

11201  
2 ej 1



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Medicina  
División de Estudios de Postgrado  
Hospital General " Tacuba " - I.S.S.S.T.E.

## LESIONES BRONCOALVEOLARES POR CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

### TESIS DE POSTGRADO

Para obtener el título de

ANATOMIA PATOLOGICA

P r e s e n t a

**DRA. NORMA ALICIA ACOSTA SANCHEZ**



ASESOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO VILLALOBOS ROMERO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1986 - 1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	PAG.
Dedicatoria	1
Agradecimientos	11
Resumen	1
Introducción	3
Planteamiento del problema	5
Materiales y Métodos	8
La Contaminación en el Valle de México	10
La Atmósfera	15
Anatomía, Fisiología e Histología del Aparato Respiratorio	19
Generalidades sobre los principales contaminantes atmosféricos	35
Acciones para la reducción de los contami- nantes atmosféricos en el Valle de México	39
Resultados, Conclusiones y Comentarios	44
Cuadros de Hallazgos Histopatológicos	47
Fotografías	51
Bibliografía	61

**Dedicado a:**

**mis padres  
mis hermanos  
mi esposo**

## AGRADECIMIENTOS

A mi Asesor: El Dr. Francisco Villalobos Romero.

A los Doctores: Jesús Cavazos Gómez, Juan Manuel García -- Cebada, Luis Uribe Flores, Amado Medina Villanueva y Víctor Arana Cornejo.

A los Citotecnólogos: Sr. Miguel Díaz y Srta. Ivonne Casasola B.

A los técnicos del Servicio de Patología: Sras. Leonor Bergara y Maricela Hortencia R. y Sres. Miguel Sepúlveda D., - Ángel Tovar Luna y Pedro García P.

Al personal Administrativo: Sras. Rosa Ma. Muñoz C. y Ma. - Elsy Alderete Ch.

Al fotógrafo: Sr. José Luis Pérez Maldonado.

A mis compañeros Residentes: Drs. Carlos Alejandro Hernández y Marco Antonio Torres R.

A la Dra. Elvia Reyes S. Jefe del Servicio de Investigación.

A la Lic. Lucía Herrero González.

A la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE).

A la Sra. Ma. del Carmen Gutiérrez.

Y a todas las personas que de alguna manera colaboraron -- para la realización de este trabajo.

## RESUMEN

En el servicio de Patología del Hospital General ISSSTE, -- Tacuba, se realizó un estudio longitudinal, prospectivo, experimental y comparativo del 1° de marzo de 1987 a septiembre de 1988. En dicho estudio se contó con 30 unidades experimentales (conejos), los cuales se dividieron en 2 -- grupos. El grupo A constó de 20 unidades experimentales, -- que estuvieron expuestas desde su nacimiento hasta la edad adulta, a respirar aire contaminado de la zona noroeste de la Ciudad de México, durante un periodo de un año/24 horas al día. De dicho estudio se excluyeron los especímenes: recién nacidos, hembras gestantes y aquellos con alguna enfermedad. Posteriormente a la exposición, se les practicó estudio postmortem previa producción de paro cardiorespiratorio en diástole mediante la aplicación intracardiaca de 1 amp. de KCl (cloruro de potasio 20 Meq) y se observaron las lesiones broncoalveolares, tanto a nivel macro como microscópico.

El grupo B (grupo testigo) estuvo constituido por 10 unidades experimentales, adultas, obtenidas en áreas libres de contaminación atmosférica de origen silvestre.

El objetivo fue demostrar que la exposición de 20 unidades experimentales expuestas 24 horas/un año produce lesiones broncoalveolares del tipo antracosis, fibrosis intersticial, congestión zonas de atelectasia y enfisema. La respuesta morfofuncional del aparato respiratorio fue desarrollar estas lesiones en forma irreversible.

Por todo lo anterior, concluimos que la exposición a largo plazo, conducirá a la disfunción pulmonar, por lo que se deben tomar medidas, en forma urgente, no sólo a nivel local, sino mundial para reparar el daño causado a la ecología del planeta.

## SUMMARY

A longitudinal, prospective, experimental and comparative study, was performed ISSSTE General Hospital Pathology - - service, from March 1987 to September 1988. In this study 30 experimental units (rabbits) wich were divided in two - groups. Group "A" included 20 units thar were exposed since their birth to the older age, to breath poluted-contaminated air in the Northwest zone in México City a complete year/24 hrs/a day.

From this study the following specimens were excluded: - - just born, pregnat femele, an those to get sick.

After the exposure a postmortem study was performed,previus cardiac arrest in diastole, by one intracardiac dosis of - KCl (20 Meq) and then we observed gross and microscopically bronchoalveolar injuries.

The group "B" (witness group) were composed of 10 adults - experimental units obtained in areas free of atmospheric - polution of wild origen.

The objetive, was demonstrate than the exposure of experimental unit for 24 hrs a day during a year, produces broncho - -- alveolar injuries like the following tipos: antracosis, -- interstitial fibrosis, congestion, atelectasias zones and- enphisema.

The morphofuntional answer in the respiratory tract, was - developed those injuries in an irreversible form.

For all this, we include that the exposure for a long time period will lead to a pulmonary disfunction, for this reason, should be taken urgently measures, not only locally, but - in all the world, to avoid the most damage caused in the - planet ecology.

## INTRODUCCION

La destrucción absurda que hace el hombre de su ambiente, - llámese aire, suelo y/o agua, puede conducir por ende a su propia destrucción con la contaminación y deterioro de cada uno de estos elementos, agrediendo, fundamentalmente, - al sistema inmune y originando lo que se llama Patología Ambiental, término que se aplica a trastornos que provienen de la contaminación de cualquiera de ellos, así como los resultantes del abuso de drogas y muchos productos químicos tóxicos y agentes físicos potencialmente nocivos, incluyendo la radiación.

Como es bien sabido, se han documentado episodios dramáticos y desastrosos de inversiones térmicas aéreas en muchos centros industriales del mundo. Cada uno de estos episodios se han relacionado con exceso súbito de la mortalidad, sobre todo en ancianos, niños pequeños y sujetos con enfermedades cardiopulmonares crónicas. El evento más catastrófico fue la neblina de Londres en 1952, en el que ocurrieron alrededor de 4000 muertes, en un periodo de 2 semanas - después de 5 días de neblina muy fría y espesa. Episodios similares, aunque menos dramáticos en cuanto al total de muertes, ocurrieron en E.U.A. en Denora, Pensilvania, en 1948 y en Nueva York en los años 60. Los estudios de seguimiento posteriores, no demostraron que estos episodios fueran causa de enfermedad respiratoria crónica.

Al respecto, el gobierno de los Estados Unidos cuenta con un asesor sobre la calidad del ambiente, el Dr. William L. Mills, quien es consejero de la Casa Blanca y que recientemente estuvo en México y, entre otros puntos, opina que tomando en cuenta la problemática política y socioeconómica de nuestro país, nos llevaría aproximadamente diez años re



vertir el problema, ya que somos una ciudad con un índice de crecimiento muy alto que se ha frenado un poco en -- base a la planificación de la familia, no así en cuanto a las inmigraciones, fundamentalmente las de provincia.

También en 1970 en este país, el Gobierno Federal estableció los estándares de calidad del aire para varios contaminantes considerados como causa de exceso de enfermedad cardiorespiratoria. Para proteger la salud pública con un margen adecuado de seguridad, se marcaron estándares para el dióxido de azufre, partículas totales suspendidas, dióxido de nitrógeno, ozono, plomo y monóxido de carbono. Estos estándares varían en sus promedios de tiempo y concentración debido a las diferencias de la respuesta fisiológica conocidas para cada contaminante.

También se debe mencionar el daño que se ha causado a la atmósfera en general, y como prueba están los "agujeros" que se han encontrado, producidos por productos clorados. Todo esto sin contar los desechos que van al mar, así como las pruebas nucleares; los plaguicidas que contaminan los pastos y aguas, ésto, a su vez, al ganado y éstos al hombre; además, las fibras sintéticas usadas en la industria textil, los conservadores y colorantes de alimentos, constituyen una gama de agresiones que conjuntamente nos están causando daño ambiental e inmunológico.

Puede verse la importancia que tiene la contaminación y sus consecuencias, motivo por el cual hemos tratado de reproducir en animales de laboratorio, las alteraciones morfofuncionales en el tejido pulmonar inducidas por los principales contaminantes ambientales. Una vez establecidas, serán evaluadas y servirán de base para una fase ulterior, comparando estos hallazgos con las de necropsias de personas fallecidas por causas no médico-quirúrgicas.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Unidad de Patología del Hospital General ISSSTE Tabcaba, se realizó un estudio longitudinal, prospectivo, experimental y comparativo del 10. de marzo de 1987 a septiembre de 1988, tomando en cuenta la importancia que lacontaminación ambiental y sus consecuencias han tomado en los últimos años. Para lo cual se plantea la siguiente hipótesis: "Si exponemos a 20 unidades experimentales (conjejos) a respirar durante 24 horas/día/año, aire contaminado (ozono, bióxido de azufre y monóxido de carbono fundamentalmente), se producirán lesiones broncoalveolares del tipo: antracosis, fibrosis intersticial, congestión, zonas de atelectasia y enfisema. Cabe especificar que estas sustancias son, según SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), las que cotidianamente predominan en los reportes diarios (ver cuadro) en la Ciudad de México, específicamente en la zona noroeste que abarca: los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan, Delegaciones Miguel Hidalgo, parte de la Gustavo A. Madero y Atzacapotzalco, en donde llevamos a cabo la exposición.

Para evaluar la calidad del aire, la Subsecretaría de Ecología usa la escala IMECA (Índice Metropolitano de Calidad del Aire) e indica también las molestias que ocasiona en el ser humano. A saber:

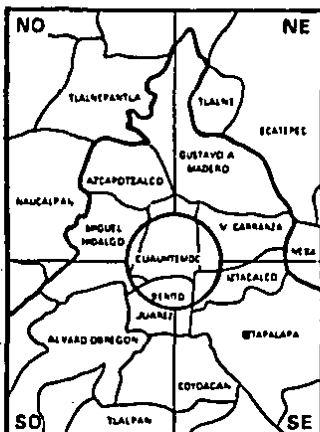
- De 0 a 50 puntos: Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas.
- De 51 a 100 puntos: Situación favorable para la realización de todo tipo de actividades.
- De 101 a 200 puntos: Aumento de molestias menores en personas sensibles.
- De 201 a 300 puntos: Aumento de molestias e intolerancia relativa al ejercicio en personas con patalogías.



**REPORTE**  
**RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO <sup>6</sup>**  
**(RAMA)**

88.-655

Lunes 7 de noviembre 1988



PERIODO:

DE LAS 12:00 HRS. DEL DÍA 6

A LAS 12:00 HRS. DEL DÍA 7

ZONA	IMECA	CONTAMINANTE SIGNIFICATIVO
NO	153	OZONO
NE	66	OZONO
CENTRO	78	OZONO
SO	171	OZONO
SE	151	OZONO

*La dispersión se inició a las 10:30 horas*

**IMECA: INDICÉ METROPOLITANO DE CALIDAD DEL AIRE**

- 0-50** SITUACION MUY FAVORABLE PARA LA REALIZACION DE TODO TIPO DE ACTIVIDADES FISICAS.
- 51-100** SITUACION FAVORABLE PARA LA REALIZACION DE TODO TIPO DE ACTIVIDADES.
- 101-200** AUMENTO DE MOLESTIAS MENORES EN PERSONAS SENSIBLES.
- 201-300** AUMENTO DE MOLESTIAS E INTOLERANCIA RELATIVA AL EJERCICIO EN PERSONAS CON PADECIMIENTOS RESPIRATORIOS Y CARDIOVASCULARES; APARICION DE LIGERAS MOLESTIAS EN LA POBLACION EN GENERAL.
- 301-500** APARICION DE DIVERSOS SINTOMAS E INTOLERANCIA AL EJERCICIO EN LA POBLACION SANA.

decimientos respiratorios y cardiovasculares. Aparición de ligeras moles --  
tias en la población general.

De 301 a 500 puntos: Aparición de diversos síntomas e intolerancia al ejercicio en la población sana.

Para la evaluación correcta en esta escala, se toman en --  
cuenta los factores climáticos (meteorológicos) con influencia sobre la contaminación ambiental, como son: vientos, --  
factor de suma importancia, dado que debido a ellos los índices de contaminación se encuentran más elevados en la zona suroeste, debido a que la dirección de éstos es de norte a sur y además de la situación geográfica desfavorable para la dispersión de los contaminantes. Otros parámetros son: --  
la nubosidad e incidencia de los rayos solares. Hay que mencionar que la luz solar juega un papel importantísimo para la concentración de ozono en el ambiente, ya que como re --  
quiere de ella, sólo se presenta en días soleados y disminuye cuando aumenta la nubosidad, predominando entonces otros contaminantes, como el bióxido de azufre o monóxido de carbono, estableciéndose cíclicamente un complejo sistema de --  
competencia entre los gases, según las condiciones climatológicas.

Por lo anterior, nos propusimos demostrar que dicha exposición a los contaminantes produciría lesiones broncoalveolares del tipo de: antracosis, fibrosis intersticial, congestión, zonas de atelectacia y enfisema en forma irreversible, así como una mayor susceptibilidad para infecciones del --  
tracto respiratorio.

Esta hipótesis tiene la siguiente justificación, después de demostrar el daño causado por los contaminantes, se contempla la posibilidad de difusión de los resultados obtenidos --  
a fin de evitar en la medida de lo posible, que se sigan --  
produciendo dichos contaminantes, con el propósito de disminuir las lesiones broncoalveolares encontradas.

## MATERIALES Y METODOS

Para este propósito, como ya se mencionó, empleamos 30 unidades experimentales (conejos), los cuales se dividieron en dos grupos: el A constó de 20, que sufrieron la exposición, y que estuvieron dentro de los siguientes parámetros: conejos adultos (1 año de edad, peso entre 2 y 3 Kg., sanos) a los cuales se les practicara estudio postmortem, previa producción de paro cardiorrespiratorio en diástole, mediante la sedación primero, a través de la inhalación de cloroformo y una vez alcanzado un plano anestésico conveniente, se procede a la aplicación intracardiaca de KCl (cloruro de potasio), 1 ampula -20 Meq- y se procederá a la observación de las lesiones broncopulmonares tanto macro como microscópicamente. (Ver fotografías). De dicho estudio se excluyen los especímenes que no estén en el rango de edad y peso estipulados, hembras gestantes, y aquéllos que contraigan alguna enfermedad. Para apoyar la investigación contamos con los siguientes recursos:

### FISICOS:

Jaulas, sala de necropsias, instrumental quirúrgico, medicamentos, Laboratorio de histopatología.

### HUMANOS:

Personal que cuida las unidades experimentales: 1 Médico Veterinario, Médicos del Servicio de Patología.

Personal que realizará el estudio-- Médicos del Servicio de Patología

Personal de laboratorio (Técnicos - en Histopatología)

Personal de intendencia que se encarga del mantenimiento de las instalaciones.

### FINANCIEROS:

ISSSTE

## INFORMATIVOS

## SEDUE

Por último, el grupo B (grupo testigo) estará constituido por diez unidades experimentales (conejos), dentro de los mismos parámetros de inclusión, obtenidos, en áreas libres de contaminación atmosférica, de origen silvestre.

Como información preliminar a los resultados, daré algunos datos complementarios sobre contaminación en el Valle de México, la atmósfera, los principales contaminantes atmosféricos y sobre fisiología, anatomía e histología bronco-pulmonar.

## LA CONTAMINACION EN EL VALLE DE MEXICO

El Valle de México es una región del país, particularmente sensible a la contaminación atmosférica, debido a sus condiciones topográficas, climatológicas y de ubicación geográfica, localizándose a 2240 metros sobre el nivel del mar, en una cuenca lacustre. Por el problema que esto representa, se cuenta actualmente con una Red de Monitoreo Atmosférico, compuesta por 25 estaciones que reportan, por vía telefónica a un centro de control, la información de la calidad del aire, minuto a minuto. La integración de esta información, a nivel horario, constituye la base del banco de datos de niveles de contaminación atmosférica. Esta Red reporta en 10 de sus puntos, información sobre humedad, temperatura y campo de vientos; paralelamente existe una Red Manual de Monitoreo que reporta información sobre bióxido de azufre, partículas suspendidas totales y metales pesados. Adicionalmente se cuenta con información general del Servicio Meteorológico Nacional. Todo lo anterior integra un sistema que permite pronosticar la calidad del aire con 8 horas de anticipación y con un acierto superior al 70% de precisión comparable a la que se alcanza en Estados Unidos y Europa. La información que genera este Sistema de Vigilancia permite evaluar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, tanto en el tiempo como en el espacio y estos datos son empleados para definir políticas y estrategias de prevención y control de la contaminación, así como para evaluar la eficacia de los programas que se implanten. Estos datos ya se utilizan en estudios de Salud Pública y Epidemiología, para evaluar los efectos de la contaminación sobre el hombre.

Por otra parte, hablando de los contaminantes, y cómo se generan, vemos que existen varias fuentes; a saber:

Fuentes Fijas.-Factor significativo y complejo que afectan la calidad del aire, tanto por su localización, magnitud y diversidad; está representado por la actividad industrial y comercial, se calcula que es responsable del 15% de la -- emisión total de contaminantes. La integran concretamente: un refinería de petróleo, dos termoelectricas, fábricas de cemento, industria siderúrgica, industria del papel y celulosa, industria agroquímica, fábricas de vidrio, hule, así como pequeñas industrias.

Fuentes Naturales.-Estas contribuyen con la emisión de partículas con el 5%, debido principalmente a tolvaneras, demoliciones, quemas a cielo abierto, entre otros. Por otro lado, la existencia de grandes áreas erosionadas, las abundantes superficies sin pavimentar y de las todavía existentes áreas de agricultura de temporal vienen a incrementar el problema, sobre todo en la época de secas.

Fuentes Móviles.-Son las de mayor importancia, en cuanto al porcentaje que se presentan, 80%, aquí se encuentran -- los vehículos automotores. Cabe mencionar que ninguno de ellos aparece en forma aislada.

Por lo tanto, excepto para la carboxihemoglobina, por exposición al monóxido de carbono, es extremadamente difícil -- relacionar un efecto específico sobre la salud con cualquier de los contaminantes por separado. Además después -- de ser emitidos al aire los contaminantes pueden ser modificados por reacciones químicas, por ejemplo, agentes reductores como el dióxido de azufre y partículas provenientes de plantas eléctricas, pueden reaccionar en el aire para producir sulfatos ácidos y aerosoles (lluvia ácida), -- que pueden ser transportados a grandes distancias en la atmósfera. Las sustancias oxidantes como los óxidos de nitrógeno y los oxidantes emitidos por autos pueden reaccio-



nar con luz solar para producir ozono.

Existe una forma especial de contaminación que se ha llamado contaminación "intramuros". A continuación se analizan tres ejemplos con efectos potenciales sobre la salud, con los cuales puede advertirse la magnitud del problema. Exceptuando las molestias que causa, por muchos años se le dio poca o ninguna atención a los efectos del tabaquismo pasivo de cigarrillos. Se sugería que la exposición pasiva al humo era tan baja que no producía consecuencias. Estudios recientes han demostrado que en cualquier hora la carga de partículas respirables es directamente proporcional al número de fumadores que habitan la casa. El humo del tabaco es un contaminante personal y ambiental, que se encuentra en todas partes.

Aunque el tabaco se ha fumado por más de 400 años, en la cultura occidental, la inhalación de humo de cigarro es el fenómeno con mayores consecuencias médicas y económicas del siglo XX. En los países industrializados, el tabaquismo es la principal causa de enfermedades previsibles y de muertes prematuras. Muchos estudios epidemiológicos han demostrado una gran relación entre el cigarrillo y varias enfermedades. La identificación de más de 4000 sustancias en el humo del cigarrillo ha proporcionado un marco de referencia para la comprensión de sus efectos biológicos. El humo del cigarrillo es un aerosol heterogéneo producido por la combustión incompleta de las hojas del tabaco. Se compone de gases y vapores en los que están dispersas partículas. El flujo principal de humo surge de la boquilla durante las bocanadas. Secundariamente, entre las bocanadas, la boquilla y la punta encendida desprenden humo. Varios factores influyen en la composición del humo, éstos incluyen, el tipo de tabaco, la temperatura a combustión, el largo del cigarrillo, la porosidad del papel, los aditivos y el

filtro. Los constituyentes principales de las hojas de tabaco son carbohidratos, ácidos orgánicos no grasos, compuestos que contiene nitrógeno y resinas. La temperatura del cigarrillo varía de 30°C en la boquilla a 900°C en la punta encendida. Con el calor intenso algunos constituyentes del tabaco sufren descomposición térmica (pirólisis). En el humo se destilan directamente las sustancias volátiles. Las moléculas inestables se recombinan para generar nuevos compuestos (pirosíntesis). El humo es filtrado por el tabaco no quemado y redestilado por la punta encendida, por lo que se concentran los constituyentes. Algunas sustancias que se encuentran en el tabaco pasan sin cambios al humo.

Cada cigarrillo genera aproximadamente 500 mg de humo, del cual 92% se encuentra en fase gaseosa y 8% en partículas. El flujo principal de humo contiene entre 2 y 5 billones de partículas por milímetro, de un tamaño que varía entre 0.1 y 1  $\mu$ m. El 85% del peso del humo está constituido por nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. Las sustancias de importancia médica son gases, vapores y partículas.

Es muy importante hacer énfasis en el tamaño de las partículas ya que pueden penetrar al árbol bronquial y quedar atrapados sin poder ser expulsadas por los mecanismos de defensa. Un fumador de una cajetilla diaria inhala más de 50,000 veces al año, por lo que las membranas de la boca, nariz, faringe y árbol traqueobronquial están expuestas en forma repetida al humo del tabaco. Algunos constituyentes actúan directamente sobre las mucosas y otros se absorben o disuelven en la saliva y son deglutidos.

Otros contaminantes intramuros que están causando cada vez mayor preocupación son los óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) generados por la oxidación del nitrógeno en el aire.

que está por arriba de la flama de las estufas de gas. Se han encontrado promedios por hora de  $\text{NO}_2$  entre 300 y 700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en cocinas. Estudios de niños que viven ahí (comparados con niños de otros hogares donde usan estufas eléctricas) sugieren una frecuencia excesiva de enfermedades respiratorias antes de los dos años de edad. No se han hecho seguimientos para ver si esto tiene que ver con el desarrollo posterior de enfermedad respiratorio crónica.

Una fuente nueva de exposición intramuros a formaldehído es originada por el proceso de curado que se utiliza en la colocación de espuma aislante, usando en la industria mueblera. Aquellos pacientes al parecer sensibles a concentraciones muy por debajo de 1 partícula por millón presentan irritación de vías aéreas superiores, ocasionalmente con epistaxis, dolor faríngeo, dolor torácico y sibilancias. Sin embargo, es rara la afección de vías aéreas inferiores y a menudo las afecciones más importantes son los trastornos leves de la memoria y del talante.

Los síntomas y enfermedades que se asocian con mayor frecuencia a la contaminación del aire son iguales a las que casi siempre se relacionan al tabaquismo. Además se ha encontrado asociación entre enfermedad respiratoria en la niñez temprana y exposición crónica a concentraciones de  $\text{SO}_2$  y partículas suspendidas totales de dos a tres veces mayores que los estándares actuales para 24 horas en promedio anual.

Se desconoce si la exposición crónica persistente a una concentración casi constante del contaminante tiene el mismo efecto que las exposiciones cortas periódicas a concentraciones elevadas, que en total promedien la misma concentración.

## LA ATMOSFERA

Es la capa invisible formada por la mezcla de varios gases, que envuelve a la tierra, y más genéricamente, envuelve a un astro cualquiera, y que constituye un elemento vital, imprescindible, sin la cual la existencia del hombre no sería posible. Este, desde la antigüedad, tuvo conciencia de que había tierras y aguas porque podría verlas y tocarlas, pero no fue sino hasta siglos recientes cuando descubrió que su supervivencia está ligada íntimamente a esa envoltura gaseosa e intangible. En efecto, sin alimento o sin agua, el hombre podría vivir algunos días; sin aire sólo algunos segundos. Si la atmósfera desapareciera, las condiciones generales de nuestro planeta cambiarían radicalmente: reinaría un absoluto silencio, pues el sonido carecería de un medio de transmisión; a falta de un agente moderador de la temperatura, los días y las noches sufrirían agudos contrastes: en la parte iluminada, los rayos solares harían hervir las aguas y fundirían algunos minerales; en la parte oscura, el frío sería capaz de congelar el fondo de los océanos en poco tiempo. En contacto directo con el vacío exterior, la superficie terrestre sería fácil blanco de cuerpos con meteoritos, ya que nada los detendría en su trayectoria. En pocos millones de años el paisaje terrestre quedaría cubierto por miles de cráteres, cuyos contornos se verían nítidamente en el horizonte, bajo un firmamento de profunda oscuridad.

### Propiedades

Composición y estructura.-La atmósfera puede dividirse de diferentes formas. La terminología propuesta en el Congreso Internacional de Bruselas en 1951 es la siguiente: la variación vertical de la temperatura permite definir las -

capas: TROPOSFERA (en la que la temperatura disminuye con la altura a razón de  $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ). Es la capa inferior de la atmósfera. Significa cambios. Se extiende desde la superficie del suelo hasta aproximadamente 17 Km de espesor sobre el Ecuador y de 8 a 11Km sobre los polos. Está constituida casi totalmente por Nitrógeno 78%; y Oxígeno 21%. Existen cantidades mínimas de carbono, kriptón, helio y otros. En esta capa se encuentra casi todo el vapor de agua que existe en la atmósfera. Contiene también cantidades variables de polvo. Es la más importante de las capas para el hombre, pues en ella se forman vientos y nubes, además se producen tormentas. A todos estos fenómenos se les aplica el nombre genérico de meteoros y por ello se llama Meteorología a la ciencia que los estudia.

ESTRATOSFERA.-(en la que la temperatura permanece prácticamente constante). Sus límites no se han determinado exactamente pero se considera que se extiende hasta 80 Km de altitud. En su composición existen el hidrógeno y el ozono, éste absorbe gran parte de las radiaciones ultravioletas del sol.

MESOSFERA.-En la que la temperatura aumenta y disminuye.

TERMOSEFERA.-En la que la temperatura sube paralelamente a la altura.

El límite superior de cada una de las tres primeras capas tiene un nombre formado por el sufijo pausa (gr. pausis, -paro) tropopausa, estratopausa, mesopausa.

HOMOSFERA.-Se denomina así a la capa que ocupa los primeros 100 Km sobre el suelo.

HETEROSFERA.-Se caracteriza por el predominio de gases li-

geros (nitrógeno, hidrógeno, helio). Se considera la densidad de los iones y los diferentes gases que sufren la ionización pueden distinguirse las capas: D, E, F y G que en conjunto constituyen la IONOSFERA. Su existencia fue descubierta hasta el presente siglo. Los rayos X y los ultravioleta provenientes del sol la ionizan y originan átomos - - eléctricamente cargados. Su temperatura se eleva hasta - - 1100°C. Es la zona de las auroras boreales y en ella se incendian los meteoritos. Sus capas reflejan las ondas de radio y gracias a ésto las transmisiones pueden ser escuchadas a distancia. Se extiende aproximadamente entre los 80- y 500 Km de altitud.

EXOSFERA.-Zona en la que las moléculas más ligeras escapan a la gravitación y marchan lentamente hacia el espacio. Se extiende a partir de los 500 Km de altitud. En 1962, se descubrió que está constituida por una capa de helio rodeada por otra de hidrógeno que se extiende por más de 6000 Km.

Para fines prácticos suele dividirse únicamente en: Troposfera, Estratosfera, Ionosfera y Exosfera.

La atmósfera es incolora y transparente. El aire parece azul sólo en la troposfera y en las capas inferiores de la estratósfera. Esto se debe a que los rayos solares aparentemente blancos, están compuestos de siete colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta). Cuando estos rayos llegan a la troposfera, las partículas del aire interceptan las ondas cortas correspondientes al color azul y las difunden dando ésto color a las capas bajas de la atmósfera. Más allá de los 19 Km de altura toma un color violetáceo y en las capas elevadas de la estratosfera se ve negra. Otra propiedad de la atmósfera es que es diatérmica, porque permite que el calor radiante del sol pase a través de ella sin calentarla. Absorbe sólo 1/5 parte de ese ca-

lor, permite que 2/5 lleguen a la superficie terrestre y -refleja las 2/5 restantes al espacio. Y además se calienta de tres maneras diferentes: por contacto directo con la superficie terrestre, por radiación y por convección. Para -medir su temperatura se utiliza el termómetro. Entre los -fenómenos principales de la atmósfera está el clima, éste-se define como el conjunto de fenómenos meteorológicos que determinan el estado medio de la atmósfera en un punto de-la tierra.

Y por último, hablaremos de la presión atmosférica. El ai-re, como todos los cuerpos, pesa y, por tanto, presiona la superficie terrestre. Al peso que ejerce la atmósfera en-un lugar determinado se le llama presión atmosférica. Esta presión no se ejerce sólo hacia abajo, sino en todas direc-ciones. Las diferencias de presiones originan la formación de vientos, factor de suma importancia en cuanto a la dis-persión de los contaminantes.

## ANATOMIA, FISILOGIA E HISTOLOGIA DEL APARATO RESPIRATORIO

El aparato respiratorio se divide en dos porciones principales: vías respiratorias superiores e inferiores. Las superiores comprenden la nariz, nasofaringe, orofaringe, cavidad bucal, laringofaringe y laringe. Las inferiores comprenden el árbol traqueobronquial y el parénquima del pulmón. A su vez, el árbol traqueobronquial comprende vías grandes (traquea y bronquios) y pequeñas (bronquiolos).

### VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES

Estas comprenden la nariz, boca y faringe. La laringe constituye la transición entre vías respiratorias superiores e inferiores. Las vías respiratorias superiores: a) integran un sistema de conductos que permite al aire llegar a vías bajas; b) protegen de las sustancias o partículas extrañas lleguen a las estructuras inferiores; c) constituyen el espacio muerto anatómico, en un 30-50%; d) representa el 45% de la resistencia de vías respiratorias durante los fenómenos de ventilación; e) humidifica y calienta el aire; f) desempeña funciones importantes en el habla y olfacción.

Nariz.-La nariz es un órgano cuya rigidez proviene de elementos óseos y cartilagosos, esto evita que se colapse la nariz durante la inspiración, cuando la presión interior se hace inferior a la atmosférica. El tercio superior de la nariz es de naturaleza ósea, los dos tercios inferiores están formados por cartilago. El tabique nasal (cartilago en su parte anterior) divide a la cavidad nasal en dos fosas nasales cuyos límites son las alas de la nariz. Los orificios entre las fosas nasales y la nasofaringe se llaman coanas, La parte anterior de la cavidad nasal (ves-



tíbulo) está cubierta de piel, y contiene folículos pilosos (vibrisas) que representan el primer mecanismo de defensa del aparato respiratorio.

De las paredes externas de las fosas nasales sobresalen tres porciones grandes (cornetes), los cuales dividen el aire inspirado en tres corrientes planas, lo que permite un estrecho contacto entre el aire inspirado y la mucosa nasal. Los senos nasales de los huesos del cráneo se abren en la nariz por aberturas situadas en los cornetes. La mucosa es plana en su tercio anterior y ciliada en los dos tercios posteriores, además rica en glándulas serosas y mucosas, y provista de un riego sanguíneo abundante. El epitelio olfatorio se sitúa en los cornetes superiores y es de color pardo amarillento. La sangre arterial de la nariz de la circulación venosa corre a cargo de las venas anteriores de la cara y una pequeña porción de la circulación venosa desemboca en el seno cavernoso. La circulación linfática sigue el esquema de la circulación venosa. La innervación motora de los músculos de la parte externa de la nariz está dado por el séptimo par (VII), y la innervación sensitiva por el quinto par (V).

Las funciones primarias de la nariz son: humidificar, calentar y filtrar el aire inspirado; otras funciones son el olfato, y constituir una cámara de resonancia para la fonación, la hidratación dada por la abundante secreción mucosa y la temperatura dada por la rica circulación capilar, y la función filtrante corre a cargo de los grandes pelos, en el vestíbulo de la nariz y por la secreción mucosa y pegajosa que detiene las partículas, y después las expulsa mediante el reflejo del estornudo.

Faringe. - Se llama faringe al espacio situado detrás de las cavidades oral y nasal. Presenta porciones nasal, bucal y

laríngea. La nasofaringe se encuentra por encima del paladar blando, la laringofaringe por debajo de la base de la lengua, entre el paladar blando y la base de la lengua tenemos la orofaringe.

La nasofaringe está cubierta por un epitelio ciliado pseudoestratificado. La cámara del oído medio comunica con la nasofaringe por el conducto llamado trompa de Eustaquio. Las trompas de Eustaquio permiten que las presiones gaseosas en el oído medio sean conveniente para que pueda funcionar bien el tímpano, y desempeñan un papel importante en la evacuación normal del líquido formado en el oído medio.

En la parte alta de la nasofaringe se encuentra la amígdala faríngea, este tejido linfoide recibe el nombre de adenoides y es particularmente desarrollado en niños. Las amígdalas constituyen un importante mecanismo de defensa del aparato respiratorio.

La orofaringe va del paladar blando a la base de la lengua. Recibe aire de la boca y de la nasofaringe, y alimento de la cavidad oral. Los límites anteroexternos de la orofaringe representan un tejido linfoide llamado amígdalas faríngeas, que en los niños pueden alcanzar un tamaño enorme. Habitualmente en la base de la lengua hay también tejido linfoide llamado amígdala lingual.

La laringofaringe va de la base de la lengua a la apertura del esófago, y hay referencias importantes como la epiglotis, los pliegues aritenopiglóticos y los cartílagos aritenoides.

La musculatura de la faringe comprende varias capas innervadas por el X par. La innervación sensitiva dada por el IX - glossofaríngeo. La principal función de la musculatura lisa de la faringe es la deglución. La mucosa de la bucofaringe

y de la laringofaringe corresponde a un epitelio escamoso-estratificado, desprovisto de cilios.

Laringe. - La laringe constituye la unión entre las vías respiratorias superiores e inferiores. Ocupa la región anterior del cuello, a nivel de las vértebras cervicales y CVI y la constituyen una serie de cartílagos articulares que forman como un capitel en la extremidad superior de la tráquea. La cavidad de la laringe se extiende desde el orificio de entrada que lo limita anteriormente al borde superior de la epiglottis; posteriormente una hoja de la mucosa situada entre ambos cartílagos aritenoides y a cada lado del borde libre del pliegue mucoso (pliegue aritepiglotico) que une el vértice del cartílago aritenoides con el lado de la epiglottis. Los cartílagos subyacentes sobresalen a través de la mucosa a manera de reborde que parece formar la entrada de la laringe a cada lado. Estas salientes son continuadas posteriormente por los cartílagos aritenoides, con los corniculados muy cerca de ellos; anteriormente son claramente visibles los cartílagos cuneiformes.

Los dos cartílagos aritenoides desempeñan un papel importante en los movimientos de las cuerdas vocales. Las cuerdas vocales están formadas por ligamentos, cartílagos y músculos que van de los cartílagos aritenoides al cartílago tiroides.

La mucosa de la laringe está formada por encima de las cuerdas vocales por epitelio plano estratificado, y epitelio cilíndrico pseudoestratificado por debajo. La inervación sensitiva de la superficie anterior de la epiglottis corresponde al noveno par craneal, el resto al décimo par craneal. En cuanto a la inervación motora, la laringe corresponde al décimo par craneal, por vía del nervio laríngeo recurrente.

La epiglotis es un cartilago elástico en forma de hoja que se encuentra unido al cartilago tiroides. La epiglotis es flexible, y se encuentra en contacto con la pared anterior de la faringe. La función primaria de la epiglotis consiste en cubrir la abertura de la glotis durante la deglución, impidiendo el paso del bolo a las vías respiratorias.

La laringe cumple cuatro funciones principales: 1) conduce el aire de las vías superiores a las inferiores; 2) protege las vías bajas contra la entrada de sustancias sólidas; 3) interviene en el fenómeno de la tos; y 4) interviene en el habla.

La laringe protege las vías respiratorias bajas al cerrar la glotis durante la deglución. De esta manera, los alimentos que pasan de la bucofaringe al esófago no pueden entrar al árbol traqueobronquial.

La tos representa un mecanismo de defensa importante en el sistema pulmonar. El mecanismo de la tos requiere que las falsas cuerdas vocales, los pliegues aritenoepiglóticos, las cuerdas vocales verdaderas y la epiglotis cierren herméticamente la laringe. El grado de tensión de las cuerdas vocales establece el tono y la calidad de los sonidos producidos al hablar.

Árbol traqueobronquial.-Histología.-Al ramificarse el árbol traqueobronquial el diámetro de cada tubo se hace progresivamente menor. La pared de los bronquios comprende tres capas principales: 1) el revestimiento epitelial; 2) la lámina propia y 3) el cartilago.

El epitelio cilíndrico ciliado, pseudoestratificado rico en glándulas mucosas y serosas, presenta una membrana basal muy clara, debajo de la cual se prolongan algunas glándulas mucosas. La lámina propia (submucosa) está formada por

tejido fibroso laxo que contiene gran número de vasos sanguíneos pequeños, vasos linfáticos, y nervios. Se observa en esta región una complicada red de fibras elásticas longitudinales y circulares (líneas geodésicas), relacionada con otra red de fibras musculares lisas. Este músculo liso bronquial, al contraerse, aumenta en forma aguda la resistencia de vías respiratorias. La capa cartilaginosa comprende cantidades variables de cartilago; esta capa falta completamente en los bronquios de diámetro inferior a 1 mm.

Tráquea.-La tráquea es un tubo formado por anillos cartilaginosos incompletos por su parte posterior. Tiene 10-11 cm de longitud y se extiende hacia abajo, desde la parte posterior de la laringe, a la altura de la vértebra CVI, hasta el punto en que se bifurca en la carina en dos bronquios principales, el derecho y el izquierdo, aproximadamente a la altura del borde superior de la vértebra DV. Está revestida de epitelio cilíndrico ciliado.

La tráquea se desplaza con los movimientos respiratorios y con los cambios de posición de la cabeza. Durante la inspiración profunda, la carina puede descender hasta 2.5 cm. Se desconoce la importancia de este movimiento, pero es posible que facilite la expansión de los vértices pulmonares. Igualmente, la extensión de la cabeza y del cuello puede aumentar la longitud de la tráquea hasta un 23-30%. La tráquea está situada directamente por delante del esófago, y a su lado corren los grandes vasos del cuello. La superficie anterior de la tráquea, en el cuello, está cubierta por una parte de la glándula tiroides.

La tráquea debe su firmeza a un número variable (de 16-20) de cartílagos en forma de C. Su pared posterior está formada por una membrana plana, sin cartilago. Esta membrana queda separada de la pared anterior del esófago por tejido conjuntivo laxo.

Bronquios Principales.-La tráquea se divide en bronquios--principales derecho e izquierdo, cuya estructura es simi--lar a la de la tráquea. El bronquio derecho es más ancho y más corto que el izquierdo, y puede considerársele la --continuación directa de la tráquea. En el adulto el bron - quio principal derecho forma con la vertical un ángulo ve - cino de 25°, mientras que para el bronquio izquierdo, el - ángulo es de 40-60°. En el niño, los dos bronquios princi - pales forman ángulos iguales, vecinos de 55°.

Bronquios lobulares.-El bronquio principal derecho se divi - de en tres ramas lobulares, la superior, la media e infe - rior. El bronquio principal izquierdo sólo tiene dos ramas, los bronquios lobulares superior e inferior. En este lugar, los cartilagos pierden su forma característica de herradu - ra, propia de la tráquea y bronquios principales. Aunque - no forman de ninguna manera anillos completos, garantizan una rigidez circunferencial del bronquio principalmente en todas las condiciones.

Bronquios segmentarios.-Los bronquios lobulares se dividen en varias ramas que se llaman bronquios segmentarios, y cu - yos nombres corresponden a los segmentos pulmonares que ag - rean. Estos bronquios segmentarios resultan muy importan - tes para la realización de higiene bronquial y la fisio - terapia torácica.

Bronquios pequeños o subsegmentarios.-Cada ramificación -- del árbol traqueobronquial origina una nueva generación de tubos. Por lo tanto, los bronquios principales correspon - den a una primera generación. Los bronquios lobulares a -- una segunda generación y los bronquios segmentarios a una - tercera generación, de la cuarta a la novena generación, - aproximadamente, se está tratando de bronquios pequeños. - En estos bronquios subsegmentarios, el diámetro va disminu

yendo de 4-1 mm aproximadamente. Puesto que el número de bronquios aumenta en cada nueva generación, el área transversal total aumenta cada vez. Poco más o menos, la décimo primera generación tiene una superficie de sección transversal siete veces mayor a la que corresponden a los bronquios lobulares.

Los bronquios están rodeados por tejido conjuntivo peribronquial en cuyo seno corren arterias, linfáticos y nervios bronquiales. Estas vainas de tejido conjuntivo rodean todos los bronquios de las generaciones novena a décimo primera, en cuyo momento el diámetro empieza a hacerse inferior a 1 mm. En adelante, desaparecen las vainas de tejido conjuntivo y las paredes de los bronquios son continuas con el parenquima pulmonar.

Los conductos de diámetro superior a 1 mm, provistos de vainas de tejido conjuntivo, reciben el nombre de bronquios. Los conductos cuyo diámetro es inferior a 1 mm, y sin tejido conjuntivo, se llaman bronquiolos.

Bronquiolos. - En aquellos bronquiolos que corresponde a las generaciones novena a décimo primera, a partir de la tráquea a) el diámetro es inferior a un mm; 2) falta totalmente el cartilago; y 3) la lámina propia se encuentra directamente en contacto con el parenquima pulmonar. En este lugar, la permeabilidad de las vías respiratorias ya no depende de la rigidez estructural; es consecuencia fundamentalmente de la tracción elástica ejercida por la red del músculo liso. A este nivel la permeabilidad de las vías respiratorias depende ya menos de la presión intratorácica, y obedece en mayor grado a la presión alveolar y a las modificaciones de la geometría de alveolos.

Puesto que el número de bronquiolos aumenta en cada divi -

sión la superficie de sección transversal a nivel de estas vías respiratorias aumenta muchísimo. El resultado global es que aunque la resistencia al paso del aire en estos conductos pequeños resulta individualmente mayor la resistencia global no pasa del 10%, aproximadamente, de la resistencia total de vías respiratorias en condiciones normales.

En los bronquiolos se encuentran cintas musculares espirales y el revestimiento epitelial es cuboide. La irrigación del árbol traqueobronquial en su totalidad corresponde a la circulación de las arterias bronquiales. El árbol traqueobronquial termina a nivel de la décimosexta generación, aproximadamente, a partir de la tráquea. Estos conductos finales llevan el nombre de bronquiolos terminales.

Bronquiolos terminales.-En los bronquios terminales, el diámetro promedio es del orden de 0.5 mm; el epitelio se aplana; desaparecen las glándulas mucosas y los cilios. Es incierto el origen del moco que se encuentra en estos conductos. Quizá provenga de células secretoras llamadas células claras, que se encuentran en los bronquios terminales y preterminales. Existen algunas pruebas en el sentido de que es en estas células claras donde se produce el surfactante, en parte al menos (pero no el moco). De cualquier manera a nivel de bronquiolos terminales, se encuentran simultáneamente moco y sustancia tensoactiva.

Las funciones del árbol traqueobronquial consisten en conducir el aire inspirado, humidificarlo y calentarlo. Después de los bronquiolos terminales aparece una nueva función, que consiste en permitir el intercambio de moléculas gaseosas entre la sangre y el aire alveolar. El sistema de arterias bronquiales termina a nivel del bronquiolito terminal. El aporte sanguíneo de elementos nutritivos, debajo de este punto corre a cargo del sistema de la arteria pulmonar.



Bronquiolos respiratorios.-En los bronquiolos respiratorios se encuentra un epitelio alveolar plano, que carece de cilios y de glándulas mucosas y serosas. Los bronquiolos respiratorios continúan durante tres generaciones más aproximadamente, y constituyen una transición hacia el epitelio alveolar puro donde la capacidad de intercambio gaseoso es máxima.

Epitelio alveolar.-La mayor parte del epitelio alveolar está formada por células alveolares del tipo I, con núcleos aplanados y prolongaciones citoplasmáticas aplanadas también. Cada prolongación citoplasmática entra en contacto con otra, formándose así el epitelio. En los ángulos agudos que se constituyen en este epitelio alveolar, se observan células muy llenas con poco citoplasma; estas células alveolares tipo II (células alveolares muy grandes) presentan gránulos en su núcleo y citoplasma, y se sabe que su metabolismo es activísimo. Contiene gran cantidad de orgánulos celulares, que parecen ser el origen de la sustancia tensoactiva que reviste el alveolo. No se observa fagocitosis ni en las células tipo I ni en las de tipo II; en otras palabras, ninguna de estas dos variedades es capaz de ingerir sustancias extrañas; los fagocitos (macrófagos) propios del alveolo reciben el nombre de células alveolares tipo III.

Lóbulo primario.-El parénquima pulmonar está revestido de epitelio alveolar. De hecho, este parénquima está formado por un gran número de lóbulos primarios, que son sus unidades funcionales. Aunque no todos los anatomistas están de acuerdo respecto al concepto de lóbulos primarios, la opinión más difundida es que el lóbulo primario es la unidad correspondiente a un conducto alveolar de primer orden. El pulmón posee aproximadamente 130 000 lóbulos primarios. Cada lóbulo tiene un diámetro del orden de 3.5 mm, y contiene

ne aproximadamente 2 200 alveolos. A cada lóbulo primario llega una sola arteriola pulmonar.

Conductos alveolares.-Los conductos alveolares nacen de los bronquiolos respiratorios. Las paredes de los conductos alveolares están formadas por alveolos, separados por tabiques o paredes que contienen músculo liso, y al parecer, pueden contraerse estrechando la luz del conducto. Casi la misma del total de alveolos de un pulmón proviene directamente de los conductos alveolares, y explica aproximadamente 30% del intercambio gaseoso a nivel alveolar.

Sacos alveolares.-Los sacos alveolares constituyen la última división de las vías respiratorias y funcionalmente equivalen a los conductos alveolares, con la diferencia de que se trata de fondos de saco. Estos sacos alveolares forman acumulos de 15-30 unidades, y la pared que separa dos sacos vecinos es propia de ambos simultáneamente. Esta disposición aumenta considerablemente la superficie de los pulmones y desempeña un papel considerable en el retroceso elástico que muestra el parenquima pulmonar. Casi 65% del intercambio gaseoso alveolar corre a cargo de estos sacos alveolares.

La cubierta mucosa, es muy importante pues constituye un mecanismo de defensa normal del árbol traqueobronquial, que recibe el nombre de cubierta mucosa o escalera mucociliar.

El epitelio del árbol traqueobronquial contiene gran cantidad de glándulas serosas y mucosas. Las glándulas mucosas del epitelio constan de células caliciformes superficiales y en caso de irritación, su respuesta consiste en hipertrofia e inflamación crónica. Las glándulas submucosas producen en el adulto sano un volumen de secreciones bronquiales del orden de 100 ml al día. El moco forma una capa con

tinua sobre el epitelio del árbol traqueobronquial, la viscosidad del moco depende en grado importante de su contenido de agua 95%, glucoproteínas 2%, 1% de carbohidratos, mucina, huellas de lípidos y elementos serosos. El va disminuyendo progresivamente la cantidad de agua del moco en la superficie interna que está en contacto con la luz del bronquio. Arbitrariamente esta capa continua se subdividió en dos capas distintas; una adyacente a la superficie de la mucosa (capa de sol) y otra capa más viscosa (capa de gel).

Los cilios. - Se sitúan casi totalmente en el interior de la capa líquida de sol. El movimiento de los cilios y su función se desconocen, sólo se ha estudiado bien el fenómeno de latido. El movimiento ciliar hacia adelante hace que el extremo superior de la proyección alargada se extienda dentro de la capa viscosa del gel tirando de ella hacia adelante. Durante la fase de regreso los cilios se doblan. De esta manera, dicho regreso tiene lugar totalmente dentro de la capa de sol, y la fuerza ejercida en dirección opuesta sobre la capa de mucosa es casi nula. Este tirón ciliar se transforma en movimiento continuo hacia la laringe.

La velocidad promedio de desplazamiento de la capa mucosa es del orden de 2 cm por minuto; parece constituir un mecanismo de limpieza eficaz en los pulmones normales. Las partículas extrañas que se inhalan quedan pegadas al moco, y empiezan a desplazarse hacia la laringe. La capa mucosa es un elemento importante del mecanismo de la tos, pues la corriente de aire de gran velocidad que aparece al toser, --desplaza a la totalidad de dicha capa mucosa.

La sustancia evacuada durante el fenómeno de la tos se llama esputo.

Al igual que el epitelio traqueobronquial, el epitelio alveolar está cubierto de líquido, en esta capa líquida existe un gran número de células libres entre las cuales revisten especial importancia los macrófagos, llamados a menudo células alveolares tipo III, y se sabe que provienen de la médula ósea o de las células alveolares tipo II. En cualquier caso, los macrófagos resultan importantísimos pues forman parte de los mecanismos de defensa normales.

Surfactante. - Si el líquido que cubre el epitelio fuera --- plasma solamente, la tensión superficial resultaría tan alta que los pulmones permanecerían colapsados. Sin embargo, el líquido que cubre el epitelio alveolar contiene un fosfolípido de tipo detergente, llamado surfactante pulmonar, o sustancia tensoactiva, que disminuye la tensión superficial del líquido que reviste el epitelio alveolar, de modo que los alveolos puedan funcionar en forma normal. El surfactante forma una película de unos 50 angstroms de espesor sobre la superficie del líquido que cubre el interior del alveolo. Aunque sea casi insoluble, esta lipoproteína deja pasar fácilmente todo tipo de gases. Se cree que esta sustancia tensoactiva es producida y secretada por las células alveolares tipo II, y la función alveolar normal depende en gran medida de la producción y secreción continua de esta sustancia tensoactiva.

Torax. - Los pulmones son los órganos de la respiración externa, en el adulto representan más de 70 metros cuadrados de superficie epitelial y redes capilares a través de las cuales tiene lugar la respiración externa. Los pulmones se encuentran libres dentro de las cavidades pleurales respectivas, y sólo están fijos a nivel del hilio por el cual entran o salen vasos y bronquios y nervios.

El hígado presiona el hemidiafragma derecho hacia arriba, razón por la cual el pulmón derecho es más corto y más ancho que el izquierdo; sin embargo, el pulmón izquierdo tiene un volumen menor que el derecho pues el corazón ocupa parte del tórax izquierdo. Asimismo, el pulmón derecho tiene tres lóbulos grandes, mientras que el izquierdo sólo tiene dos lóbulos. Entre los dos pulmones se encuentra el mediastino, situado en la línea media y que contiene al corazón, los grandes vasos, la tráquea, el esófago, el timo, gran cantidad de ganglios linfáticos y abundantes nervios.

Mecánica de la respiración. -Al igual que el agua, el aire fluye de una región de mayor presión a una región de menor presión. En el hombre la contracción activa de los músculos inspiratorios crea una presión subatmosférica dentro de los pulmones, ampliando los bronquiolos y los alveolos. De este modo, el aire a presión atmosférica fluye al interior de los conductos respiratorios. En contraste con la inspiración, la espiración es un proceso pasivo en el cual el retroceso elástico de los pulmones y de la pared torácica origina una presión positiva en el interior de los pulmones, expulsando el aire hacia la atmósfera y volviendo el pulmón a su posición espiratoria final.

La inspiración. -Los principales músculos inspiratorios son los intercostales y el diafragma, mientras que los escalenos, los esernocleidomostoideos, los trapecios y los músculos dorsales son los accesorios de la respiración. Estos músculos accesorios no se activan durante la respiración tranquila normal. Se muestran activos a altos niveles de ventilación (más de 50 litros por minuto), y su función principal es estabilizar la pared del tórax.

El diafragma es un músculo en forma de cúpula que separa las cavidades torácica y la abdominal y se fija alrededor

a la circunferencia inferior de la caja torácica. Se comporta como un pistón. Sus contracciones mueven el contenido abdominal hacia abajo y adelante, creando un espacio potencial el cual se llena por la expansión de los pulmones. Se estima que el diafragma se mueve alrededor de 10-12 cm verticalmente durante cada inspiración. Durante la respiración tranquila se encarga de más del 75% del cambio en el volumen intratorácico. Puede ser el único músculo inspiratorio activo. El diafragma es un músculo voluntario. Para funcionar adecuadamente se requiere un aporte nervioso intacto. El aporte nervioso motor principal del diafragma es el nervio frénico, el cual surge principalmente del cuarto nervio cervical, pero también recibe ramas de los nervios tercero y quinto cervicales.

La espiración.-En contraste con la inspiración, la espiración es un proceso pasivo durante la respiración tranquila. Durante la inspiración se almacena energía potencial en los tejidos elástico del pulmón y de la caja torácica formada por la columna, los doce pares de costillas, el esternón y los homoplatos. El retroceso de esos tejidos alargados provoca una elevación de la presión en las vías aéreas y el aire se mueve hacia afuera. Los músculos espiratorios solamente llegan a funcionar durante la inspiración fuerte o siempre que exista una obstrucción al flujo de aire. Los músculos respiratorios más importantes son los abdominales y los músculos intercostales internos. Los músculos abdominales son los oblicuos internos y externos y el transverso y el recto del abdomen. Por su contracción aumenta la presión intrabdominal, forzando el diafragma hacia arriba. -- También hacen descender las costillas inferiores y flexionan el tronco. Se encuentran inervados por los seis nervios intercostales inferiores y por el primer segmento lumbar.

La Pleura. - Con volumen en reposo del sistema respiratorio, el retroceso opuesto del pulmón y de la pared torácica --- tiende a separar la pleura visceral de la parietal. De este modo la presión intrapleural neta será negativa, subatmosférica, lo cual es cierto generalmente, sin embargo, esta presión varía de acuerdo a la región en la pleura y a la postura.

Existe una cantidad muy pequeña de líquido en el espacio pleural, se estima que es de cerca de 2 ml. Este líquido proporciona un sistema de lubricación y asimismo, transmite instantáneamente la presión entre la pared del tórax y el pulmón. Las fuerzas sobre el pulmón son fuerzas perpendiculares, pero la presencia de líquido pleural les permite deslizarse en respuesta a las fuerzas de deslizamiento. De este modo, el movimiento superior e inferior del diafragma expande el pulmón completo, no simplemente los lóbulos inferiores. Por este sistema para funcionar eficazmente, la cantidad de líquido intrapleural debe permanecer a un mínimo, lo cual se logra por mantenimiento de la presión coloido osmótica del líquido pleural a un mínimo (3 a 4 cm de H<sub>2</sub>O). De este modo, la presión neta de absorción hacia la circulación es mayor que el retroceso opuesto del pulmón y la pared torácica. La pleura parietal se encuentra ricamente aprovisionada la linfáticos que drenan el líquido pleural. Las proteínas y las partículas sin ninguna acción selectiva. Probablemente no funcionan bajo condiciones normales pero son un importante mecanismo de emergencia.

## GENERALIDADES SOBRE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

### OZONO

El oxígeno es el elemento más abundante en nuestro planeta. De hecho, algo más del 60% de los átomos que hay en la corteza terrestre son átomos de oxígeno. Su descubrimiento en 1774 por Priestley representó un punto crucial en el desarrollo de la química. Diez años después se dio a conocer otra forma de oxígeno gaseoso, el ozono. A diferencia de la forma común y estable del oxígeno, el nuevo gas poseía un olor característico. Pero sólo en 1840 pudo el químico alemán, Christian F. Schönbein aislar este gas, dándole el nombre de ozono, (del vocablo griego "oler"). Su olor picante se puede percibir alrededor de las máquinas movidas eléctricamente que despiden chispas cuando están funcionando.

El ozono es un gas azul pálido más pesado y mucho más soluble en agua que el oxígeno y, químicamente, más activo, en condiciones normales mancha el mercurio metálico. Esta variedad de oxígeno se prepara mediante descargas eléctricas en el aire seco o en el oxígeno puro. Cerca de un 8% de oxígeno se convierte en ozono puro, aunque se pueden obtener rendimientos un poco más elevados si la temperatura se mantiene baja. Las determinaciones de peso molecular indican que el ozono es triatómico. Así la ecuación para la conversión de oxígeno en ozono es:



Químicamente el ozono es inestable; espontáneamente se convierte en oxígeno y dos volúmenes de ozono producen 3 de -



oxígeno. No se puede almacenar por largos periodos, ordinariamente se produce en el lugar de consumo. Se encuentra en mayores concentraciones en los niveles superiores de la estratosfera. A distancias de 30 a 45 Km de la superficie de la Tierra, las moléculas de oxígeno observan radiaciones ultravioleta, procedentes del Sol, y se convierten en moléculas de ozono. Esto evita la llegada a la tierra de la mayor parte de radiaciones ultravioleta. Un acontecimiento subsecuente es la conversión de ozono en oxígeno. Esto libera energía pero no como radiación ultravioleta, sino como energía calorífica. En la región de atmósfera comprendida entre los 45 y 55 Km sobre la superficie terrestre, la temperatura es de 70°C más alta que a los 10-Km.

#### USOS DEL OZONO

A causa de su potente actividad química, el ozono se utiliza como purificador, mata bacterias y otros microorganismos que están en el agua, por reaccionar con sus componentes químicos. En altas concentraciones resulta tóxico para el hombre. Se usa para purificar el aire de las casas, refrigeradores, túneles y zoológicos ya que reacciona con los compuestos malolientes convirtiéndolos en inodoros. Las pequeñas lámparas de radiaciones ultravioleta son desodorantes, convirtiendo en ozono un poco de oxígeno del aire. También se ha empleado para curar maderas y secar barnices y tintas.

#### AZUFRE

Es un elemento del grupo VI de la tabla periódica de los elementos. Entre las propiedades de éstos están un elevado punto de fusión, densidad, etc. Junto con el oxígeno son -

elementos típicamente no metálicos. Se desconoce mucho - - acerca de su química.

#### EL AZUFRE ELEMENTAL

Se encuentra ordinariamente bajo la forma de un sólido amarillento, blando pero quebradizo, con un tenue olor y sin sabor específico. Muy poco soluble en agua, es soluble en tetracloruro de carbono  $\text{CCl}_4$ , y muy soluble en disulfuro de carbono  $\text{CS}_2$ . Es mal conductor del calor. Se funde por calentamiento prolongado, dando un líquido amarillo pálido, poniéndose casi negro a  $235^\circ\text{C}$ , hierve a  $445^\circ\text{C}$ .

#### OXIDOS DEL AZUFRE

Cuando se quema o tuesta el azufre u otro mineral que lo contenga, se forma un gas denso, incoloro, de olor sofocante. Este gas, dióxido de azufre,  $\text{SO}_2$ , es muy soluble en agua. A una atmósfera de presión se disuelven cuarenta volúmenes del gas en un volumen de agua a la temperatura ambiente. La solución resultante es un ácido moderadamente débil.

Aunque la reacción de dicha solución proporciona sulfito de hidrógeno y sales de sulfito, nunca se ha demostrado experimentalmente la existencia.

Las soluciones acuosas del dióxido de azufre son agentes moderadamente reductores. Las soluciones de sulfitos son utilizadas en el blanqueo, por reducción.

El gas  $\text{SO}_2$ , se licua fácilmente y se carga en cilindros metálicos o en carros tanque. Lo consume principalmente la industria del papel.

En condiciones normales el azufre forma un trióxido,  $\text{SO}_3$  -

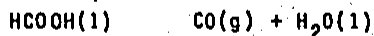
sólo en presencia de un catalizador. Por debajo de esta -- temperatura ambiente, este óxido se presenta como un sólido sublimable en una de tres formas poliméricas. En ausencia de agua, la forma menos completa existe como un trimero. Cada una de las tres formas hierve a 45°C y forma moléculas planares. Reacciona exotérmicamente con el vapor de agua para formar ácido sulfúrico.

#### MONOXIDO DE CARBONO

El carbono pertenece al grupo IV de la tabla periódica. Su comportamiento es progresivamente menos metálico. El carbono no existe en dos formas alotrópicas: el grafito y el diamante. Ambos son cristalinos y los átomos están enlazados con enlaces fuertemente covalentes.

Según la temperatura requerida, se produce: dióxido de carbono, monóxido o carburo.

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Es -- una molécula polar y diamagnética; se obtiene en el laboratorio, por deshidratación del ácido fórmico con  $H_2SO_4$  concentrado:



Es tóxico debido a que se combina con la hemoglobina de la sangre para formar carboxihemoglobina (es más afín que el oxígeno 20 veces), un compuesto más estable que la oxihemoglobina y así interfiere en el mecanismo normal del transporte del oxígeno. El CO es expulsado por los sistemas de escape de los automóviles, lo que constituye un factor serio de contaminación del aire. El CO se usa en la preparación del níquel puro, por el proceso Mond.

## ACCIONES PARA LA REDUCCION DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN EL VALLE DE MEXICO

### BIOXIDO DE AZUFRE

Dentro de las acciones que el Gobierno Federal ha realizado para abatir los niveles de emisión de este contaminante, se destacan la sustitución parcial del combustible tradicional (combustóleo y diesel) por gas natural, diesel mejorado y combustóleo ligero, con contenido de azufre controlado, siendo la meta a corto plazo el utilizar combustibles con porcentajes de azufre menores al 3% para las fuentes industriales, comerciales y de servicios. Para las fuentes móviles se ha reducido el contenido de azufre hasta 0.4% en el diesel mejorado utilizado en el autotransporte público. De igual forma, se han establecido convenios con los sectores industriales identificados con procesos de combustión potencialmente contaminantes, entre los que se puede citar la industria cementera, la de fundición, química, petroquímica, aceitera y grasas comestibles, vidrio, jabones y detergentes, entre otros, con el propósito de reducir las emisiones sin lesionar las fuentes de empleo. En los casos en que se ha determinado la imposibilidad de reducir las emisiones o por el riesgo potencial que representan las instalaciones para su entorno, se ha procedido al cierre y reubicación de las mismas. Como ejemplos están: Cementos Tolteca, S. A. División Mixcoac; Fábrica de Papel Loreto y Peña Pobre, S. A., Laboratorios Buckman; SIMEX, S. A. Trupper, S. A. Con la Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos se han concertado programas a corto y mediano plazo, entre los que destacan la sustitución de gas natural en la Termoeléctrica Valle de México, con el consecuente abatimiento de consumo de com--

bustóleo pesado, acción que por sí sola significó la reducción de 114 toneladas por día de emisiones de bióxido de azufre. PEMEX sustituyó 2,200 barriles de combustóleo por gas natural, en la Refinería 18 de Marzo, dando como resultado una disminución de 13 Ton/día del mismo, también se redujo la quema de 160 barriles/día de combustóleo con la entrada en operación de la planta catalítica.

La reubicación de paraderos del transporte suburbano repercutió en una reducción aproximada de 4 Ton/día.

Estas medidas, han permitido que este contaminante registre en el Valle de México, niveles por debajo de la Norma de Calidad del Aire.

#### OXIDOS DE NITROGENO

En la actualidad se están desarrollando actividades de investigación, con el propósito de identificar los factores que influyen en la formación de óxidos de nitrógeno en los diferentes procesos de combustión, a fin de aplicar las estrategias de control y abatimiento más adecuadas y convenientes. Entre las medidas en proceso destacan el mejoramiento de procesos de combustión a nivel industrial. Esta medida dará lugar a un abatimiento de óxidos de nitrógeno del orden de 20,000 Ton/año, lo cual tendrá un impacto significativo en la formación de ozono, que como ya se mencionó, es uno de sus principales precursores.

Para controlar los óxidos de nitrógeno, provenientes de automóviles, se viene evaluando la factibilidad de incorporar dispositivos de control a los automóviles en circulación y para los nuevos vehículos a partir de 1989. Ya se contempla su introducción en el marco del Convenio SEDUE-SECOFI-AMIA.

## MONOXIDO DE CARBONO

Para su reducción, tanto en la industria como el transporte, han incorporado dispositivos y tecnologías que regulan la relación aire-combustible, optimizando los procesos de combustión. El control de este contaminante depende en -- gran medida, de las condiciones de operación de los vehicu los en circulación. Se estima que con la afinación vehicu lar se podría abatir 400,000 Ton/año de este contaminante, ya que según cálculos se cree que la contaminación produci da por los automóviles en el Valle de México, en promedio, es la que produce un auto americano modelo 1970, manejado a una velocidad de 20 Km/h a una altitud de 2,400 msnm/ -- 21.90 Km/año. Lo anterior, significa que la planta vehicu lar en circulación, se encuentra en condiciones mecánicas y de afinación malas. Se dice que un auto mal afinado pue de contaminar hasta tres veces más que uno en buenas con diciones. Si todos los automóviles funcionaran correctamen te, se calcula que se abatirían las emisiones contaminan tes hasta en un 12.5% (500,000 Ton/año). Es importante re cordar que las emisiones de productos de combustión incom pletos, resultan más tóxicos que los que emiten vehiculos en buenas condiciones.

## HIDROCARBUROS

Se sabe que los taxis y vehículos colectivos, por su prome dio de recorrido diario, representan en su conjunto una -- fuente potencial de emisiones contaminantes muy importante, por lo que un control estricto de sus emisiones reduciría la presencia de hidrocarburos, principales precursores de la formación de ozono. Al respecto, se evalúan alternati vas posibles de solución con enfoque realista y práctico, pudiendo ser esta solución la afinación, la sustitución --

del motor y la aplicación de combustibles alternos entre otros.

Con Petróleos Mexicanos se trabaja en la instalación paulatina de equipo de control de emisiones de hidrocarburos -- evaporativos, con lo cual se reducirá una de las principales fuentes de emisión de los precursores del ozono. Se estima que a fines de 1989 se reduzca la emisión de estos -- elementos a la atmósfera en 20,000 Ton/año. Es importante mencionar que los hidrocarburos clorados que se emiten en grandes cantidades a través de los aerosoles fundamentalmente, hecho que daña directamente las capas de la atmósfera.

#### MATERIAL PARTICULADO

Como ya se mencionó, la generación de este material contaminante está vinculado con los fenómenos naturales, la actividad industrial así como las costumbres socioculturales. Para minimizar este problema, se están llevando a cabo actividades de reforestación, creación de áreas verdes en tiraderos de basura a cielo abierto y campañas de concientización a la comunidad para evitar hechos como quema de llantas y otros materiales en la vía pública. Para el caso de la industria, se han incrementado los programas de prevención y control a través del cumplimiento de la legislación ambiental en vigor.

#### PLOMO

Su emisión al ambiente proviene principalmente de los vehículos automotores, como subproducto de la combustión de gasolina con tetraetilo de plomo, compuesto que es agregado como antidetonante y lubricante de los asientos de las válv

vulas del motor.

Petróleos Mexicanos inició su programa de reducción paulatina del tetraetilo de plomo de 2.3. ml. por galón de gasolina que contenía en 1982 hasta alcanzar en la nueva gasolina "NOVA PLUS" un contenido promedio de 0.64 ml por galón. Representando esta medida un abatimiento en la emisión de plomo a la atmósfera de 2,190 Ton/año.



## RESULTADOS, CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La contaminación atmosférica, no es un problema privativo de los países en desarrollo como México. Por diversas causas, los países industrializados también sufren, a pesar de contar con recursos para incorporar la mejor tecnología posible para controlar y reducir las emisiones de contaminantes. En nuestro país se han dictado 100 medidas necesarias según SEDUE para esto, dentro de las que destacan, el mejoramiento de las gasolinas y disminuir las partículas de plomo, que según los especialistas, ya se han encontrado niveles sanguíneos considerables en recién nacidos, lo que es causa entre otras cosas de daño renal y cerebral. Otra buena medida es el cierre y reubicación de industrias.

Por otra parte, el Valle de México cuenta con una población de 18 millones de habitantes, más de 35 mil establecimientos industriales, comerciales y de servicios, así como con un parque vehicular superior a los 2 millones de unidades, lo que determina el mayor porcentaje de contaminación.

El proceso de control y abatimiento de la contaminación, requiere acciones sostenidas y permanentes, la asignación de montos importantes de recursos financieros y del respaldo eficaz de todos los sectores de la población. Todas las medidas que se han tomado para enfrentar la contaminación tienen un doble carácter: son medidas preventivas, en el sentido de evitar fenómenos críticos; pero también actúan sobre los fenómenos que tienen carácter crónico y que sólo recientemente se ha cobrado conciencia de la seriedad que revisten. Por tal motivo, se llevó a cabo del 23 al 25 de marzo de 1987 la primera Conferencia Interparlamentaria sobre el Medio Ambiente en América Latina y el Caribe, en la cual participó México. Asimismo, en nuestro país se ha crea

do la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE)- y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente.

Con base en la importancia que está tomando día a día la contaminación ambiental, es que hemos realizado este estudio en donde se observó que efectivamente, en poco tiempo (12-meses), se produjeron en animales de laboratorio lesiones en el sistema cardiopulmonar. Según este estudio encontramos, en orden de frecuencia las siguientes lesiones: (ver-cuadros).

1. Congestión y Edema
2. Hiperplasia del epitelio bronquial
3. Neumonitis crónica
4. Antracosis
5. Metaplasia escamosa y aplanamiento del epitelio de re-vestimiento.

En menor grado encontramos:

6. Infartos hemorrágicos multifocales y metaplasia condroi-  
de.

Es importante mencionar la desaparición en algunos casos del sistema de cilios ya que recordando la Anatomía y Fisiología sabemos cuan importante es su presencia y la dirección que toman en circunstancias normales y anormales (a la inversa). También como se puede ver, antes de desarrollar lesiones irreversibles, se desarrollan cambios que confieren protección (ejemplo: metaplasia escamosa del epitelio traqueobronquial en el fumador).

Cabe mencionar una lesión que apareció sólo en algunos casos, en forma incipiente, la fibrosis, logró hacerse más aparente con distinciones especiales de retículo, ya que como se mencionó, con el proceso rutinario de Hematoxilina/-

Eosina apenas perceptible. Creemos que si el tiempo de exposición hubiera sido mayor, esta lesión hubiera sido más marcada. Si bien es cierto que las enfermedades ambientales, en conjunto constituyen un pequeño porcentaje de la Patología general, también es cierto que cada vez cobran más importancia porque afectan a toda la población en forma integral. Recientemente se han reportado y en nuestro hospital ya existen varios casos, de enfermedades cardio-respiratorias en pacientes que habitan cerca de la Refinería; y según cálculos recientes, se cree que este invierno curse con inversiones térmicas tan severas que ya se esperan algunas defunciones en la Ciudad de México.

**NOTA ACLARATORIA:**

En el presente estudio se enfatizan resultados sobre el grupo problema y se obvian los hallazgos del grupo testigo, en virtud de la negatividad tanto macro como microscópicas de los mismos.

HALLAZGOS HISTOPATOLÓGICOS

	1	2	3	4	5
CONGESTION	+++	++	+++	++++	+++
CONGESTION/EDEMA	+++	+++	++++	++++	+++
SIG. HIST. BRONCOASP.	++	++	++	++	++
NEUMONITIS-CR.	++++	++	++	++++	+++
ARTERIOESCLEROSIS Y A. CORONARIA	+++	++	+++	+++	++
ANTRACOSIS	++	+	++	+	++
INFARTOS HEMORRAGICOS MULTIFOCALES	+++	+++	+++	+++	+++
APLANAMIENTO DEL EPITE LIO DE REVESTIMIENTO	+	++	+++	++	+++
METAPLASIA ESCAMOSA	++	+	++	++	+
HIPERPLASIA DEL EPITELIO BRONQUIAL	++++	+++	+++	+++	++++

Los números representan el número de la Unidad Experimental. El grado de la lesión se evaluó de + a ++++ (leve, moderada, importante, severa).

LESION	6	7	8	9	10
CONGESTION	+++	++	+++	++++	+++
CONGESTION/EDEMA	+++	+++	++++	++++	+++
SIG. HIST. BRONCOASP	++	++	++	++	++
NEUMONITIS CR.	++++	++	++	++++	+++
ARETIOSCLEROSIS Y A. CORONARIA	++	++	+++	+++	++
ANTRACOSIS	++	+	++	+	++
INFARTOS HEMORRAGICOS MULTIFOCALES	+++	+++	+++	+++	+++
APLANAMIENTO DEL EPITE LIO DE REVESTIMIENTO	+	++	+++	++	+++
METAPLASIA ESCAMOSA	++	+	++	++	+
HIPERPLASIA DEL EPITELIO BRONQUIAL	+++	+++	+++	+++	+++

LESION	11	12	13	14	15
CONGESTION	++	+++	+++	+++	++++
CONGESTION/EDEMA	+	++	++	+++	++++
SIG. HIST. BROCOASP.	+	+	+	++	+++
NEUMONITIS CR.	+++	+++	+++	+++	+++
ARTERIOESCLEROSIS Y A. CORONARIA	+++	+++	+++	+++	+++
ANTRACOSIS	+	+	++	+	++
INFARTOS HEMORRAGICOS MULTIFOCALES	+++	++++	+++	+++	+++
APLANAMIENTO DEL EPITE LIO DE REVESTIMIENTO	+	+	+	+	+
METAPLASIA ESCAMOSA	++	+	+	++	++
HIPERPLASIA DEL EPITELIO BRONQUIAL	++++	++++	++++	++++	++++

LESION	16	17	18	19	20
CONGESTION	++	++	+++	+++	+++
CONGESTION/EDEMA	+++	+++	+++	+++	+++
SIG.HIST.BRONCOASP.		++	++	++	++
NEUMONITIS CR.	++	+++	+++	++	+++
ARTERIOESCLEROSIS Y A. CORONARIA	+++	+++	++++	++++	++++
ANTRACOSIS	++	+	++	+	+
INFARTOS HEMORRAGICOS MULTIFOCAL	+++	+++	+++	+++	++++
APLANAMIENTO DEL EPITE LIO DE REVESTIMIENTO	++	++	+++	++++	+++
METAPLASIA ESCAMOSA	+	+	+	+	+
HIPERPLASIA DEL EPITELIO BRONQUIAL	++++	++++	+++	+++	++++

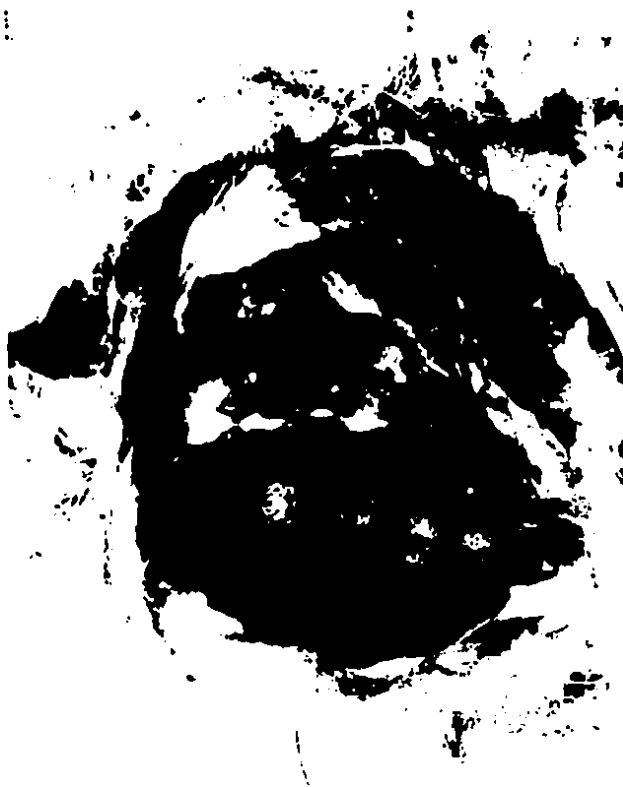


Fotografía No.1



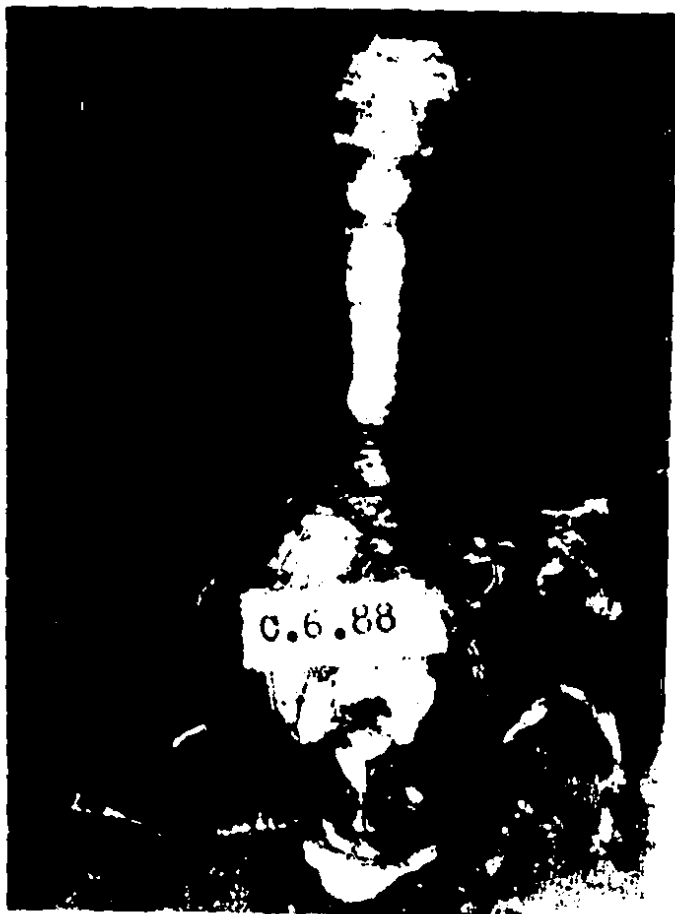
La fotografía muestra la disección de la cavidad torácica de la unidad experimental No. 6.

Fotografía No.2



Acercamiento de la anterior, para apreciar con detalle la estructura-torácica

Fotografía No.3



Paquete cardiopulmonar al exterior. Se aprecia congestivo.

Fotografia No.4



Paquete cardiopulmonar, al corte.

Fotografía No.5



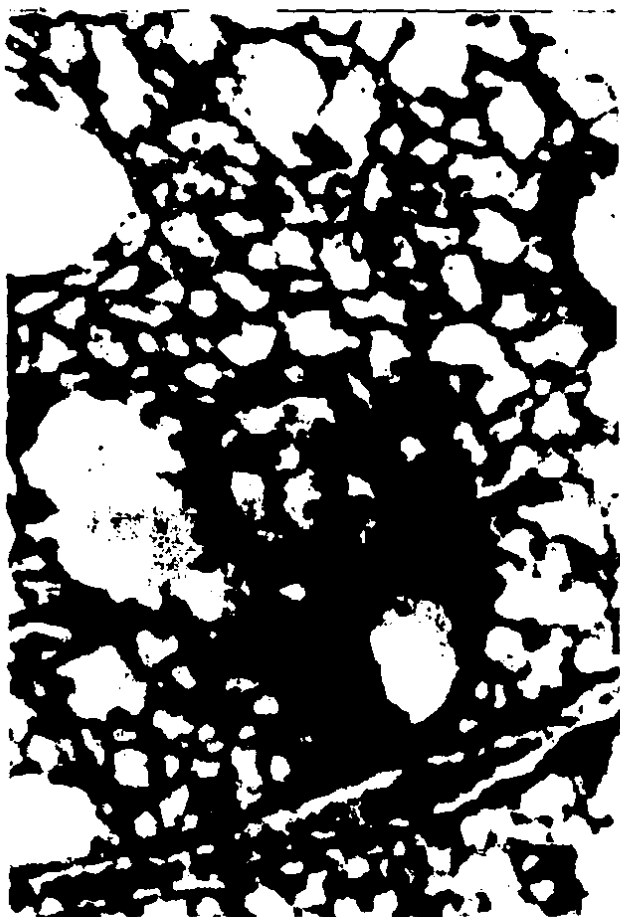
Fotomicrografía que muestra congestión y edema

Fotografía No.6



Neumonitis intersticial, áreas de enfisema y microabsceso

Fotografia No.7



Hiperplasia del epitelio bronquial

Fotografía No.8



Arterioesclerosis y enfisema

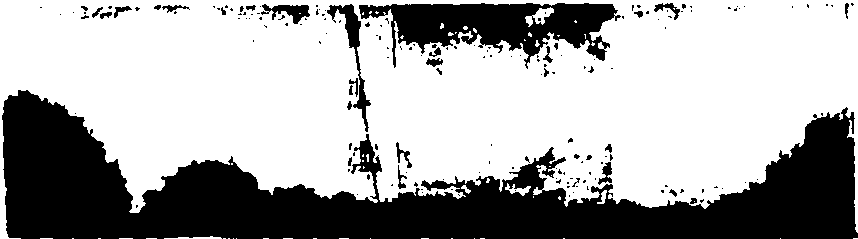


ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Fotografía No. 9



Fibrosis

**Fotografía No.10**

**Vista panorámica desde el Ajusco, donde se aprecia la capa de gases que envuelve a la Ciudad de México.**

## BIBLIOGRAFIA

1. Alberto Lilia, A. Toxicología ambiental. México. LIMUSA. 1988. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. - Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud.
2. Barry A. Shapiro. Ronald A. Harrison. Aplicación clínica de la Terapéutica respiratoria. México. Prensa Médica Mexicana. 1987. p.p.3-26.
3. Brown R.F. Clifford W.E. Morris T.C. Cox R.A. The Histopathologic of rat lungs following short term exposures - tumised oxides of nitrogen (NOX). British Journal Exp. Pathol. 1983. dec.64 (6); 579-93.
4. Cecil J.B. Wiyngearde. Tratado de Medicina Interna. México. Interamericana. 1986. Tomo I pp.418-427.
5. Conejos. Manuales para educación agropecuaria. SP. México. Trillas. 1982.
6. Choppin. Gregory R. Jaffe Bernard. Sumerlin. Lee. Jackson Lynn. Química México. PCSA. 1975. pp.18, 106-107, 115, 464-467, 493.
7. Churchill H.C. Davison Anestesiología. Barcelona. Salvat. 1983. p.p. 3-31.
8. Ecología. 100 acciones necesarias. Comisión Nacional de Ecología. SEDUE. Asociación Mexicana de Publicidad, S.A. 1987.
9. Ecología Concentración de Voluntades. México. 1987. Talleres Gráficos de la Nación. SEDUE.
10. Effects of inhaled acid aerosols on lungs mechanics on - analysis of human exposures studies otell m. s. - - - - environmental improspect. 1985. Nov. 63. p.p. 39-44.

11. First Interparliamentary Conference on the Environment in Latin America and the Caribbean. México, City. March - 23-15, 1987. Senado de la Republica.
12. Fraser R.G. Pare J.A. Diagnóstico de las Enfermedades del Tórax. Barcelona. Salvart. 1980. p.p.2-33
13. Guyton Arthur C. Tratado de Fisiología Médica. México.- Interamericana. 6a. Edición. 1984.
14. Ham A.W. Tratado de Histología. México. Interamericana. 1980. 9a. Edición p.p.127-142
15. Hamilton Lockarth H. Anatomía Humana. Barcelona. Salvart 1976. p.p. 736-760.
16. Harrison Peters Dorf. Addams Branwald. Principios de -- Medicina Interna. U.S.A. Mc graw-Hill. 10a. Edición. To mo II 1983. Cap. 275 p.p.2123-135
17. Heivorich O. While H. Towaka S. Trust H. Furst R. Chronic effects on the respiratory tract of hamsters and rats - after long term inhalation of high concentration of - - filtered and unfiltered diesel. Engine Emissions. 6 vol. 6 383-95.
18. Koseis H.R. Core I.B. Domestic air pollution and respira tory function in a group of housewives. Can. J. Public- Health 1986. January-Feb 77 (1); p.p. 44-50.
19. Hyde D.M. Plapper C.G. Weir A.J. Marnane R.D. Warren D. N. Peribronchiolar fibrosis in lungs of cats chronically exposed to desert exhaust. Lab. Invest. 1985. Feb 52 -- (2); 195-206.
20. Instalación del Subcomité de Desarrollo Urbano y Ecolg- gfa, del COPLADE, QRO. México, Querétaro, Qro. Dic.11 -- 1986. SEDUE.
21. Junquera L.C. Histología básica. Barcelona. Salvart. 2a. Edición. 1982. p.p. 339-352.

22. Keenan C.W. Wood J.H. Química General Universitaria. - México. Compañía Editorial Continental. 1981. p.p.180 - 184, 637-638, 679-680.
23. La Contaminación Atmosférica en el Valle de México. - - SEDUE. México. Dic-1987-88.
24. Larousse Gran Enciclopedia. Tomo 2 Barcelona. 1983. p.p. 806-808.
25. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. SEDUE. Diario Oficial. Talleres Gráficos de la Nación. México 1988.
26. Nishan G. Fisiología para anestesiólogos. México. LIHUSA. 1983. p.p.135-256.
27. Opident Gas injury to the lung a discusion on the - - - functional complication. J.A.P.P.L. Toxicol 1985. Oct. 5 (5) ; 320-6.
28. Plapper C.G. Hyde D.M. Weir A.J. Centracinar alterations in lungs of cats. Chronically exposed to desert exhaust. Lab. invest. 1983. Oct. 49 (4); 391-9.
29. Robbins Stanley L. Patología Estructural y Funcional. - México. Interamericana. 1980. p.p. 494-517.
30. Sherider J.B. Cutberson M.R. Rache O.G. Comparative - - - pulomary fibrogenic potential of selected particles. -- Environ. RES. 1985. Dec. 38 (2); 256-74.
31. Testut L. Tratado de Anatomía. México. Salvat. 1978. - Tomo 3. p.p. 98-111.
32. Wong D. Mitchell C.E. Wolff R.K. Identification of DNA-damage result of exposure of rats to diesel engine - - - exhaust. Carcinogénesis 1986. Sep.

33. Cavazos Gómez Jesús, Islas Juárez J. Lesiones pulmonares producidas por la inhalación crónica del tabaco. - (Trabajo Experimental en animales de laboratorio). Servicio de Patología del Hospital General y de Urgencias Médico-Quirúrgicas Balbuena, Sector Salud, Unidad de Morfología y Función de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala-UNAM.