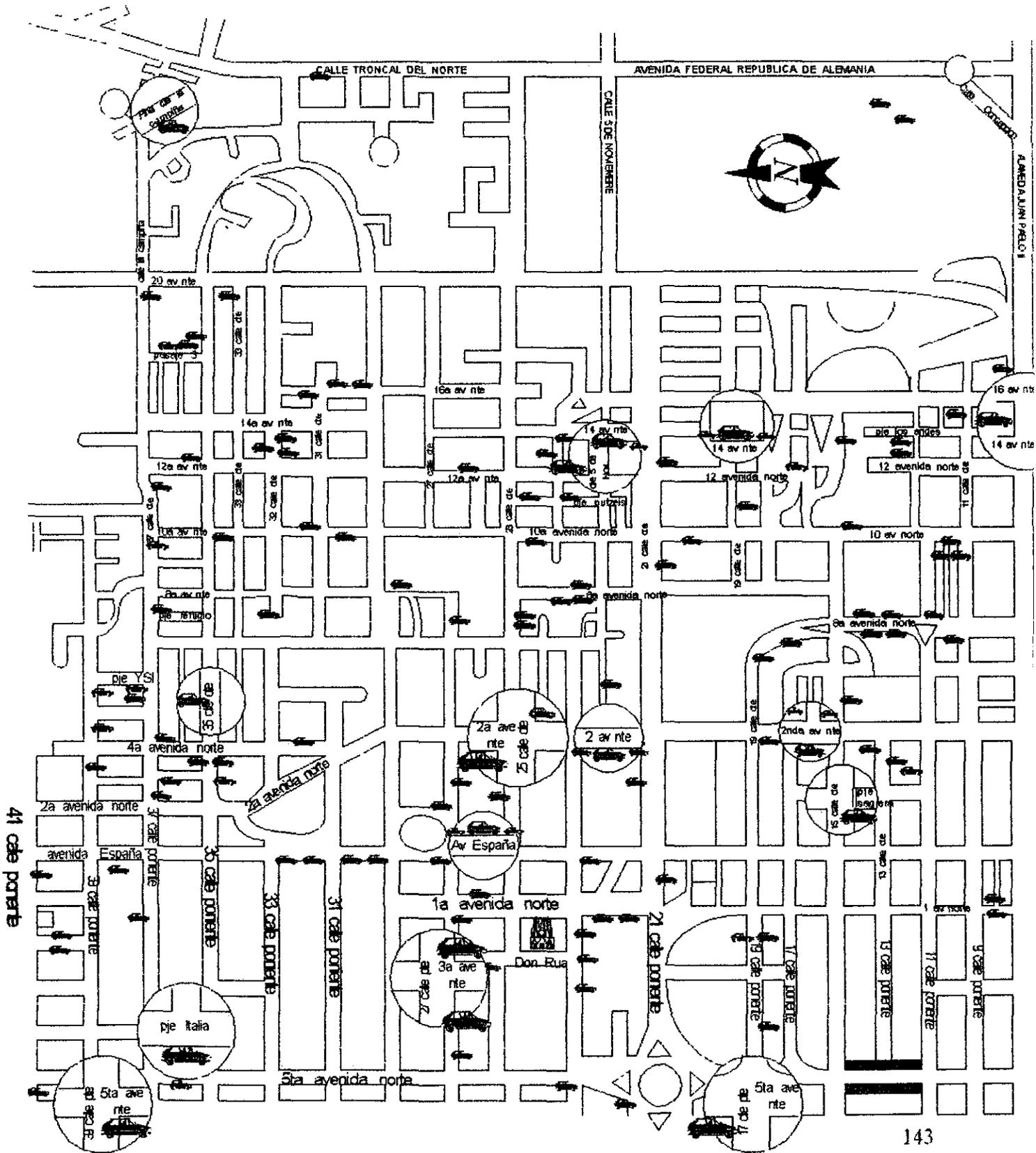
**ANEXO No. 10: PRINCIPALES EFECTOS ADVERSOS EN ADULTOS EN CONDICIONES DE EXPOSICION ESTABLE A LARGO PLAZO AL PLOMO, SEGUN LAS CONCENTRACIONES SANGUINEAS ALCANZADAS POR EL METAL.**

<b>µg Pb/100 mL de sangre</b>	<b>Efecto adverso que puede aparecer a la concentración de plomo señalada.</b>
10	- inhibición de la actividad de la enzima AAL-D.
15 - 20	- elevación de protoporfirinas eritrocitarias en mujeres.
20 - 30	- elevación de protoporfirinas eritrocitarias en hombres.
30	- disminución en la conducción de nervios periféricos - respuestas electrofisiológicas alteradas en el sistema nervioso central. - elevación de la presión arterial en hombre mayores de 40 años - ¿aberraciones cromosómicas?
40	- aumento de AAL en suero y del AAL-U - aumento de las CP-U. - marcado aumento de las protoporfirinas eritrocitarias - disfunción nerviosa periférica. - alteración de función visual-motriz (coordinación ojo-mano) - alteraciones psicosenoriales (sueño, estado de ánimo, memoria, atención. - nefropatía - síntomas gastrointestinales - alteraciones espermáticas
50	- disminución en la producción de hemoglobina - alteraciones morfológicas de los eritrocitos - parestesias en miembros superiores - debilidad en miembros inferiores - fatiga, olvido, distracción - subencefalopatía - alteración de la función testicular
60	- acortamiento en la vida de hematíes - aumento exponencial de protoporfirinas eritrocitarias - efectos reproductivos en la mujer - alteraciones patológicas del electromiograma
80	- anemia franca
100	- encefalopatía grave - nefropatía crónica

**ANEXO No. 11: PRINCIPALES EFECTOS ADVERSOS EN NIÑOS EN CONDICIONES DE EXPOSICION ESTABLE A LARGO PLAZO AL PLOMO, SEGUN LAS CONCENTRACIONES SANGUINEAS ALCANZADAS POR EL METAL.**

<b>µg Pb/ 100 mL de sangre</b>	<b>Efecto adverso que puede aparecer a la concentración de plomo señalada.</b>
10	- inhibición de la actividad de la enzima AAL-D. - edad gestacional reducida (exposición prenatal). - bajo peso al nacer (exposición prenatal). - retardo en crecimiento.
12	- interferencia en el metabolismo de la vitamina D.
15 - 20	- elevación de protoporfirinas eritrocitarias. - alteraciones electrofisiológicas en el SNC.
20	- alteraciones conductuales, déficit en la atención
30	- disminución en la conducción nerviosa periférica.
40	- aumento del AAL en suero y del AAL-U - aumento de las CP-U - reducción en la producción de hemoglobina - velocidad de conducción nerviosa periférica reducida - alteraciones en el aprendizaje - nefropatía (aminoaciduria) - síntomas gastrointestinales
50	- disminución marcada del cociente de inteligencia
70	- anemia franca - nefropatía grave
80	- encefalopatía - daño cerebral grave - retardo mental grave

**ANEXO No. 12: Zona en estudio (zona de muestreo)**



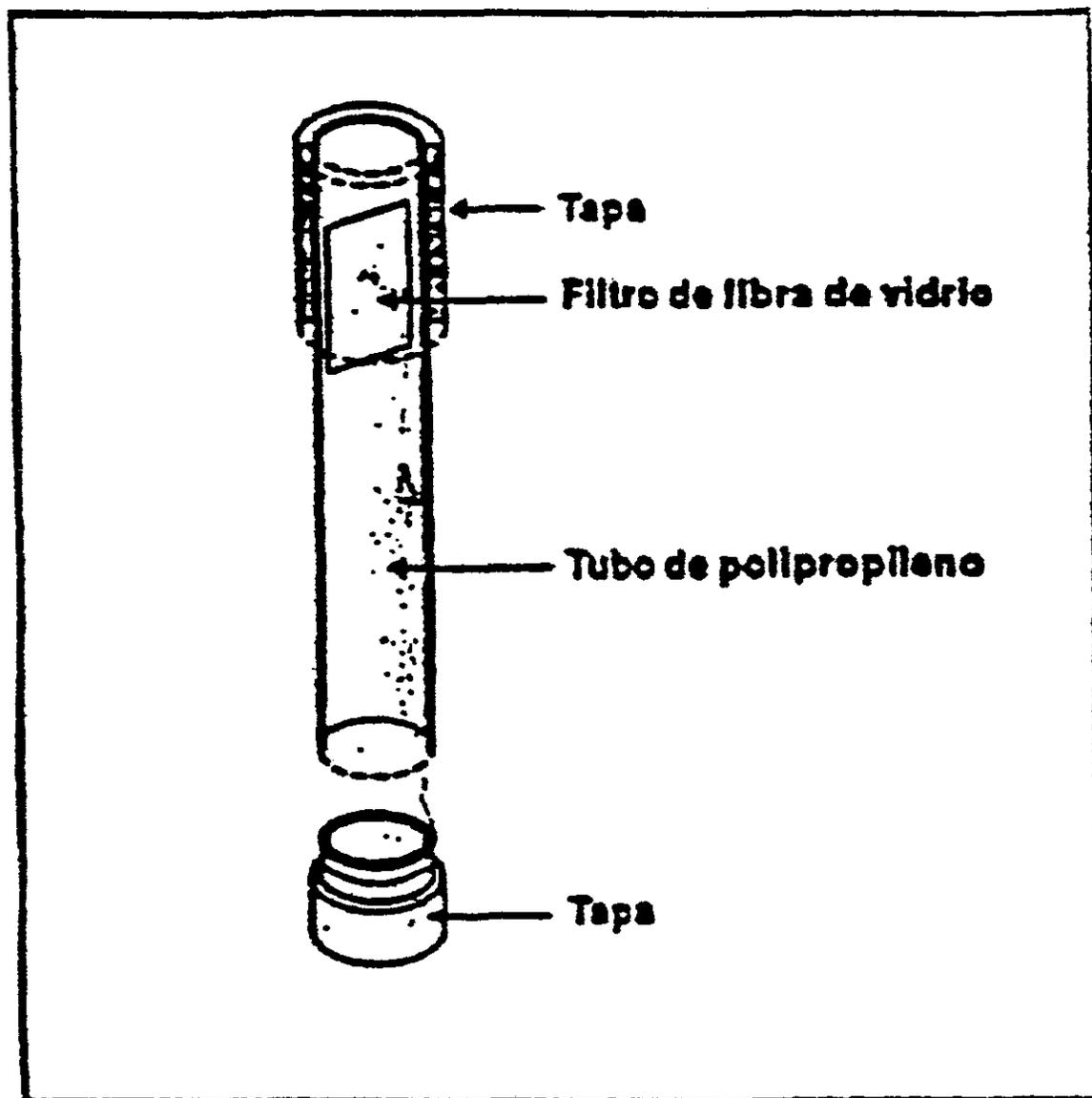
**ANEXO No. 13: Tabla de números aleatorios.**

Fuente: Chou, Ya-Lun. Análisis estadístico (8).

67 28	96 25	68 36	24 72	03 85
85 86	94 78	32 59	51 82	86 43
40 10	60 09	05 88	78 44	63 13
94 55	89 48	90 80	77 80	26 89
11 63	77 77	23 20	33 62	62 19
64 00	26 04	54 55	38 57	94 62
50 94	13 23	78 41	60 58	10 60
66 98	37 96	44 13	45 05	34 59
66 91	42 83	60 77	90 91	60 90
33 58	12 18	02 07	19 40	21 29
52 49	40 16	72 40	73 05	50 90
76 98	93 99	78 30	79 47	96 92
50 26	54 30	01 88	69 57	54 45
49 46	61 89	33 79	96 84	28 34
19 65	13 44	78 39	73 88	63 03
64 17	47 67	87 59	81 40	72 61
18 43	97 37	68 97	56 56	57 95
65 58	60 87	51 09	96 61	15 53
79 90	31 00	91 14	85 65	31 75
07 23	00 15	59 05	16 09	94 42

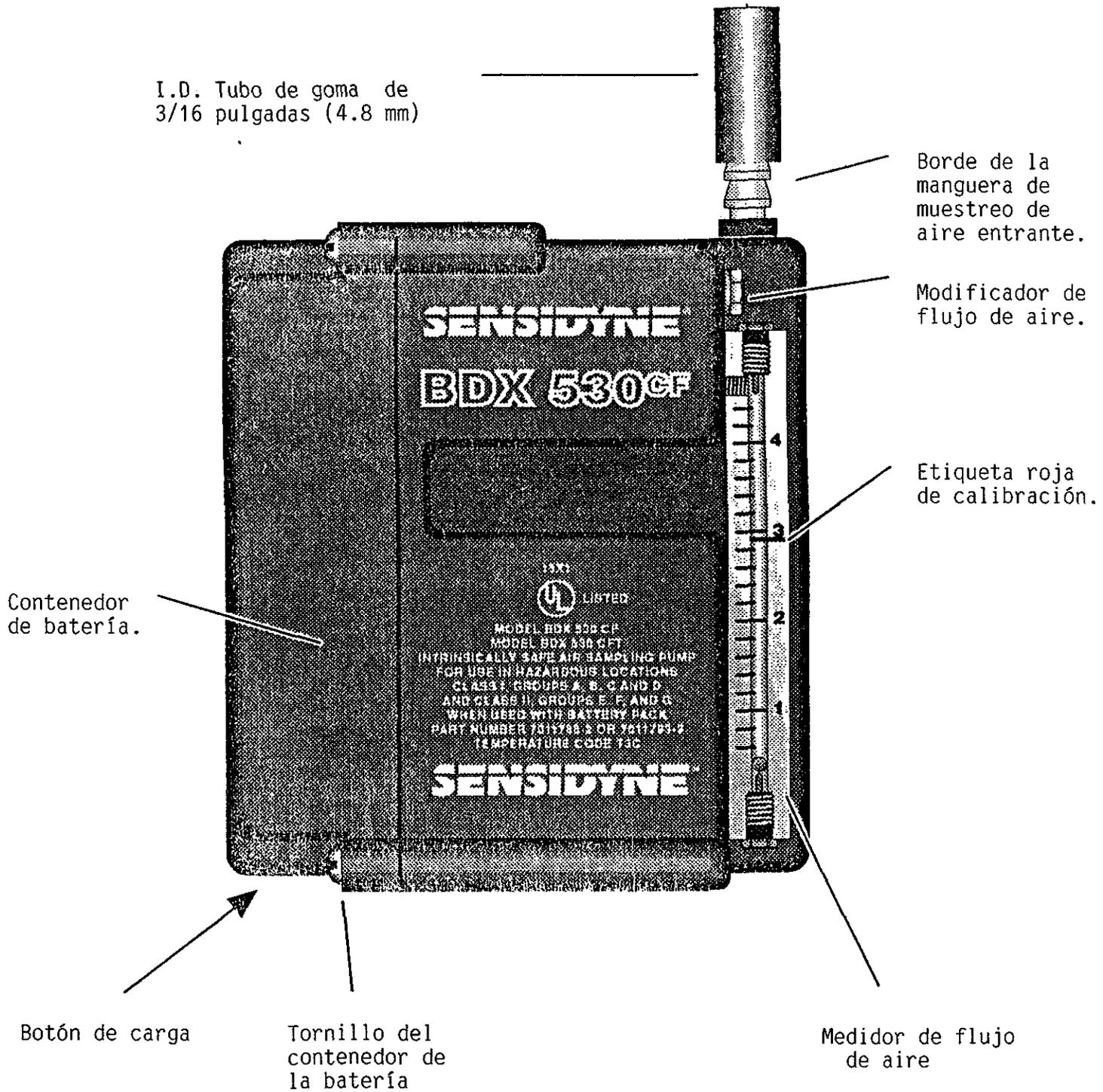
**ANEXO No. 14: Sistema muestreador pasivo de ozono.**

Fuente: FUSADES.



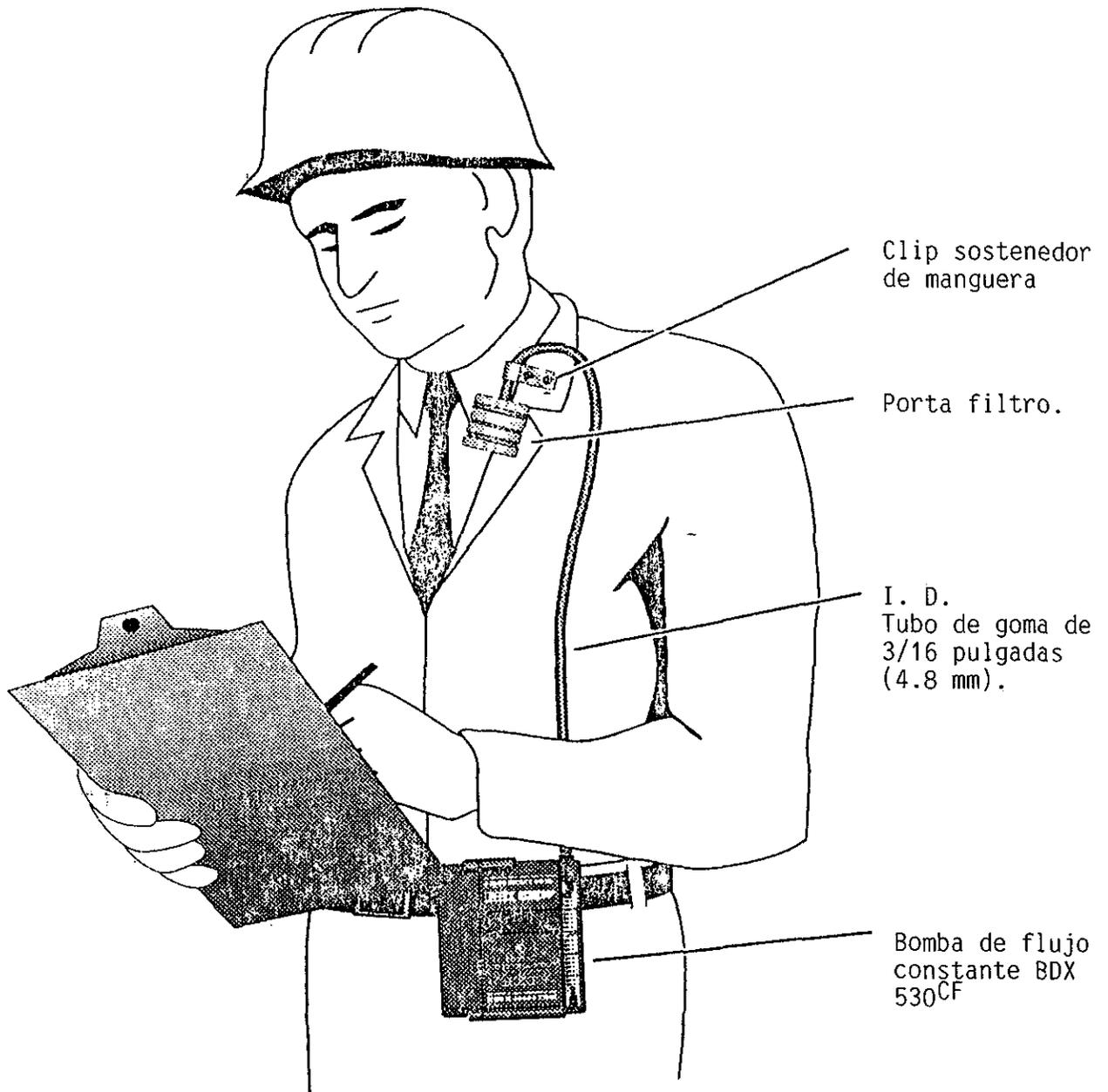
**ANEXO No. 15: Bomba de flujo constante Sensidyne BDX 530<sup>CF</sup>. (Vista frontal).**

Fuente: Manual de operación de la bomba Sensidyne BDX 530<sup>CF</sup>.



**ANEXO No. 16: Muestreo de aire con la bomba Sensidyne BDX 530<sup>CF</sup>**

Fuente: Manual de operación de la bomba Sensidyne BDX 530<sup>CF</sup>.



## **ANEXO No.17**

### **Material, equipo y reactivos empleados para la obtención y análisis de ozono.**

#### **a) Material.**

- Papel filtro de fibra de vidrio Whatman EPM 2000 (colector de ozono).
- Bisturí.
- Desecador.
- Tubos colectores de polyacril de 4.9 cm de largo x 9 mm de diámetro interno.
- Beaker de 30 mL, 100 mL y 250 mL
- Probetas de 100 mL
- Tubos de ensayo de 5 mL con tapa.
- Pipetas volumétricas de 2 mL
- Gradilla para tubos.
- Termómetro.
- Frasco volumétrico de 10 mL y 100 mL
- Cámara de secado de 25 x 25 x 40 cm<sup>3</sup>
- Pinzas.

#### **b) Equipo.**

- Espectrofotómetro UV-VISIBLE Perkin Elmer Lambda 2.

- Balanza analítica.
- Cámara extractora de gases.
- Refrigerador.
- Hot Plate.

c) Reactivos.

- 1,2 - di(4 - piridil) etileno (DPE)
- 3 - Metil benzotiazolinona hidrazona hidrocloreuro (MBTH).
- Acido Acético Glacial GR.
- Cloruro de metilo.
- Etilenglicol.

Fuente: FUSADES.

## **ANEXO No.18**

### **Material, equipo y reactivos empleados para la obtención y análisis de plomo.**

#### **a) Material**

- Cajas de petri de 60 x 15 mm.
- Frascos volumétricos de 100 mL y 250 mL
- Crisoles de porcelana de 30 mL de capacidad.
- Pipetas volumétricas de 3 mL
- Probetas de 25 mL y 100 mL
- Pinzas.
- Filtro para metales pesados.
- Soporte para filtro de metales pesados.
- Papel parafilm.
- Tubos de ensayo de 5 mL con rosca.
- Micropipeta de 10 - 50 mL de capacidad.
- Puntas para micropipeta.
- Desecador de vidrio.

#### **b) Equipo.**

- Espectrofotómetro UV-VISIBLE Perkin Elmer Modelo 2380, con horno de grafito HGA - 400.
- Mufla Fisher Scientific.

- Balanza analítica.
- Bomba de vacío de flujo constante BDX 530<sup>CP</sup>

c) Reactivos.

- Acido Nítrico 4M.
- Agua desmineralizada de alta pureza.
- Soluciones standard de plomo de 0.1, 0.3 y 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Solución de ácido nítrico 10% v/v.

## **ANEXO No.19**

### **Técnica de preparación de reactivos empleados en la determinación de ozono y plomo.**

1. Preparación de solución portadora para captación de ozono.

Reactivos: 1,2 - di(4-píridil) etileno (DPE).

Acido acético glacial GR.

Etilenglicol.

Agua destilada.

Procedimiento: 6 g de DPE se disuelven en una solución de 75 mL de Acido Acético Glacial, 15 mL de Etilenglicol y 10 mL de Agua Destilada.

2. Preparación de Acido Acético Glacial 75% v/v para preparar reactivo de color para determinación de ozono.

Reactivos: Acido Acético Glacial.

Agua destilada.

Procedimiento: 75 mL de ácido acético glacial se lleva a un volumen de 100 mL con agua destilada.

3. Preparación de reactivo de color para determinar ozono.

Reactivos: 3 metil -2- benzotiazolinona hidrazona Hidrocloruro (MBTH).

Acido acético glacial 75% v/v.

Procedimiento: 200 mg de MBTH se disuelven en 100 mL de ácido acético glacial al 75% v/v.

4. Preparación de Acido Nítrico 4M para tratamiento de cajas de petri para almacenamiento de muestras para análisis de plomo.

Reactivos: Acido Nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3$  16M).

Agua desmineralizada.

Procedimiento: 62.5mL de  $\text{HNO}_3$  (16M) se lleva a volumen de 250 mL con agua desmineralizada.

Cálculos.

Empleando la fórmula:  $C_1V_1 = C_2V_2$ .

En donde:

$$C_1 = 16M \quad C_2 = 4M$$

$$V_1 = ? \quad V_2 = 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{250\text{mL} (4M)}{16M} = \frac{1000\text{mL}}{16}$$

$$V_1 = 62.5 \text{ mL } \text{HNO}_3 \text{ 16M.}$$

5. Preparación de  $\text{HNO}_3$  10% v/v

Reactivos:  $\text{HNO}_3$  concentrado.

Agua desmineralizada.

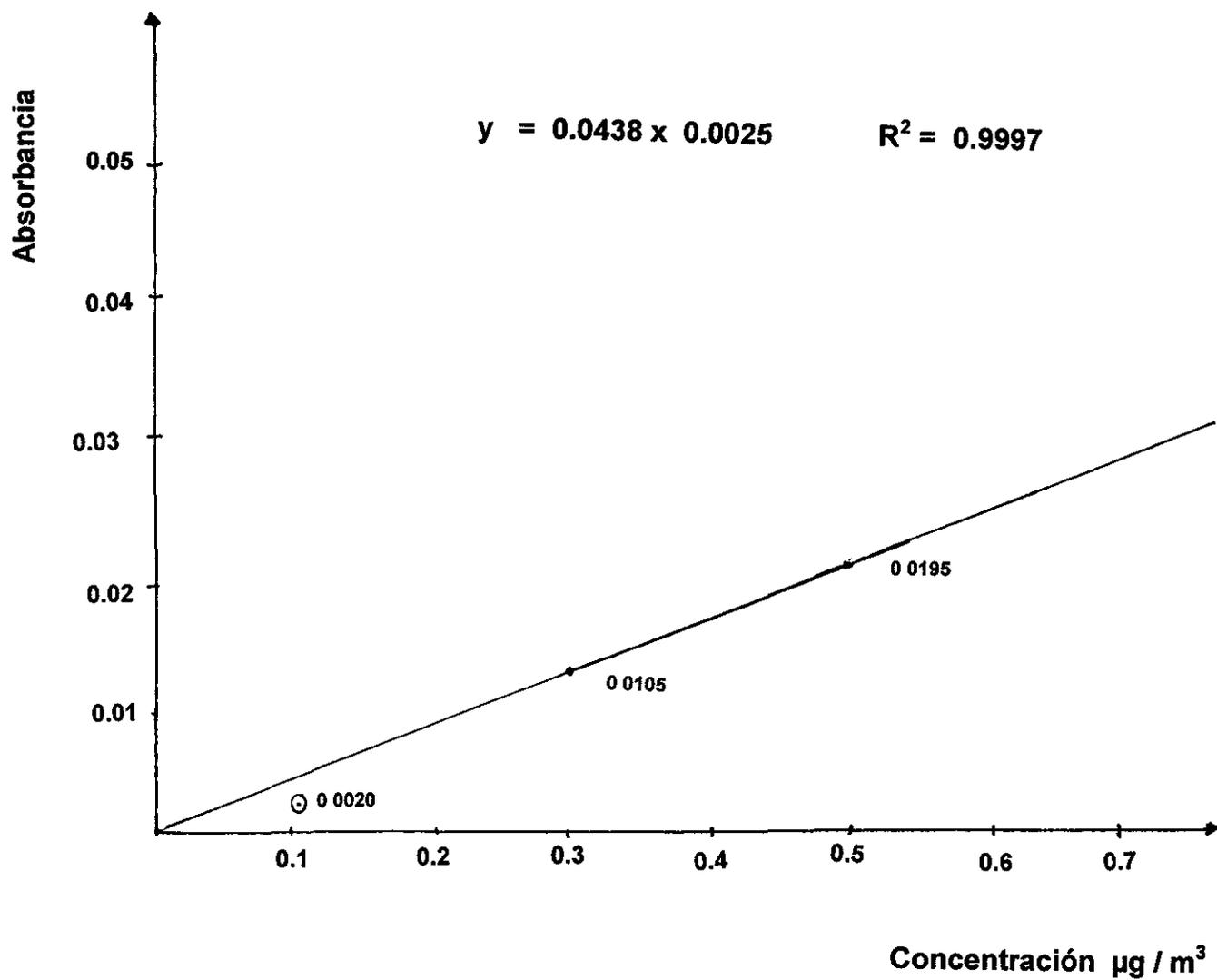
Procedimiento: 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado se lleva a volumen de 100 mL con agua desmineralizada.

## 6. Preparación del colector para captación de ozono.

El filtro de vidrio Whatman EPM 2000 se corta en tiras de 11 mm de ancho, las cuales se tratan de la siguiente manera:

- Se colocan en un recipiente plano y se mojan con la solución portadora.
- Se colocan en una cámara de secado de aproximadamente 25x25x40 cm y se secan durante 30 minutos a condiciones ambientales.
- Se cortan en porciones de 10 x 11 mm.
- Se colocan en la ranura del colector de ozono y se cierra el colector con tapones.

**ANEXO No. 20: Curva de calibración de plomo.**



**ANEXO No. 21: Absorbancias y concentraciones de ozono obtenidas mediante método espectrofotométrico UV-VIS.**

<b>MUESTRA</b>	<b>ABSORBANCIA</b>	<b>CONCENTRACION (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> como promedio anual)</b>
1	0.1106	25.82
2	0.0873	20.38
3	0.1354	31.61
4	0.1078	25.17
5	0.0826	19.29
6	0.0659	15.39
7	0.089	20.78
8	0.0805	18.81
9	0.0628	14.67
10	0.0595	13.91
11	0.0415	9.71
12	0.0885	20.66
13	0.0754	17.62
14	0.1272	29.71
15	0.0821	19.17
16	0.1253	29.25

**ANEXO No. 22: Absorbancias y concentraciones de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
obtenidas mediante método espectrofotométrico de  
absorción atómica con horno de grafito.**

<b>MUESTRA</b>	<b>ABSORBANCIA</b>	<b>CONCENTRACION (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
1	0.0025	3.391
2	0.0000	No detectado
3	0.0010	1.340
4	0.0000	No detectado
5	0.0000	No detectado
6	0.0000	No detectado
7	0.0000	No detectado
8	0.0000	No detectado
9	0.0000	No detectado
10	0.0000	No detectado
11	0.0000	No detectado
12	0.0000	No detectado
13	0.0000	No detectado
14	0.0000	No detectado
15	0.0000	No detectado
16	0.0000	No detectado
Blanco 1	0.0000	No detectado
Blanco 2	0.0000	No detectado

**ANEXO No. 23: Pesos de muestra y residuos obtenidos en el tratamiento de filtros para análisis de plomo.**

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO MUESTRA (g)</b>	<b>PESO RESIDUO (g)</b>
1	0.05050	0.0003
2	0.05010	0.0002
3	0.05110	0.0002
4	0.05060	0.0005
5	0.05110	0.0001
6	0.05100	0.0002
7	0.05070	0.0004
8	0.05080	0.0001
9	0.05000	0.0001
10	0.05040	0.0001
11	0.05000	0.0003
12	0.04790	0.0001
13	0.04900	0.0001
14	0.04850	0.0001
15	0.05010	0.0001
16	0.04650	0.0001
Blanco 1	0.05010	0.0000
Blanco 2	0.05080	0.0000

**ANEXO No. 24: Cuadro Resumen de resultados. Criterios utilizados para la evaluación de los impactos asociados al estudio de plomo y ozono.**

Taller	Concentración de ozono ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentración de plomo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ruido	Gases emitidos	Generación de desechos	Polvo	Total	Promedio
1	25.82	3.391	6	8	7	7	28	7.00
2	20.38	ND	5	6	6	6	23	5.80
3	31.61	1.34	4	7	6	6	23	5.80
4	25.17	ND	3	4	5	4	16	4.00
5	19.29	ND	5	7	8	7	27	6.80
6	15.39	ND	7	5	7	6	25	6.30
7	20.78	ND	5	7	7	7	26	6.50
8	18.81	ND	5	6	5	5	21	5.30
9	14.67	ND	8	7	7	8	30	7.50
10	13.91	ND	5	4	7	6	22	5.50
11	9.71	ND	6	7	6	5	24	6.00
12	20.66	ND	5	6	7	5	23	5.80
13	17.62	ND	6	7	6	6	25	6.30
14	29.71	ND	4	5	3	4	16	4.00
15	19.17	ND	6	7	7	7	27	6.80
16	29.25	ND	7	6	6	5	24	6.00

**ANEXO No. 25: Cuadro de valoración de impactos ambientales. Método: Criterios Relevantes Integrados.**

ACTIVIDADES	EFEECTO	INTENSIDAD	EXTENSION	DURACION	REVERSIBILIDAD	PROBABILIDAD	VIA
Reparación de vehículos automotores en talleres mecánicos y eléctricos.	RUIDO	ALTA Riesgo para trabajadores y población cercana.	- LOCAL Cierta zona. - GENERAL - PUNTUAL	- CORTA Corto periodo - LARGO Periodo largo	- MEDIO REVERSIBLE Se puede evitar - IRREVERSIBLE No se puede recuperar	- ALTA - MEDIA - BAJA	
	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PROMEDIO
	GASES	ALTA Se contamina aire.	- LOCAL Lugares abiertos o cerrados - GENERAL Entorno - PUNTUAL	- CORTA - LARGA	- MEDIO REVERSIBLE - IRREVERSIBLE	- ALTA - MEDIA - BAJA	
	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PROMEDIO
	DESECHOS	ALTA Se contaminan suelo, aire, agua.	- LOCAL - GENERAL - PUNTUAL	- CORTA - LARGA	- MEDIO REVERSIBLE - IRREVERSIBLE	- ALTA - MEDIA - BAJA	
	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PROMEDIO
	POLVO	ALTA Se contamina aire.	- LOCAL - GENERAL - PUNTUAL Ciertos lugares.	- CORTA - LARGA	- MEDIO REVERSIBLE - IRREVERSIBLE	- ALTA - MEDIA - BAJA	
	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PROMEDIO
	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PROMEDIO

**ANEXO No. 26: Cuadro para valoración de impactos ambientales: Criterios Relevantes Integrados.**

<b>PROBABILIDAD</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>EXTENSION</b>	<b>REVERSIBILIDAD</b>	<b>DURACION</b>	<b>PUNTOS</b>
ALTA (>50%)	ALTA	GENERALIZADA	IRREVERSIBLE (baja capacidad o irreparable)	LARGA (> 5 AÑOS)	10
MEDIA (10% A 50%)	MEDIA	LOCAL	MEDIANAMENTE IRREVERSIBLE (a largo plazo de 11 a 20 años)	MEDIA (2 A 5 AÑOS)	5
BAJA (<10%)	LEVE	PUNTUAL	REVERSIBLE (a corto plazo de 0 a 10 años)	CORTA (> 2 AÑOS)	2

## **GLOSARIO**

- **Alucinación.**

Percepción sin objeto real. El sujeto ve, oye, etc. como si realmente existiera el estímulo, es decir que cree realmente en la existencia del estímulo exterior.

- **Analgesia.**

Ausencia o abolición de la sensibilidad al dolor, puede ser patológica o provocada mediante sustancias terapéuticas a fin de atenuar o suprimir un dolor muy vivo.

- **Anestesia.**

Pérdida parcial o total de la sensibilidad en general y en especial de la táctil y dolorosa. Puede ser la consecuencia de diversas enfermedades del sistema nervioso central o periférico o puede provocarse artificialmente.

- **Anorexia.**

Ausencia o pérdida del apetito.

- **Arterioesclerosis.**

Dureza y engrosamiento anormales de las paredes arteriales por formación de placas de artromas y con tendencia a la obliteración del vaso.

- **Astenospermia.**

Vitalidad deficiente o nula de esperma.

- **Atelectasia.**

Falta de extensión, de dilatación, se refiere en especial al pulmón cuyos alvéolos se encuentran privados de aire y sus capilares congestionados. Puede extenderse a todo el pulmón o solo a parte de él y se debe generalmente a obstrucción bronquial por causas múltiples.

- **Anemia.**

Disminución de la cantidad de hemoglobina contenida en la sangre lo que puede o no acompañarse de un descenso de la cantidad de eritrocitos.

- **Bronconeumonía.**

Infección de los pulmones.

- **Cefalea.**

Dolor de cabeza.

- **Cólico.**

Dolor súbito.

- **Coma.**

Estado máximo de inconciencia.

- **Constipación.**

Estreñimiento. Dificultad de evacuar el vientre.

- **Convulsión.**

Contracción violenta e involuntaria de los músculos.

- **Desazón.**

Malestar, disgusto, inquietud.

- **Dosis letal 50.**

Dosis de una toxina de cualquier sustancia o de una suspensión bacteriana que en un tiempo determinado mata a aproximadamente el 50% de los animales de un grupo incluido en un ensayo y sometido a condiciones prefijadas.

- **Edema pulmonar.**

Congestión sanguínea de los pulmones debido a una falla del ventrículo izquierdo.

- **Embotamiento.**

Estado en el cual las facultades intelectuales se encuentran disminuidas.

- **Encefalopatía.**

Cualquier proceso morboso radicado en el encéfalo.

- **Enfisema.**

Infiltración de gases, generalmente aire en un tejido.

- **Eritropoyesis.**

Proceso de formación de los glóbulos rojos (eritrocitosis).

- **Fibrosis.**

Aumento del tejido fibrótico.

- **Fotosíntesis.**

Síntesis de un cuerpo químico en presencia de la energía luminosa por la acción de la clorofila.

- **Hiperestesia.**

Aumento de la sensibilidad.

- **Hipertonía.**

Aumento de los reflejos.

- **Hipospermia.**

Disminución de la cuenta de espermatozoides.

- **Hipotermia.**

Disminución de la temperatura normal.

- **Ictericia.**

Coloración amarilla por aumento de la bilirrubina directa.

- **Impacto ambiental.**

Efecto causado por la acción de un factor determinante (biótico o abiótico) sobre el ambiente y que involucra alteraciones (de diferente intensidad) adversas o benéficas hacia el mismo.

- **Lasitud.**

Disminución de la fuerza muscular.

- **Mortinatos.**  
Mortalidad al nacimiento.
  
- **Necrosis focal.**  
Muerte del tejido focal.
  
- **Ventilación por minuto.**  
Movimiento mecánico de aire que entra y sale del sistema respiratorio en un período de un minuto.
  
- **Volumen expiratorio.**  
Cantidad determinada de aire expulsado por los pulmones.
  
- **Tumefacción.**  
Reacción inflamatoria.