

18
2 eje



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



U. N. A. M.

ESTUDIO BIBLIOGRAFICO DE LA IMPORTANCIA QUE TIENE
EL OZONO COMO CONTAMINANTE AMBIENTAL, SUS
CAUSAS, EFECTOS Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS
ALVEOLOS PULMONARES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A N :
GARCIA MONROY OLIVIA
MORAN REYES PORFIRIO

ASESOR:

M. EN C. BERTHA RODRIGUEZ SAMANO

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADÉMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 23 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Estudio bibliográfico de la importancia que tiene el ozono
como contaminante ambiental, sus causas, efectos y su
influencia sobre los alveolos pulmonares.

que presenta la pasante: Olivia García Monroy
con número de cuenta: 8560483-6 para obtener el TITULO de:
Química Farmacéutica Bióloga ; en colaboración con :
Porfirio Morán Reyes

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a II de Abril de 1994

PRESIDENTE	M. en C. <u>Bertha Rodríguez Sámano</u>	<i>Bertha Rodríguez Sámano</i>
VOCAL	<u>Q.F.I. Leticia Zúñiga Ramírez</u>	<i>Leticia Zúñiga Ramírez</i>
SECRETARIO	M. en C. <u>Francisco López Mejía</u>	<i>Francisco López Mejía</i>
PRIMER SUPLENTE	<u>Q.F.B. Virginia Oliva Arellano</u>	<i>Virginia Oliva Arellano</i>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Q.F.B. Lidia Rangel Trujano</u>	<i>Lidia Rangel Trujano</i>



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADEMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TOPRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 29 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Estudio bibliográfico de la importancia que tiene el ozono
como contaminante ambiental, sus causas, efectos y su
influencia sobre los alveolos pulmonares.

que presenta el pasante: Porfirio Morán Reyes
con número de cuenta: 7525850-4 para obtener el TITULO de:
Químico Farmacéutico Biólogo ; en colaboración con :
Olivia García Monroy

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLA EL ESPANOL"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a II de Abril de 1994

PRESIDENTE	M. en C. Bertha Rodríguez Sámano	<i>Bertha Rodríguez Sámano</i>
VOCAL	Q.F.I. Leticia Zúñiga Ramírez	<i>Leticia Zúñiga Ramírez</i>
SECRETARIO	M. en C. Francisco López Mejía	<i>Francisco López Mejía</i>
PRIMER SUPLENTE	Q.F.B. Virginia Oliva Arellano	<i>Virginia Oliva Arellano</i>
SEGUNDO SUPLENTE	Q.F.B. Lidia Rangel Trujano	<i>Lidia Rangel Trujano</i>

Hay muchas maravillas, pero ninguna
tan maravillosa como el hombre

SOFOCLES.

DEDICATORIAS
A NUESTROS PADRES

MAGDALENA Y MARCO ANTONIO :

POR TODA SU COMPRESION, TIEMPO Y
DEDICACION QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO,
POR SU GRAN AMOR QUE ES MI MOTIVACION,
PERO PRINCIPALMENTE POR TENER FE EN MI.

GRACIAS.

MERCEDES Y LAZARO :

SI HAY ALGUIEN A QUIEN DEBO AGRADECER
ES A USTEDES POR TENERME PACIENCIA Y
SOBRE TODO POR HABERME CREADO.

GRACIAS.

A NUESTROS HERMANOS

JORGE, JUAN, ESPECIALMENTE A TI MARICELA
POR TUS CONSEJOS QUE SIEMPRE ME HAS
BRINDADO, POR TODO EL TIEMPO QUE HEMOS
PERMANECIDO JUNTAS, PERO SOBRE TODO POR TODAS
TUS ATENCIONES.

GRACIAS.

DOLORES, TERESA, ESPECIALMENTE A ALEJANDRA Y
ROBERTO POR SU MOTIVACION, POR HABER
COMPARTIDO CONMIGO ESOS MOMENTOS Y
SOBRE TODO POR CREER EN MI.

GRACIAS.

A MIS SOBRINOS SERGIO ENRIQUE,
ESPECIALMENTE A TI MARCOS ROBERTO POR
SER LA ALEGRIA QUE SIEMPRE HA
RECONFORTADO MI SER.

GRACIAS.

A MI ABUELITA PAMPA POR TODA SU
TENDURA QUE SIEMPRE ME BRINDO.

GRACIAS.

A MI CUÑADO RAFAEL POR SU GRAN
AMISTAD.

GRACIAS.

GRACIAS A DIOS.

A NUESTROS AMIGOS

ARNULFO, LUIS E., HERMENEGILDO, FELIPE, RICARDO
ONECINO, JUAN MANUEL, VICTOR M., MARCOS
BERNARDINO, MARTIN M., ANDRES ROMERO, CHARLIE
Ma. ESTER R. ENRIQUE, VICTOR TENORIO
GERARDO CRUZ, LUE, LINDA.

POR SU GRAN AMISTAD Y POR TODOS LOS MOMENTOS COMPARTIDOS.

GRACIAS.

**CIUDAD UNIVERSITARIA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
LABORATORIO DE MATERIALES DENTALES**

A ti porfirio porque los buenos
y sinceros sentimientos no se dicen,
se le demuestran a la persona
que uno quiere.

La amistad incondicional que
me brindaste quiero conservarla,
muchas gracias Olivia

AGRADECIMIENTOS
AL JURADO

PRESIDENTE : M. en C. BERTHA RODRIGUEZ SAMANO.

VOCAL : Q. F. I. LETICIA HUNIGA RAMIREZ.

SECRETARIO : M. en C. FRANCISCO LOPEZ MEJIA.

PRIMER SUPLENTE : Q. F. B. VIRGINIA OLIVA ARELLANO.

SEGUNDO SUPLENTE : Q. F. B. LIDIA RANGEL TRUJANO.

**POR EL TIEMPO DEDICADO PARA LLEVAR A CABO LA ELABORACION
DE ESTE TRABAJO.**

M. en C. BERTHA RODRIGUEZ SAMANO.

POR SU MOTIVACION Y AMISTAD, PERO SOBRE TODO POR
HABER CONFIADO EN NOSOTROS.

GRACIAS.

Q. F. B. SUSANA PATRICIA MIRANDA CASTRO.

POR TUS CONSEJOS, TU APOYO, PERO SOBRE TODO POR
ESA AMISTAD ESPERAMOS NUNCA SE ACABE.

GRACIAS.

Q. F. I. CRISTINA REYES GONZALEZ.

POR LA CONFIANZA DEPOSITADA, Y POR SER UN MOTIVO
DE SUPERACION, DEL CUAL NUNCA NOS OLVIDAREMOS.

GRACIAS.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO POR
BRINDARNOS LA OPORTUNIDAD
DE PODER LOGRAR UNA META QUE
SOLO ES EL COMIENZO DE UN
GRAN CAMINO POR RECORRER.

**ESTUDIO BIBLIOGRAFICO DE LA IMPORTANCIA
QUE TIENE EL OZONO COMO CONTAMINANTE
AMBIENTAL, SUS CAUSAS, EFECTOS Y
SU INFLUENCIA SOBRE LOS
ALVEOLOS PULMONARES**

INDICE

LISTA DE CUADROS	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE GRAFICAS	3
I.-GENERALIDADES	
1.1. INTRODUCCION.	5
1.2. FORMACION DE OZONO.	10
1.3. PROPIEDADES.	12
1.4. USOS.	12
2.-OBJETIVOS	13
3.-FISIOLOGIA E HISTOLOGIA DEL PULMON	
3.1. ORGANOS QUE CONFORMAN A LOS PULMONES.	14
3.2. ADSORCION Y DEPOSITO DE TOXICOS EN LOS PULMONES.	19
3.3. TOXICOLOGIA DEL OZONO COMO CONTAMINANTE.	21
4.-LOS GASES TOXICOS DETERMINADOS POR EL IMECA COMO MEDIDA DE PREVENCIÓN SOBRE LA SALUD	
4.1. RESEÑA HISTORICA.	22
4.2. EQUIPO PARA DETERMINAR GASES ATMOSFERICOS.	32
4.3. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE.	36

4.4. LA IMPORTANCIA DE LAS GASOLINAS CONFORME AL PROGRAMA DE CONTAMINACION ATMOSFERICA.	38
5.-RELACION DE EXPOSICION - EFECTO, EN LAS MEDIDAS SELECCIONADAS DE LA FUNCION PULMONAR EN SUJETOS EXPUESTOS A OZONO	
5.1. LA FUERZA DEL OZONO COMO INICIADOR DE PERTURBACIONES AGUDAS SOBRE LAS MEMBRANAS SECRETORAS DE SURFACTANTE EN LOS ALVEOLOS PULMONARES.	48
5.2. LA MEDIDA ESPIROMETRICA COMO PATRON DE CAMBIOS EN LA FUNCION PULMONAR INDUCIDO POR OZONO.	45
6.-RELACIONES DE LA CONCENTRACION - RESPUESTA DEL PULMON DE RATAS A LA EXPOSICION DE CONTAMINANTES SOLOS Y EN COMBINACION	
6.1. UN EXAMEN REALIZADO POR HABER'S PARA EL OZONO Y DIOXIDO DE NITROGENO.	49
7.-DISCUSION	52
8.-CONCLUSIONES	54
9.-BIBLIOGRAFIA	55

LISTA DE CUADROS

CUADRO No. 1

PROMEDIOS DEL INDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE PRESENTADOS EN LAS DIFERENTES ZONAS DURANTE LOS MESES CRITICOS DE 1992.

CUADRO No. 2

CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA ASEGURAR LA PROTECCION DE LA SALUD Y EL BIENESTAR DE LA POBLACION.

CUADRO No. 3

EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES QUE CUENTAN CON NORMA DE CALIDAD EN NUESTRO PAIS.

CUADRO No. 4

ANALIZADOR DE OXIDOS.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA No. 1

ESTRUCTURA DEL EPITELIO ALVEOLAR.

FIGURA No. 2

LOCALIZACION DEL SURFACTANTE PULMONAR.

FIGURA No. 3

CELULA EPITELIAL DE TIPO II.

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA No. 1

COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LAS
DIFERENTES ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO
DURANTE LOS MESES CRITICOS DE 1992.

GRAFICA No. 2

COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS
TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA
MOROESTE.

GRAFICA No. 3

COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS
TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA
MORESTE.

GRAFICA No. 4

COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS
TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA
CENTRO.

GRAFICA No. 5

COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS
TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA
SUROESTE.

GRAFICA No.6

COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OCEANO EN LOS
TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA
SURESTE.

GRAFICA No.7

GRAFICA ESPIROMETRICA QUE REPRESENTA LAS
CAPACIDADES Y VOLUMENES RESPIRATORIOS.

1.- GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

EL AIRE PURO ES UNA MEZCLA COMPUESTA POR 78% DE NITROGENO, 21% DE OXIGENO Y 1% DE NUMEROSOS COMPUESTOS, TALES COMO OZONO, DIOXIDO DE CARBONO Y ARGON. LA CONTAMINACION DEL AIRE ES LA ADICION DE CUALQUIER SUSTANCIA QUE ALTERE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL MISMO. DICHO DE OTRA MANERA LA CONTAMINACION ES EL CONJUNTO DE EFECTOS NOCIVOS QUE REPERCUTEN SOBRE LA BIOSFERA Y, POR LO TANTO, SOBRE EL HOMBRE, DEPENDIENTES DE LA ACCION DE CIERTOS FACTORES CONTAMINANTES QUE ALTERAN EL EQUILIBRIO EXISTENTE Y QUE SON LOS PRODUCTOS LIBERADOS POR LA ACTIVIDAD HUMANA EN EL AIRE, EN EL AGUA Y EN EL SUELO. (20) (34)

EL CONOCIDO SMOG HA LLEGADO A CONVERTIRSE EN UN SINDROME CARACTERISTICO DE UNA CIUDAD ENFERMA EN SU ATMOSFERA, POR EL NUMERO DE CONTAMINANTES QUE SE ENCUENTRAN PRESENTES, Y QUE SON RESPONSABLES DE DAÑOS Y MALESTAR A LA POBLACION QUE SE VE EN LA NECESIDAD DE VIVIR EN UNA ATMOSFERA CONTAMINADA, COMO ES PERFECTAMENTE SABIDO ESTAS CONDICIONES SE AGRAVAN DRAMATICAMENTE EN LOS MESES DE INVIERNO.

EL TERMINO SMOG HA LLEGADO A FORMAR PARTE DEL VOCABULARIO DE LOS HABITANTES DE LAS GRANDES CIUDADES, SIN IMPORTAR SU NIVEL CULTURAL. UN ENORME PORCENTAJE DE PUBLICO DESCONOCE SU VERDADERO SIGNIFICADO Y LO TOMAN COMO UN SINONIMO DE CONTAMINACION DEL AIRE, Y A PESAR DE QUE EL SMOG, SI FORMA PARTE DE LA CONTAMINACION DEL AIRE, SU SENTIDO ES TOTALMENTE DIFERENTE, LA PALABRA SMOG SE ORIGINO DE DOS VOCABLOS DEL INGLES: SMOKE QUE SIGNIFICA HUMO Y FOG NIEBLA, UNA TRADUCCION LITERARIA SERIA HUMO-NIEBLA, PERO YA ACTUALMENTE SE HA ACEPTADO TAL CUAL ES, POR EL USO COMUN DE ESTA PALABRA.

LOS PRIMEROS USOS A GRAN ESCALA DE ESTE TERMINO SE APLICARON EN LONDRES EN LA DECADA DE LOS 50'S PARA CARACTERIZAR CIERTO TIPO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA, QUE BAJO DETERMINADAS CONDICIONES CLIMATICAS Y METEOROLOGICAS EN LA CIUDAD DE LONDRES, INGLATERRA, QUEDO ASOCIADO A CONCENTRACIONES ALTAS EN EL AIRE DE DOS CONTAMINANTES: EL BIXIDO DE AZUFRE, PRODUCTO DE LA COMBUSTION DE ENORMES CANTIDADES DE CARBON MINERAL PRINCIPALMENTE Y PETROLEO PESADO QUE CONTENIAN GRANDES CANTIDADES DE AZUFRE EN SU COMPOSICION Y DE PARTICULAS SUSPENDIDAS EN EL AIRE, PROVENIENTES TAMBIEN DE LA COMBUSTION FORMADA POR CENIZAS INORGANICAS Y PARTICULAS DE CARBON. LA UNION DE ESTOS DOS CONTAMINANTES PRODUJO LO QUE SE CONOCIO COMO EL **SMOG ASESINO**, QUE EN DICIEMBRE DE 1952 EN LA CIUDAD DE LONDRES CAUSO UN EXCESO DE 4 MIL MUERTOS DURANTE 7 DIAS QUE ENPEZO A FORMARSE ESTE SMOG, DEBIDO A QUE FUE FAVORECIDO POR LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA Y FUERTE INVERSION DE TEMPERATURA. ESTE EPISODIO ORIGINO QUE LAS AUTORIDADES INGLESAS EMPEZARAN A TOMAR MUY EN SERIO LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACION DEL AIRE, Y SE PROMULGO UN DOCUMENTO QUE FUE DENOMINADO EN ESPAÑOL **-ACTA DEL AIRE LIMPIO-**.

SIMILARES CONDICIONES SE PRESENTARON OTRA VEZ EN LONDRES EN 1962, A PESAR DE LOS ESFUERZOS QUE SE HABIAN HECHO. POR FORTUNA, EN ESTA ULTIMA OCASION EL EXCESO DE MUERTOS FUE MEJOR. ESTA SITUACION NO FUE PRIVATIVA DE LA CIUDAD DE LONDRES, LA CIUDAD DE NEW YORK EN LOS AÑOS 1953 Y 1962 PASO POR LAS MISMAS CONDICIONES ADVERSAS CON SU RESPECTIVA CUOTA DE PERSONAS MUERTAS. DEBIDO A ESTE TIPO PARTICULAR DE CONTAMINACION PRODUCIDA POR LAS PARTICULAS Y EL DIOXIDO DE AZUFRE, A ESTE TIPO DE SMOG SE LE LLAMO **SMOG SULFURADO**, QUE POSTERIORMENTE SIRUIO PARA DIFERENCIARLO DE OTRO TIPO DE CONTAMINACION QUE SE IDENTIFICO POR PRIMERA VEZ EN 1950.

CON EL TRABAJO REALIZADO POR INVESTIGADORES DE LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, EN LA CIUDAD DE LOS ANGELES, CALIFORNIA, LOS DOCTORES MIDDLETON, KNDRICK Y SCHWALM Y POSTERIORMENTE HAAGE SHIT, DARLEY Y COLABORADORES SE DIERON A LA TAREA DE MEDIR E IDENTIFICAR LOS COMPUESTOS PRESENTES EN LA ATMOSFERA, Y SE ENCONTRARON QUE UNA ENORME CANTIDAD DE COMPUESTOS NO ERAN EMITIDOS DIRECTAMENTE A LA ATMOSFERA, POR FUENTES ANTROPOGENICAS NI

BIOGENICAS, SINO QUE ERAN PRODUCTO DE FORMACION SECUNDARIA RESULTANDO DE EMISIONES PRIMARIAS DIRECTAS COMO SON LOS OXIDOS DE AZUFRE, Y QUE ESTAS REACCIONES ERAN FUERTEMENTE FAVORECIDAS POR LA RADIACION SOLAR, POR LO QUE A ESTE TIPO DE SMOG PARA DIFERENCIARLO DEL DE LONDRES, SE LE LLAMO SMOG FOTOQUIMICO.

DESASFORTUNADAMENTE ESTAS CONDICIONES DE SMOG FOTOQUIMICO NO SON PRIVATIVAS DE LA CIUDAD DE LOS ANGELES, CALIFORNIA, SINO QUE HAN IDO APARECIENDO EN OTRAS CIUDADES DEL MUNDO, ENTRE ELLAS LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, QUE EN LA ACTUALIDAD, ESTA CONSIDERADA COMO LA MAS CONTAMINADA DEL MUNDO Y CUYAS CONDICIONES DE SMOG FOTOQUIMICO, EN LA ACTUALIDAD, SUPERAN EN INTESIDAD Y GRAVEDAD LA ATMOSFERA DE LOS AÑOS 60'S DE LOS ANGELES, CALIFORNIA, COMO COMPROBACION DE LO ANTERIOR, TENEMOS LOS REPORTE DE LA RED METROPOLITANA QUE SEÑALAN QUE MAS DE UN 80% DE LOS DIAS DEL AÑO, EL OZONO ESTA POR ENCIMA DE LOS INDICES DE CALIDAD DEL AIRE, O SEA MAYOR A 0.12 PPM DE OZONO, QUE ES LA NORMA MEXICANA. COMO SE CONOCE EL OZONO NO ES EMITIDO POR NINGUNA FUENTE DE CONTAMINACION, SINO QUE SE FORMA EN EL AIRE, PRINCIPALMENTE A PARTIR DEL BIOXIDO DE NITROGENO Y CUYA DESCOMPOSICION DE ESTA MOLECULA PARA LIBERAR UN ATOMO DE OXIGENO QUE SE VA A COMBINAR CON UNA MOLECULA DE OXIGENO PARA QUE NOS DE EL OZONO, REQUIERE DE LA ENERGIA DEL SOL.

PERO NO SOLAMENTE ESTE COMPUESTO ES EL UNICO QUE ESTA PRESENTE, ESTUDIOS REALIZADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA ATMOSFERICA DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA DE LA UNAM, HAN DEMOSTRADO LA PRESENCIA EN LA ATMOSFERA DE COMPUESTOS CONOCIDOS COMO ALDEHIDOS, Y CUYA CONCENTRACION ACTUAL ES LA MAYOR REGISTRADA HASTA LA FECHA, EN COMPARACION CON OTRAS CIUDADES DEL MUNDO, INCLUYENDO LOS ANGELES, CALIFORNIA. ASI COMO SE HAN MENCIONADO, ESTOS COMPUESTOS EXISTEN EN LA ATMOSFERA DEL VALLE DE MEXICO Y DE OTRAS CIUDADES DEL PAIS, QUE EMPIEZAN A SUFRIR LAS CONSECUENCIAS DE UNA CONTAMINACION FOTOQUIMICA, GRAN NUMERO DE SUSTANCIAS QUE HAN SIDO IDENTIFICADAS, COMO RADICALES ORGANICOS, PEROXIACILOS DE NITROGENO, ETC.

AFORTUNADAMENTE EN LA REPUBLICA MEXICANA NO SE HAN PRESENTADO

EPISODIOS TAN SEVEROS COMO LOS DE LONDRES Y NEW YORK, LA POBLACION ESTA EXPUESTA A UNA SERIE DE DAÑOS Y MOLESTIAS QUE CAUSAN ESTOS CONTAMINANTES, MALESTARES QUE SE IDENTIFICAN EN LOS MESES INVERNALES EN LOS QUE FRECUENTEMENTE SE PRESENTAN CONDICIONES SEVERAS DE CONTAMINACION, FAVORECIDAS POR LAS INVERSIONES TERMICAS Y ESTABILIDAD ATMOSFERICA, CARACTERISTICAS DE ESTOS MESES FRIOS (CUADRO No. 1), 1921

CUADRO No. 1. PROMEDIOS DEL INDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE PRESENTADOS EN LAS DIFERENTES ZONAS DURANTE LOS MESES CRITICOS DE 1992. (1)

I M E C A					
M E S ↓ → ZONA	NO	NE	CE	SO	SE
SEPTIEMBRE	181	133	193	192	179
OCTUBRE	231	163	234	200	211
NOVIEMBRE	232	189	231	222	202
DICIEMBRE	200	225	331	338	239

NOTA: NO = NOROESTE
 NE = NORESTE
 CE = CENTRO
 SO = SUROESTE
 SE = SURESTE

1.2. FORMACION DE OZONO

EN LA ATMOSFERA EXISTEN MUCHAS REACCIONES DE RADICALES LIBRES QUE SON INICIADAS POR LA LUZ DEL SOL. UNO DE LOS MAS IMPORTANTES Y CONTROVERTIDOS CONJUNTOS DE REACCIONES QUE SE LLEVAN A CABO EN LA ATMOSFERA ACTUALMENTE SON LAS REACCIONES QUE GIRAN ALREDEDOR DEL OZONO DE LA ESTRATOSFERA. SE HACE NOTAR BREVEMENTE QUE SOLO UNA PEQUEÑA PARTE DEL ESPECTRO DEL SOL ALCANZA LA SUPERFICIE DE LA TIERRA Y QUE ALGUNAS FRACCIONES DE LA SECCION DE UV, QUE EN SU MAYOR PARTE SON DETENIDAS, PUEDEN PRODUCIR DIVERSOS EFECTOS NOCIDIVOS A LOS SISTEMAS VIVOS. (23) (19)

LA TIERRA ESTA PROTEGIDA DE LA RADIACION UV-LEJANA POR EL OXIGENO DE LA ATMOSFERA. LA RADIACION UV SE ADHIERE A UNA MOLECULA DE OXIGENO PARA FORMAR DOS RADICALES LIBRES (ATOMOS DE OXIGENO) :



LOS ATOMOS DE OXIGENO PUEDEN ATACAR ENTONCES A LAS MOLECULAS DE OXIGENO PARA FORMAR OZONO :



ENERGETICA Y DE MUY CORTA LONGITUD DE ONDA, AL MISMO TIEMPO PRODUCE OZONO, EL CUAL ABSORBE RADIACION DE UNA LONGITUD DE ONDA UN POCO MAYOR.



MEDIANTE ESTA REACCION, EL OZONO ABSORBE TAN FUERTEMENTE LA LUZ ULTRAVIOLETA QUE LA LUZ DEL SOL QUE LLEGA A LA SUPERFICIE TERRESTRE ESTA DESPROVISTA CASI EN ABSOLUTO DE ELLA, LA LUZ ULTRAVIOLETA QUE ABSORBE ES FOTOQUIMICAMENTE DESTRUCTIVA PARA MUCHAS MOLECULAS ORGANICAS NECESARIAS EN LOS PROCESOS VITALES, POR LO QUE CASI LA CAPA NO IMPIDIESE LA LLEGADA DE LA LUZ ULTRAVIOLETA, LA VIDA EN SU FORMA ACTUAL NO EXISTIRIA SOBRE LA TIERRA. (19) (20)

1.3. PROPIEDADES

EL OZONO ES UNA MODIFICACION INESTABLE DEL OXIGENO. GAS AZUL INESTABLE CON OLOR PICANTE; AGENTE OXIDANTE MAS ACTIVO QUE EL OXIGENO. SU FORMULA TRIATOMICA O_3 , POSEE UN POTENCIAL DE 0.2 V, LO QUE LO HACE UNO DE LOS MEDIOS OXIDANTES MAS FUERTES; REACCIONA CON CASI TODAS LAS SUSTANCIAS. CONTRIBUYE A LA FORMACION DE LA NIEBLA FOTOQUINICA. (2)

1.4. USOS

A CAUSA DE SU POTENTE ACTIVIDAD QUINICA, EL OZONO SE HA UTILIZADO COMO PURIFICADOR, (BACTERICIDA) MATA A LAS BACTERIAS Y OTROS MICROORGANISMOS QUE ESTAN EN EL AGUA, POR REACCIONAR CON SUS COMPONENTES QUINICOS. EN FUERTES CONCENTRACIONES ES TOXICO PARA EL HOMBRE. EL OZONO SE USA PARA PURIFICAR EL AIRE DE LAS CASAS, REFRIGERADORES, TUNELES Y ZOOLOGICOS, YA QUE REACCIONA CON LOS COMPUESTOS MALOLIENTES CONVIRTIENDOSLOS EN INODOROS. LAS PEQUEÑAS LAMPARAS DE RADIACIONES ULTRAVIOLETA SON DESODORANTES CONVIRTIENDO, EN OZONO UN POCO DE OXIGENO DEL AIRE. TAMBIEN SE HA EMPLEADO PARA CURAR MADERAS Y SECAR BARNICES Y TINTAS. (2) (20)

OBJETIVO

LLEVAR A CABO UNA REVISION DESCRIPTIVA DE LA RELACION QUE EXISTE ENTRE LA EXPOSICION A OZONO Y LOS CAMBIOS QUE SE PRESENTAN EN LOS ALVEOLOS PULMONARES, ASI COMO TAMBIEN EN EL MEDIO AMBIENTE.

3.- FISIOLOGIA E HISTOLOGIA DEL PULMON

3.1. ORGANOS QUE CONFORMAN A LOS PULMONES

EL TERMINO RESPIRACION SE DEFINE COMO EL INTERCAMBIO DE GASES ENTRE LOS TEJIDOS Y EL MEDIO EXTERIOR, INCLUYE LA PENETRACION DE AIRE POR VIAS RESPIRATORIAS, LA CAPTACION DE OXIGENO A NIVEL DE LOS PULMONES, EL TRANSPORTE DE OXIGENO EN EL CUERPO POR EL APARATO CIRCULATORIO, Y SU UTILIZACION EN LAS ACTIVIDADES METABOLICAS DE LAS CELULAS; EL BIOXIDO DE CARBONO PRODUCIDO ES TRANSPORTADO POR LA SANGRE REGRESANDO A LOS PULMONES DONDE ES ELIMINADO DEL CUERPO CON LA EXPIRACION. ESTO CONSTITUYE EL PROCESO DE RESPIRACION EXTERNA, ABSORCION DE O_2 Y REMOCION DE CO_2 DE LOS PULMONES, Y EL DE RESPIRACION INTERNA, INTERCAMBIOS GASEOSOS ENTRE CELULAS Y SU MEDIO LIQUIDO.

LA NARIZ, FARINGE, LARINGE, TRAQUEA Y BRONQUIOS SON PARTE DE UN CONDUCTO ABIERTO QUE VA DESDE EL EXTERIOR A LOS PULMONES Y FORMAN LA PORCION SUPERIOR DEL APARATO RESPIRATORIO. EN LOS PULMONES, LAS DIVISIONES SUCESIVAS DEL ARBOL BRONQUIAL (BRONQUIOS MAS PEQUEÑOS, BRONQUIOLOS Y CONDUCTOS ALVEOLARES) LLEVAN A LOS ALVEOLOS, LAS UNIDADES FUNCIONALES DE LOS PULMONES. EL INTERCAMBIO GASEOSO ENTRE LA SANGRE Y EL AIRE OCURRE SOLO EN LOS ALVEOLOS. (11)

CONDUCTOS ALVEOLARES

SON TUBOS EN FORMA DE CONOS, DE PAREDES DELGADAS CON EPITELIO PLANO QUE LOS REVISTE, TAN DELGADO QUE ES DIFÍCIL DE APRECIAR CON MICROSCOPIO CORRIENTE. POR FUERA DEL EPITELIO, LA PARED ESTA FORMADA POR TEJIDO FIBROELÁSTICO. DEL CONDUCTO ALVEOLAR, Y ALREDEDOR DE SU CIRCUNFERENCIA SE ABREN NUMEROSOS ALVEOLOS (RACINOS DE ALVEOLOS). ESPECIALMENTE EN EL ORIFICIO DE LOS ALVEOLOS Y SACOS ALVEOLARES, SON IMPORTANTES LAS FIBRAS DE MUSCULATURA LISA. POR ELLO, LAS ABERTURAS DE ALVEOLOS Y CONDUCTOS ALVEOLARES SON TAN NUMEROSAS QUE ES DIFÍCIL OBSERVAR LA PARED DEL CONDUCTO ALVEOLAR. (21)

SACOS ALVEOLARES Y ALVEOLOS

ESTOS HACEN DE LOS CONDUCTOS ALVEOLARES. LOS ALVEOLOS TIENEN UNA FORMA POLIHEDRICA O HEXAGONAL, Y ENTRE ELLOS FALTA UNA PARED, COSA QUE PERMITE LA DIFUSION DEL AIRE DEL BRONQUIOLO RESPIRATORIO, CONDUCTO ALVEOLAR, ATRIO O SACO ALVEOLAR. LOS ALVEOLOS ESTAN DISPUESTOS EN FORMA TAN INTIMA QUE CADA UNO DE ELLOS NO TIENE PARED INDEPENDIENTE. AUN MAS, LOS ALVEOLOS ADYACENTES ESTAN SEPARADOS POR UN TABIQUE INTERALVEOLAR. NO OBSTANTE, CADA ALVEOLO ESTA REVESTIDO POR EPITELIO PLANO, ADELGAZADO NOTABLEMENTE, PERO COMPLETO. (22)

TABIQUE INTERALVEOLAR

EL MEDIO DE SOSTEN DE LOS TABIQUES LO CONSTITUYE UNA TRAMA DE FIBRAS RETICULARES Y ELASTICAS, Y CON MICROSCOPIO CORRIENTE PUEDE APRECIARSE SOLAMENTE UN POCO DE COLAGENA. CON EL MICROSCOPIO ELECTRONICO, SE OBSERVA QUE EL ESPACIO TISULAR, DEL TABIQUE CONTIENE UNIDADES DE FIBRILLAS COLAGENAS, ALGUNAS FIBRAS FINAS Y PEQUEÑAS MICROFIBRILLAS. ESTE ESPACIO ESTA LIMITADO POR MEMBRANAS BASALES SUBYACENTES AL EPITELIO ALVEOLAR Y CUBRE A CAPILARES SANGUINEOS.

SE DISTINGUEN VARIOS TIPOS DE CELULAS EN LOS TABIQUES INTERALVEOLARES, EN EL REVESTIMIENTO DE LOS ALVEOLOS, INCLUSO LIBRES EN LOS ESPACIOS ALVEOLARES.

NEUROCITOS TIPO I (CELULAS TIPO I) FORMAN UNA CAPA COMPLETA PERO MUY DELGADA (SOLO APROXIMADAMENTE $0.2 \mu\text{m}$ DE GRUESO) QUE REVISTE LOS ESPACIOS ALVEOLARES. SON CELULAS PLANAS CON GRANDES PROLONGACIONES CITOPLASMATICAS Y SON LAS CELULAS PRIMARIAS DE REVESTIMIENTO.

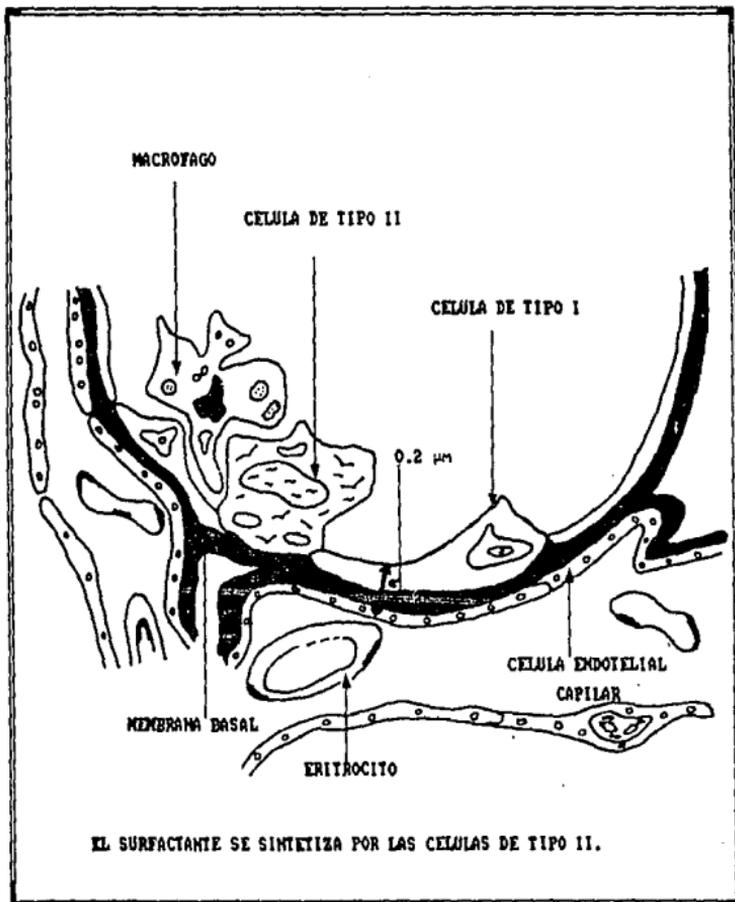
NEUROCITOS TIPO II (CELULAS TIPO II), ESTAS CELULAS SON REDONDAS, PUEDEN SOBRESALIR EN LOS ESPACIOS ALVEOLARES ENTRE LAS CELULAS DE SUPERFICIE PERO A MENUDO SE DISPONEN EN GRIETAS EN LA PARED ALVEOLAR. EN LA SUPERFICIE HAY ALGUNAS MICROVELLOSIDADES Y EL CITOPLASMA POSEE RETICULO RUGOSO, MITOCONDRIA, APARATO DE GOLGI Y CUERPOS MULTIVESICULARES. SIN ENBARGO, EL ORGANITO MAS DESTACADO ES EL CUERPO LAMELAR O CITOSOMA, DE $0.2 \mu\text{m}$ DE DIAMETRO, OSMIOFILO Y CON ASPECTO MULTILAMINAR.

ESTOS CUERPOS CONTIENEN DIPALMITOILFOSFATIDILCOLINA Y SE CONSIDERA QUE SE EXPULSAN A LOS ESPACIOS ALVEOLARES POR EXOCITOSIS Y EL CONTENIDO SE EXTIENDE SOBRE LA SUPERFICIE PARA FORMAR UNA CAPA DELGADA QUE REVISTE LOS ALVEOLOS. ESTA CAPA POSEE AGENTE TENSOACTIVO (FIG. No. 1).

EN LOS TABIQUES PUEDEN ADVERTIRSE CELULAS HEMATICAS DE TODOS LOS TIPOS :
ERITROCITOS, GRANULOCITOS, LINFOCITOS, MONOCITOS, ETC.

MACROFAGOS ALVEOLARES, UN TIPO ESTA VACUOLADO Y CONTIENE ABUNDANTES
GOTITAS LIPIDAS CITOPLASMATICAS; EL LIPIDO PUEDE SER COLESTEROL. OTROS
FAGOCITOS TIENEN ASPECTO GRANULOSO Y A MENUDO POSEEN PARTICULAS DE CARBON
FAGOCITADOS A PARTIR DEL AIRE INHALADO, EN TANTO QUE OTROS CONTIENEN
HEMOSIDERINA PIGMENTO QUE POSEE HIERRO QUE SE FORMA A PARTIR DE LOS
ERITROCITOS EN DISREGACION (FIG. No. 1). (82) (31)

FIG. No. 1. ESTRUCTURA DEL EPITELIO ALVEOLAR. (9)



3.2. ADSORCION Y DEPOSITO DE TOXICOS EN LOS PULMONES

LAS PARTICULAS DE 2 A 5 μm SE DEPOSITAN EN EL ARBOL TRAQUEO-BRONQUIAL Y SON ARRASTRADAS POR EL MOVIMIENTO CILIAR HACIA ARRIBA DEL MOCO. AUNQUE LA VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO CILIAR VARIA EN LAS DIFERENTES PARTES DEL TRACTO RESPIRATORIO, ES RAPIDO Y EFICIENTE. EL TRANSPORTE SE HACE A RAZON DE 0.1 A 1 μm POR MINUTO, CON UNA VIDA MEDIA DE LAS PARTICULAS DE 30 A 300 MINUTOS. LA TOS Y EL ESTORNUDO NUEVEN MOCO Y PARTICULAS RAPIDAMENTE HACIA LA GLOTTIS. LAS PARTICULAS PUEDEN TAMBIEN TRAGARSE.

LAS PARTICULAS DE MENOS DE 2 μm DE DIAMETRO PERMANECEN SUSPENDIDAS EN EL AIRE INHALADO Y LLEGAN A LA ZONA ALVEOLAR DEL PULMON, DONDE PUEDEN ABSORBERSE FACILMENTE. LA SUPERFICIE ES AMPLIA DE (50 A 100 m^2); EL FLUJO SANGUINEO ES RAPIDO Y LA SANGRE ESTA MUY CERCA DEL AIRE ALVEOLAR (10 μm). LOS ALVEOLOS SON A MENUDO EL SITIO DE LA ABSORCION DE AEROSOLES LIQUIDOS PASAN A TRAVES DE LAS MEMBRANAS CELULARES ALVEOLARES POR DIFUSION PASIVA EN PROPORCION A SU SOLUBILIDAD (LIPOSOLUBILIDAD). LOS MECANISMOS DE REMOCION O ABSORCION DE LOS MATERIALES PARTICULADOS DEL ALVEOLO ESTAN MENOS DEFINIDOS Y SON MENOS EFICIENTES QUE LOS QUE REMUEVEN PARTICULAS DEL ARBOL TRAQUEO-BRONQUIAL. APARENTEMENTE OPERAN TRES PROCESOS: EL PRIMERO ES LA REMOCION FISICA; LAS PARTICULAS DEPOSITADAS SOBRE LA CAPA LIQUIDA DE LOS ALVEOLOS SON ASPIRADAS, AL ESCALADOR MUCOCILIAR DEL ARBOL BRONCO-TRAQUEAL. EL SEGUNDO ES LA FAGOCITOSIS, GENERALMENTE A CARGO DE FAGOCITOS MONONUCLEARES O MACROFAGOS ALVEOLARES; Y EL TERCERO ES LA ABSORCION AL SISTEMA LINFATICO. LAS PARTICULAS PUEDEN PERMANECER EN EL TEJIDO LINFATICO DURANTE MUCHO TIEMPO, Y POR ESTA RAZON SE HA DENOMINADO A DICHO TEJIDO DEPOSITO DE POLVO DE LOS PULMONES.

EN CONJUNTO LA REMOCION DE PARTICULAS DEL ALVEOLO PULMONAR ES RELATIVAMENTE INEFICIENTE. SOLO EL 20% DE ESTA MATERIA SE REMUEVE DURANTE EL

PRIMER DIA DESPUES DE LA DEPOSICION, LO QUE QUEDA DESPUES DE 24 HORAS SE ELIMINA MUY LENTAMENTE. LA VELOCIDAD DE ESTA DEPURACION PUEDE PREDECIRSE POR LA SOLUBILIDAD DE LA SUSTANCIA EN LOS LIQUIDOS PULMONARES. LOS COMPUESTOS MENOS SOLUBLES SE ELIMINAN MAS LENTAMENTE.

LA REMOCION SE DEBE APARENTEMENTE EN GRAN PARTE A LA SOLUCION Y LA ABSORCION A LA SANGRE. ALGUNAS PARTICULAS PUEDEN PERMANECER INDEFINIDAMENTE EN LOS ALVEOLOS SI LAS CELULAS QUE LAS FAGOCITAN PROLIFERAN Y SE SUMAN A LA RED RETICULAR PARA FORMAR UNA PLACA O MODULO ALVEOLAR DE POLVO. (20)

3.3. TOXICOLOGIA DEL OZONO COMO CONTAMINANTE

EL OZONO ES UN IRRITANTE PULMONAR CAPAZ DE CAUSAR LA MUERTE POR EDEMA PULMONAR. EL OZONO CAUSA DESCAMACION DEL EPITELIO EN TODA LA VIA AEREA CILIADA Y PRODUCE CAMBIOS DEGENERATIVOS EN LAS CELULAS TIPO I, Y RUPTURA DEL ENDOTELIO CAPILAR DE LOS ALVEOLOS. LAS CELULAS TIPO I SON LUEGO REEMPLAZADAS POR CELULAS TIPO II. ES IMPORTANTE NOTAR QUE LA PATOLOGIA PULMONAR SE HA OBSERVADO EN ANIMALES DE EXPERIMENTACION DESPUES DE UNA EXPOSICION RELATIVAMENTE BREVE A CONCENTRACIONES DE OZONO QUE OCASIONALMENTE EXISTEN DURANTE POCO TIEMPO EN AREAS URBANAS CONTAMINADAS.

LA EXPOSICION A LARGO PLAZO AL OZONO DAÑA LAS AREAS PERIFERICAS DEL PULMON, PUEDE CAUSAR UNA LESION MORFOLOGICA DE ENGROSAMIENTO DE LOS BRONQUIOS RESPIRATORIOS TERMINALES, BRONQUITIS CRONICA, FIBROSIS Y CAMBIOS ENFISEMATOSOS SE OBSERVAN EN DIFERENTES ESPECIES EXPUESTAS AL OZONO. (20) (40)

ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE EL OZONO REACCIONA RAPIDAMENTE, PERO SELECTIVAMENTE, CON MUCHOS COMPUESTOS ORGANICOS. REACCIONA CON ALCANOS A TEMPERATURA AMBIENTE, PERO ES CASI 400 000 VECES MAS REACTIVO CON ALQUENOS QUE CON ALCANOS. NO ES INESPERADO ENTONCES, QUE EL OZONO REACCIONE RAPIDAMENTE CON COMPUESTOS BIO-ORGANICOS CONTIENIENDO DOBLES ENLACES, COMO LOS ACIDOS GRASOS INSATURADOS, MUCHOS DE LOS CUALES SON FUNCIONAL Y ESTRUCTURALMENTE ESENCIALES. EL OZONO TAMBIEN PUEDE REACCIONAR CON LOS GRUPOS AMINO Y SULFIDRILLO, LOS CUALES SON ENCONTRADOS EN ENZIMAS Y OTRAS PROTEINAS ESENCIALES. SU REACTIVIDAD JUNTO CON FRACCIONES QUIMICAS IMPORTANTES BIOLOGICAMENTE DA COMO RESULTADO RAPIDAS REACCIONES ENTRE EL OZONO Y LAS CELULAS, FLUIDOS, Y TEJIDOS QUE ESTAN ALINEADOS EN EL TRACTO RESPIRATORIO. (40)

LA SUSCEPTIBILIDAD DE UN AMINOACIDO EN UNA PROTEINA PARA O, DEPENDE DE LA POSICION DEL AMINOACIDO EN LA ESTRUCTURA TERCIARIA DE LA PROTEINA. (4)

4.- LOS GASES TOXICOS DETERMINADOS POR EL IMECA COMO MEDIDA DE PREVENCION SOBRE LA SALUD

4.1. RESEÑA HISTORICA

UN INDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE SE DEFINE COMO UNA FUNCION DE TRANSFORMACION DE LOS DATOS DE NIVELES DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES A UN VALOR SIMPLE REPRESENTATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN UNA REGION DETERMINADA. (2)

EXISTEN PARAMETROS QUE NOS PERMITEN RELACIONAR EL GRADO DE CONTAMINACION ATMOSFERICA CON LOS POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD EN UNA FORMA ACCESIBLE A LA POBLACION (CUADRO No. 2, 3).

EL IMECA FUE ESTABLECIDO POR LA EXTINTA SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE Y FUE ELABORADO CON LA ASESORIA DEL DR. WAYNE OIT, DISTINGUIDO CIENTIFICO DE LA AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. EN UN INICIO EL INDICE FUE NOMBRADO INEXCA (INDICE MEXICANO DE LA CALIDAD DEL AIRE) Y POSTERIORMENTE A PARTIR DE 1986 SE PARTICULARIZO PARA LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, TOMANDO EL NOMBRE DE IMECA.

LA BASE CIENTIFICA DEL IMECA SE REMOTA A LOS TRABAJOS DE OIT Y THOM, QUIENES EN 1972 DESARROLLARON UN INDICE URBANO ESTANDARIZADO DE CALIDAD DEL AIRE (SUAQ) QUE POSTERIORMENTE RECIBIO EL NOMBRE DE INDICE ESTANDARIZADO DE CONTAMINACION (PSI), EL CUAL FUE ADOPTADO EN LOS ESTADOS UNIDOS COMO INDICE NACIONAL UNIFORME DE LA CALIDAD DEL AIRE A PARTIR DE 1979.

LA METODOLOGIA DE CALCULO DE ESTE INDICE FUE GENERALIZADA POR SUS AUTORES

CUADRO No. 2. CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA ASEGURAR LA PROTECCION DE LA SALUD Y EL BIENESTAR DE LA POBLACION. (2)

CRITERIOS DE EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE.		
CONTAMINANTE	TIEMPO DE PROMEDIO	CONCENTRACION LIMITE
Oxígeno (O_2)	1 HORA	9.11 ppm
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	8 HORAS	13.8 ppm
BIXIDO DE AZUFRE (SO_2)	24 HORAS	8.13 ppm
BIXIDO DE NITROGENO (NO_2)	1 HORA	8.21 ppm
PLOMO (Pb) ²	3 MESES	1.5 $\mu g/m^3$
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	24 HORAS	275.8 $\mu g/m^3$
PARTICULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 μm (PM10) ²	24 HORAS	158.8 $\mu g/m^3$

(26) REPORTE ANUAL SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MEXICO 1992.

CUADRO No. 3. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES QUE CUENTAN CON NORMA DE CALIDAD EN NUESTRO PAIS. (26)

CONTAMINANTES CRITERIO	EFECTOS A LA SALUD
OZONO	PROBLEMAS DEL TRACTO RESPIRATORIO TALES COMO DIFICULTAD PARA RESPIRAR Y REDUCCION DE LA FUNCION PULMONAR ASMA, IRRITACION DE LOS OJOS, CONGESTION NASAL, REDUCCION DE LA RESISTENCIA A LAS INFECCIONES Y POSIBLE ENVEJECIMIENTO DEL TEJIDO PULMONAR.
MATERIA PARTICULADA	IRRITACION DE LOS OJOS Y GARGANTA, BRONQUITIS, DAÑO PULMONAR Y DETERIORO DE LA VISIBILIDAD.
MONOXIDO DE CARBONO	DISMINUCION DE LA CANTIDAD DE OXIGENO EN LA SANGRE AFECTANDOSE EL SISTEMA CARDIOVASCULAR, NERVIOSO Y PULMONAR.
BIOXIDO DE AZUFRE	PROBLEMAS DEL TRACTO RESPIRATORIO, DAÑO PERMANENTE A LOS TEJIDOS PULMONARES.
BIOXIDO DE NITROGENO	MALES RESPIRATORIOS Y DAÑO PULMONAR.
* PLOMO	RETRASO MENTAL Y DAÑO CEREBRAL, ESPECIALMENTE EN NIÑOS.

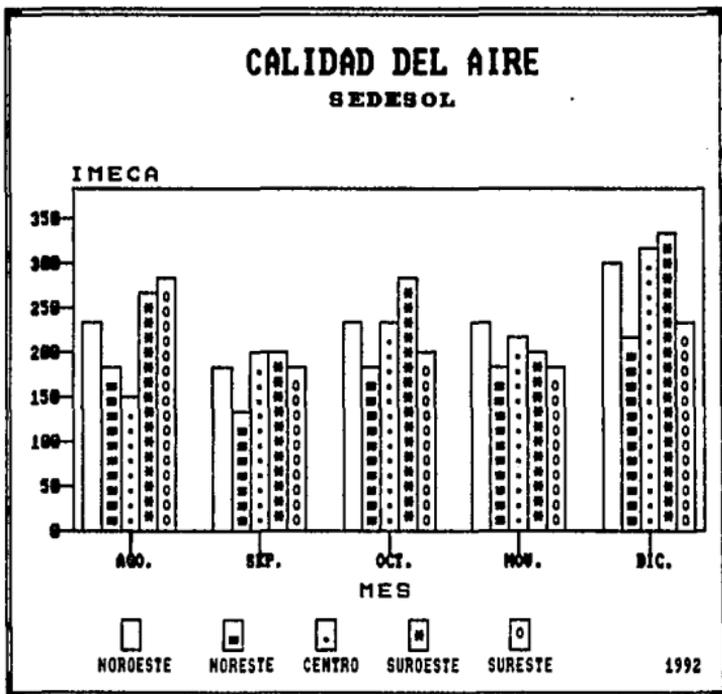
* ESTE CONTAMINANTE SE MONITOREA RUTINARIAMENTE POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, SIN EMBARGO NO CUENTA CON LA NORMA DE CALIDAD EN MEXICO.

EN 1976, BAJO EL NOMBRE DE UNIPEX, SIENDO ADOPTADO CON CARACTERISTICAS NACIONALES PARTICULARES POR CANADA (API) Y POR MEXICO (IMECA).

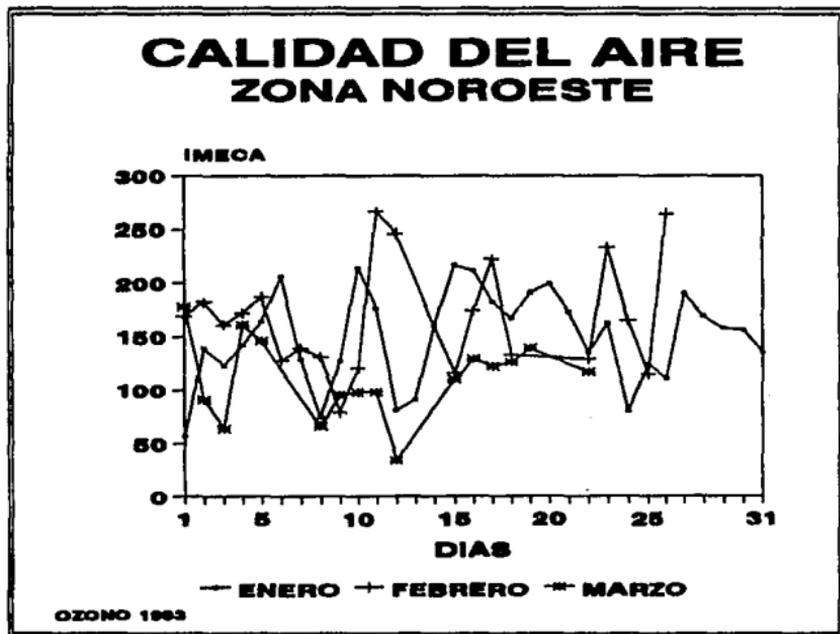
FUNDAMENTALMENTE, EL IMECA TIENE LA FUNCION DE MANTENER INFORMADA A LA POBLACION SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, ASI COMO OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS DISTINTOS CONTAMINANTES Y COMPARAR LA CALIDAD DEL AIRE ENTRE ZONAS QUE UTILICEN INDICES SIMILARES (GRAFICA No. 1-6). (3) (34)

GRAFICA No. 1.

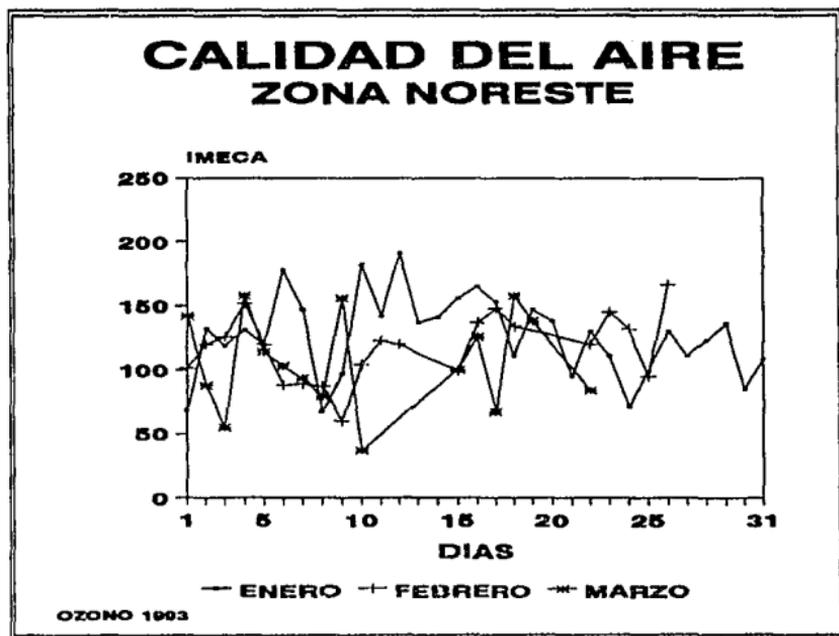
COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LAS DIFERENTES ZONAS DE LA CIUDAD DE MEXICO DURANTE LOS MESES CRITICOS DE 1992. (42) (43)



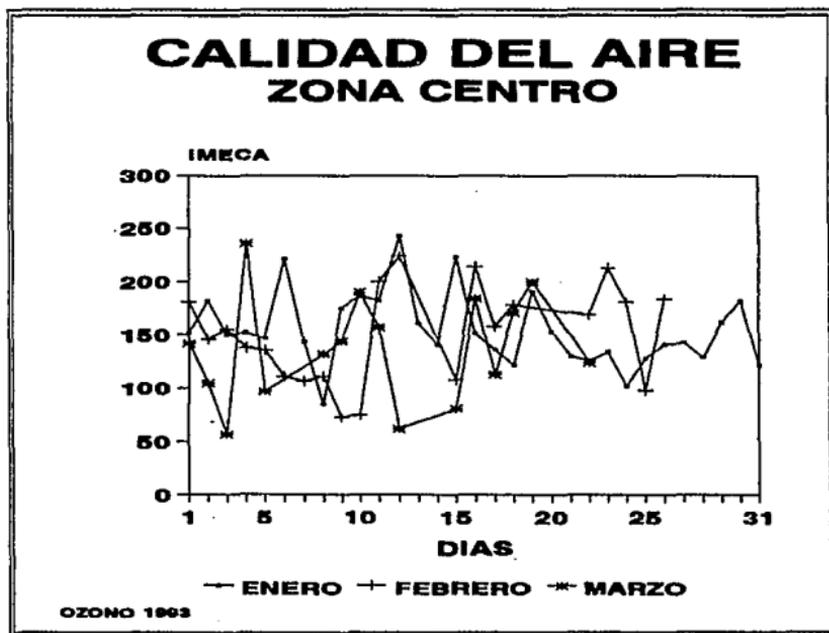
GRAFICA No. 2. COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA NOROESTE.



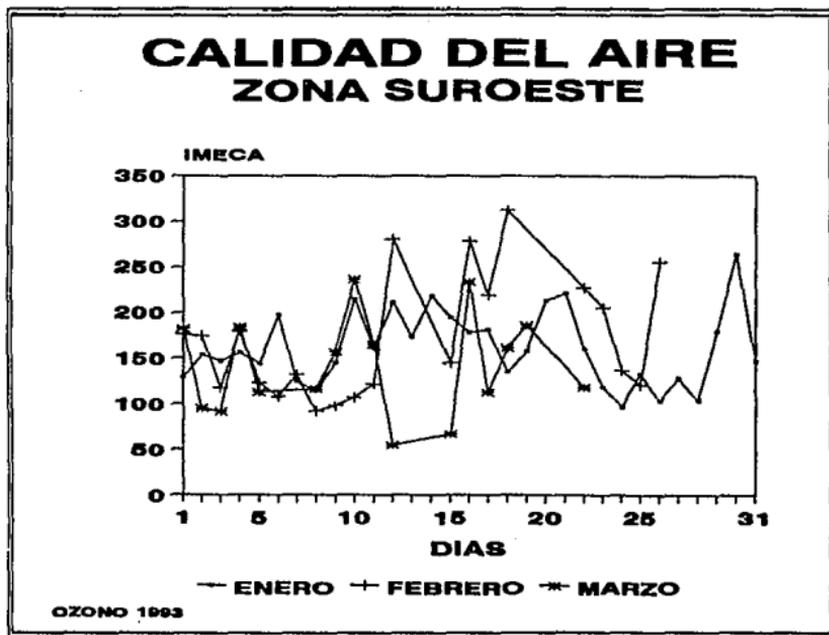
GRAFICA No. 3. COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA NORESTE.



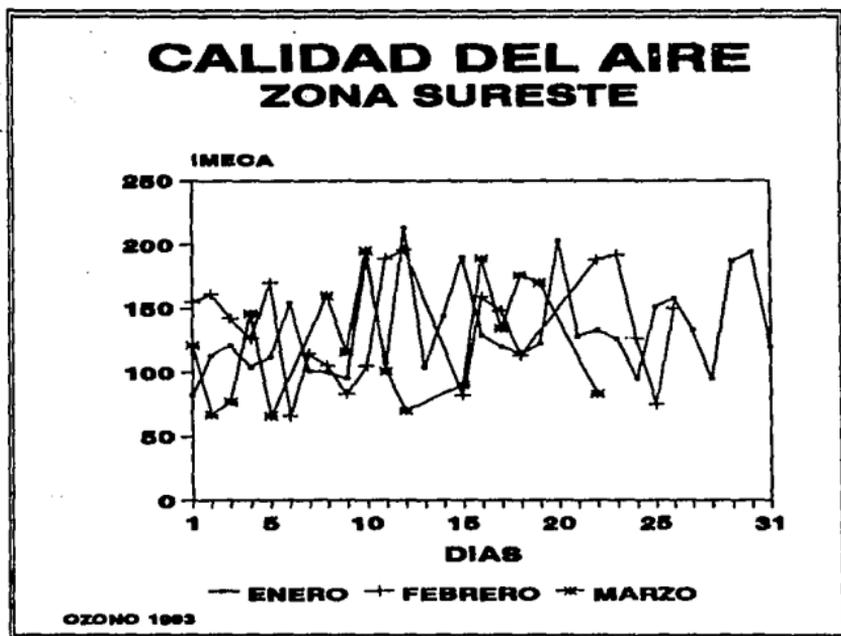
GRAFICA No. 4. COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA CENTRO.



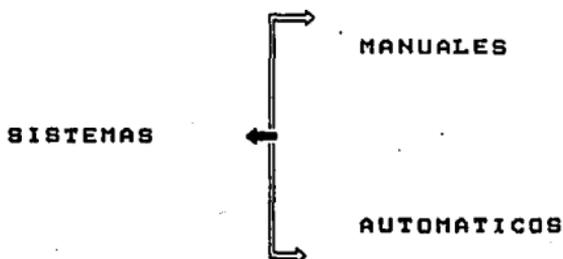
GRAFICA No. 5. COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA SUROESTE.



GRAFICA No. 6. COMPORTAMIENTO QUE PRESENTO EL OZONO EN LOS TRES PRIMEROS MESES DE 1993 EN LA ZONA SURESTE.



4.2. EQUIPO PARA DETERMINAR GASES ATMOSFERICOS



SISTEMAS MANUALES

EL EQUIPO PARA MUESTREAR GASES COMO EL OROMO, BIXIDO DE AZUFRE, DIOXIDO DE NITROGENO, ETC. SE CONOCE COMO MUESTREADOR RAC (RESEARCH APPLIANCE COMPANY). ESTE MUESTREADOR CONSTA DE UNA BOMBA DE VACIO, UNA CAJA PROTECTORA DEL SOL, QUE TAMBIEN FUNCIONA COMO AISLANTE DEL CALOR Y SOPORTE DE ALUMINIO, DONDE VAN COLOCADOS LOS ABSORBEDORES QUE CONTIENEN EL REACTIVO QUIMICO PARA CADA GAS CONTAMINANTE. EL EQUIPO PUEDE TRABAJAR HASTA CON 5 MUESTRAS AL MISMO TIEMPO. (42)

PRINCIPIO DE OPERACION

UNA BOMBA DE VACIO SUCCIONA AIRE AMBIENTE, HACIENDOLO PASAR ATRAVES DE UN FILTRO, DESPUES EL AIRE SE ABSORBE EN UNA SOLUCION ESPECIFICA (SOLUCION ABSORBENTE), PASA POR UNA TRAMPA Y UN FILTRO Y FINALMENTE PASA POR UN ORIFICIO CRITICO, PREVIAMENTE CALIBRADO, HACIA LA BOMBA. LAS CONCENTRACIONES DE CADA CONTAMINANTE SE CALCULAN DETERMINANDO LA CANTIDAD EN PESO DEL CONTAMINANTE Y EL VOLUMEN MUESTREADO DE AIRE, LO QUE DA LUGAR A UNIDADES DE MEDIDA PESO/VOLUMEN, PUDIENDO TAMBIEN DETERMINARSE EN UNIDADES VOL/VOL (PPM), LO CUAL ES HABITUAL PARA CONTAMINANTES GASEOSOS. ESTE PROCEDIMIENTO SE REALIZA CON BASE EN TRATAMIENTOS ANALITICOS QUE REQUIEREN DE GRAN CANTIDAD DE REACTIVOS, MISMOS QUE ES NECESARIO PRESERVAR Y ALMACENAR (COMANDO No. 4). (42) (44)

SISTEMAS AUTOMATICOS

LAS CARACTERISTICAS DE LOS METODOS AUTOMATICOS LOS HACEN MAS ADECUADOS PARA EL MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS YA QUE PUEDEN PRESENTAR LOS RESULTADOS EN TIEMPO REAL, LO QUE PERMITE TOMAR DECISIONES SI EXISTEN CONDICIONES ADVERSAS PARA LA SALUD DE LA POBLACION O CONDICIONES DE RIESGO PARA LOS ECOSISTEMAS, ADEMAS PERMITEN UN MAPEO DE LA DISTRIBUCION DE LOS CONTAMINANTES, CON LAS SIGUIENTES VENTAJAS QUE ESTO IMPLICA PARA LA TOMA DE DECISIONES.

OTRAS CARACTERISTICAS RELEVANTES DE LOS SISTEMAS AUTOMATICOS SON: LA

RAPIDEZ DE RESPUESTA ANTE LAS CONDICIONES CAMBIANTES Y LA SELECTIVIDAD DE LOS METODOS, LO QUE HACE QUE NO SE PUEDE REALIZAR, POR LAS LIMITACIONES DE TIEMPO PARA HACERLO. CABE MENCIONAR QUE ALGUNOS SISTEMAS TIENEN COMPONENTES QUE ELIMINAN LAS INTERFERENCIAS A TRAVES DE FILTROS Y LAVADORES O ABSORBEDORES. OTRAS VENTAJAS QUE TIENEN LOS SISTEMAS AUTOMATICOS ES LA SENSIBILIDAD LO QUE PERMITE DETECTAR CONCENTRACIONES MUY BAJAS, Y QUE EN LA MAYORIA DE LOS SISTEMAS DESARROLLADOS PUEDEN OPERAR SIN AGENTES QUIMICOS. (1) (26) (42)

4.3. EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE

LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA QUE SE MANIFIESTAN EN LA SALUD SON CEFALEA, IRRITACION EN LA MUCOSA RESPIRATORIA, IRRITACION EN OJOS. LA VEGETACION QUE CRECE EN UNA ZONA URBANA, LA CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN EL AIRE SIEMPRE ES ALTA, POR LO CONSIGUIENTE, MORIRA MAS PRONTO O EXPERIMENTARA UNA CAIDA PREMATURA DE LAS HOJAS, ESTO SE DEBE A QUE EL OZONO MARCHITA LAS CELULAS VEGETALES, SIENDO LAS CONIFERAS MAS SUSCEPTIBLES A ESTE CONTAMINANTE. LAS CONCENTRACIONES INFERIORES A 0.05 ppm PRODUCEN DAÑOS APARENTES EN LAS ESPECIES MUY SENSIBLES. Y POR ULTIMO EN LOS MATERIALES LOS EFECTOS QUE SE MANIFIESTAN SON POR EJEMPLO EN LLANTAS, AGRIETAMIENTO. (44)

TODOS ESTOS EFECTOS DEPENDEN A SU VEZ DE LAS CONCENTRACIONES, LA FRECUENCIA Y EL TIEMPO DE EXPOSICION (Cuadro No. 2). (4) (34)

LA IMPORTANCIA DE MEDIR Y ANALIZAR LA CALIDAD DEL AIRE ES :

- 1.- DEFINIR LAS INTERACCIONES ENTRE LOS DIFERENTES CONTAMINANTES, Y SUS PATRONES DE COMPORTAMIENTO E IDENTIFICAR LAS ACCIONES NECESARIAS PARA SU CONTROL.
- 2.- DETERMINAR LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE SOBRE EL HOMBRE Y SU AMBIENTE.
- 3.- EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE Y CONSTATAR LOS AVANCES LOGRADOS EN LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION.
- 4.- ESTABLECER Y ACTIVAR, EN SU CASO, PROCEDIMIENTOS DE CONTINGENCIA PARA PREVENIR EPISODIOS DE CONTAMINACION DEL AIRE.

- 5.- ESTABLECER CRITERIOS AMBIENTALES PARA LA REORDENACION URBANA Y LA PLANEACION REGIONAL.
- 6.- IDENTIFICAR EMISIONES PRIORITARIAS Y PROBLEMAS ESPECIFICOS, Y DESARROLLAR ESTRATEGIAS DE CONTROL.
- 7.- INFORMAR A LA POBLACION Y PROPICIAR SU PARTICIPACION EN LA SOLUCION DEL PROBLEMA.

4.4. LA IMPORTANCIA DE LAS GASOLINAS CONFORME AL PROGRAMA DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

LA TRANSFORMACION INAPROPIADA E INCOMPLETA DE LOS ENERGETICOS GENERA EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA, DADO QUE EN ESTA AREA SE CONCENTRAN ALREDEDOR DE 35 MIL ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES, MAS DE 3.5 MILLONES DE VIVIENDAS QUE REQUIEREN ENERGIA Y CIRCULAN CERCA DE 2,800,000 VEHICULOS AUTOMOTORES.

EL CONSUMO DE GASOLINA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO (ZMCM), REPRESENTO EN EL PASADO RECIENTE DEL 25 AL 30% DEL TOTAL NACIONAL. PARA LAS SIGUIENTES DECADAS SE ESTIMA QUE EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA SERA DE UNA TAZA ANUAL LIGERAMENTE MENOR AL 4%, CON LO CUAL SE PASARIA DE UN CONSUMO DE 100 A 217 MIL BARRILES DIARIOS ENTRE 1989 Y EL AÑO 2010.

CASI LA TOTALIDAD DE LAS GASOLINAS DISTRIBUIDAS EN LA ZMCM SON CONSUMIDAS POR VEHICULOS AUTOMOTORES; EN 1990 SE DISTRIBUYERON DOS TIPOS: LA DENOMINADA **NOVA PLUS** DE 81 OCTANOS CON UN CONTENIDO PROMEDIO DE 0.5 A 1 ml. DE TETRAETILO DE PLOMO POR GALON Y LA **EXTRA**, DE 92 OCTANOS CON BAJO CONTENIDO DE PLOMO. EN AMBAS SE AÑADIO METIL TERBUTIL ETER (MTBE) AL 5%; EL CUAL ES UN COMPUESTO OXIGENADO QUE MEJORA LA COMBUSTION, DEBIDO A LA ALTURA DEL VALLE DE MEXICO, CUYA DEFICIENCIA DE OXIGENO SE ESTIMA EN 23% MENOR QUE EL EXISTENTE AL NIVEL DEL MAR.

A PARTIR DE SEPTIEMBRE DE 1990 SE SUTITUYO LA GASOLINA **EXTRA**, POR LA DENOMINADA **NOVA SIN**, DE 92 OCTANOS (EQUIVALENTE A 87 OCTANOS DE ACUERDO AL NUEVO PROCEDIMIENTO INTERNACIONAL DE EVALUACION) Y TIENE UN CONTENIDO DE PLOMO CASI NULO, INFERIOR A 0.01 GRAMOS POR GALON. ESTA GASOLINA ES INDISPENSABLE PARA LOS AUTOMOVILES A PARTIR DEL MODELO 1991 EQUIPADOS CON CONVERTIDOR CATALITICO.

POR OTRA PARTE, EL CONSUMO NACIONAL DE DIESEL PASO ENTRE 1985 Y 1989 DE 201 A 195 MIL BARRILES DIARIOS, DISMINUYENDO A UNA TAZA MEDIA DEL 1% ANUAL.

SE ESTIMA QUE PARA EL PERIODO 1992-2010 LA DEMANDA NACIONAL SE INCREMENTARA A UNA TAZA PROMEDIO ANUAL DE 4.4% PARA ALCANZAR UN CONSUMO DE 482 MIL BARRILES DIARIOS.

POR OTRA PARTE LA OPINION PUBLICA HA SUGERIDO CONVERTIR TODOS LOS PROCESOS DE COMBUSTION AL USO DE GAS. AUNQUE EN PRINCIPIO LA SUSTITUCION DE DIESEL POR GAS, ABATIRIA LA EMISION DE PARTICULAS Y DIOXIDO DE AZUFRE, ELLO NO ES DEL TODO RECOMENDABLE POR VARIAS RAZONES : **PRIMERO**, EL NIVEL DE OXIDOS DE NITROGENO, **PRINCIPALES PRECURSORES DEL OZONO** (UNICO CONTAMINANTE QUE CONTINUAMENTE REBASA LA NORMA EN LA CIUDAD), SE ELEVARIA DRASTICAMENTE EXPONIENDO A LA CIUDADANIA A ALTOS NIVELES DE TOXICIDAD. POR ELLO LA SUSTITUCION SE HA REALIZADO UNICAMENTE EN PROCESOS QUE CUENTAN CON QUEMADORES DE ALTA EFICIENCIA. **SEGUNDO**, LA CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA (GASODUCTOS Y ESTACIONES DE BOMBEO CON SISTEMAS ADECUADOS DE CONTROL) PROVOCARIA UN CAOS URBANO PROLONGADO, AL ABRIR AVENIDAS PARA SU INTRODUCCION. **TERCERO**, NO EXISTE SUFICIENTE DISPONIBILIDAD NACIONAL, NI LA INFRAESTRUCTURA PARA SU CONDUCCION EN CASO DE SER IMPORTADO. **CUARTO**, DADA LA NECESIDAD DE SU DELICADO MANEJO POR SU EXPLOSIVIDAD, VOLUMENES SUPERIORES DE GAS ACRECENTARIAN SIGNIFICATIVAMENTE EL NIVEL DE RIESGO PARA LA POBLACION. (33) (26)

**5.- RELACION DE EXPOSICION-EFECTO,
EN LAS MEDIDAS SELECCIONADAS DE
LA FUNCION PULMONAR EN SUJETOS
EXPUESTOS A OZONO**

**5.1. LA FUERZA DEL OZONO COMO
INICIADOR DE PERTURBACIONES
AGUDAS SOBRE LAS MEMBRANAS
SECRETORAS DE SURFACTANTE
EN LOS ALVEOLOS PULMONARES**

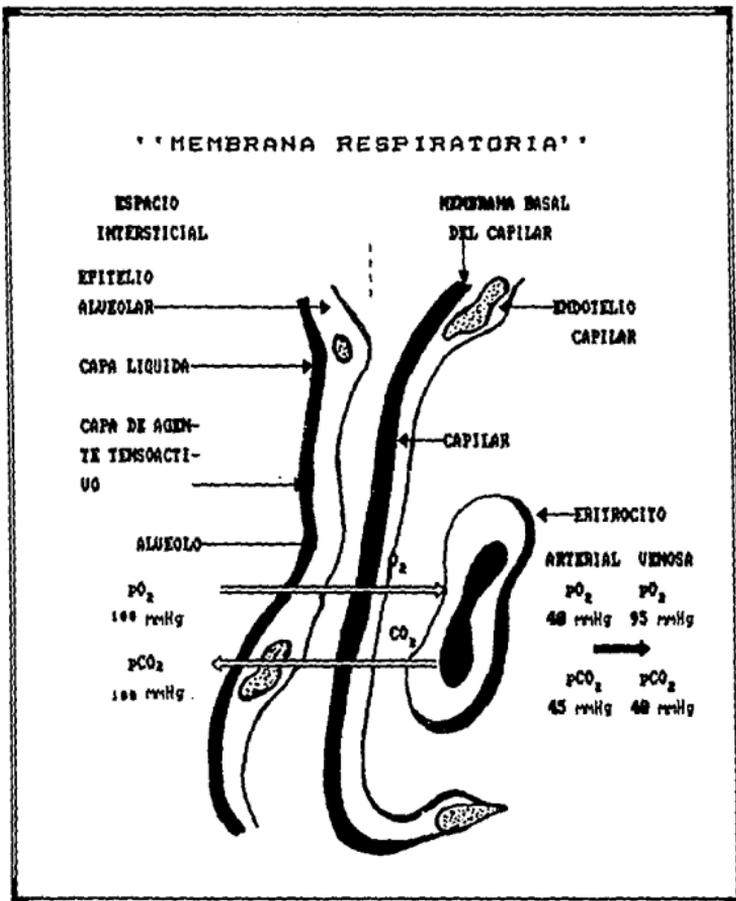
LA PROTEINA SURFACTANTE JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE EN LA REGULACION DE LA ESTRUCTURA Y EL METABOLISMO DEL SURFACTANTE PULMONAR, (PESO MOLECULAR 28,000-36,000 d).

EL SURFACTANTE PULMONAR ES UNA SUSTANCIA TENSOACTIVA COMPUESTA POR UN FOSFOLIPIDO CUYA COMPOSICION PRINCIPAL ES DIPALMITOILFOSFATIDILCOLINA, QUE ES SECRETADO POR LAS CELULAS ALVEOLARES TIPO II Y QUE TIENE COMO FUNCION PRINCIPAL DE REDUCIR LA TENSION SUPERFICIAL DE LA CAPA DEL LIQUIDO DE REVESTIMIENTO (FIG. No. 2). (20) (29)

LAS VENTAJAS FISIOLOGICAS QUE OFRECE EL SURFACTANTE PULMONAR SON LAS SIGUIENTES :

- 1.- LA BAJA TENSION SUPERFICIAL EN LOS ALVEOLOS HACE QUE EL PULMON SEA MAS ELASTICO Y QUE DISMINUYA EL TRABAJO NECESARIO PARA DILATARLO EN CADA RESPIRACION.

FIG. No. 2. UNIDAD FUNCIONAL BASICA DEL PULMON. (1)



2.- FAVORECE LA ESTABILIDAD DE LOS ALVEOLOS.

3.- CONTRIBUYE A MANTENER SECOS LOS ALVEOLOS.

LA DEFICIENCIA DE ESTE SURFACTANTE PULMONAR ES CAUSA DE LA DIFICULTAD RESPIRATORIA DENOMINADA ENFERMEDAD DE MEMBRANA HIALINA, DEBIDO AL DECRECIMIENTO EN LA EXPANSIBILIDAD DE LOS PULMONES O EN CASOS SEVEROS, COLAPSO PULMONAR NASIVO.

ESTA PROTEINA TAMBIEN ESTA INVOLUCRADA EN LA DEFENSA DE LOS PULMONES CONTRA LOS PATOGENOS INHALADOS, YA QUE HA SIDO DEMOSTRADO POR OOSTING EN 1992 QUE LA INHALACION DE OZONO PUEDE LLEVARNOS A UNA SENSIBILIDAD INCREMENTADA PARA LAS INFECCIONES BACTERIANAS Y VIRALES, VIA AEREA. (CONCENTRACION MENOR O IGUAL A 0.3 PPM DURANTE 3 HORAS) PRESENTANDOSE RESPUESTA INFLAMATORIA DE LOS PULMONES, Y ES LA RESPONSABLE DE LA PRODUCCION DEL ANION SUPEROXIDO POR LOS MACROFAGOS ALVEOLARES. (1)

OTRO ESTUDIO REALIZADO POR OOSTING Y COLABORADORES CON HERPES VIRUS SIMPLE EN PRESENCIA DE OZONO DEMOSTRARON QUE LA PROTEINA SURFACTANTE EXPUESTA A OZONO DISMINUYO LA CAPACIDAD PARA AUMENTAR LA FAGOCITOSIS DE HERPES VIRUS, DICHO DE OTRA MANERA EXISTE UNA DISMINUCION EN LA AFINIDAD DE LA PROTEINA SURFACTANTE EXPUESTA A OZONO POR SUS RECEPTORES CELULARES PARA INDUCIR LA PRODUCCION DE ANION SUPEROXIDO. (10)

LOS LIPIDOS SURFACTANTES SE ALMACENAN EN FORMA DE ESTRUCTURAS MEMBRANOSAS DENSAMENTE ENROLLADAS DENTRO DEL CUERPO LAMELAR (FIG. No. 3). (2)

EL SURFACTANTE PULMONAR ES CAPAZ DE SINTETIZAR EL FOSFOLIPIDO A PARTIR DE ACIDOS GRASOS QUE, O BIEN, SON EXTRAIDOS DE LA SANGRE O SON SINTETIZADOS EN EL PULMON.

LA SINTESIS ES MUY HIPERACTIVA CON UN RAPIDO RECAMBIO DE SURFACTANTE. EXISTIENDO TRES CICLOS QUIMICOS PARA LA INCORPORACION DE ACIDOS GRASOS A LA

LECITINA Y, APARENTEMENTE, HAY DIFERENCIAS ENTRE CICLOS QUE UTILIZAN EL PULMON DEL ADULTO Y EL FETAL. DADO QUE EL SURFACTANTE SE FORMA EN UN PERIODO RELATIVAMENTE TARDIO DE LA VIDA INTRAUTERINA.

EN LOS CUERPOS LAMELARES ES DONDE SE OBSERVA EL CAMBIO SIGNIFICATIVO PRODUCIDO POR OZONO. LOS CUERPOS LAMELARES UNA VEZ AFECTADOS POR EL OZONO SON TRANSFORMADAS SUS MEMBRANAS EN APARENTES REMOLINOS, ASI COMO TAMBIEN UNA EXPANSION SIGNIFICATIVA DE LOS COMPARTIMIENTOS VACUOLADOS Y DE CUERPOS LAMELARES.

UNA INVESTIGACION REALIZADA POR PATERSON, BALIS Y LUNDH EN 1991 CONFIRMARON LA SOSPECHA INICIAL DE QUE LOS EFECTOS DEL OZONO INVOLUCRAN UNA FISION ELEVADA DE CUERPOS LAMELARES CON MOVILIZACION ACELERADA DE LAS MEMBRANAS SURFACTANTES POR MEDIO DE LOS CUERPOS LAMELARES INTERCOMUNICADOS.

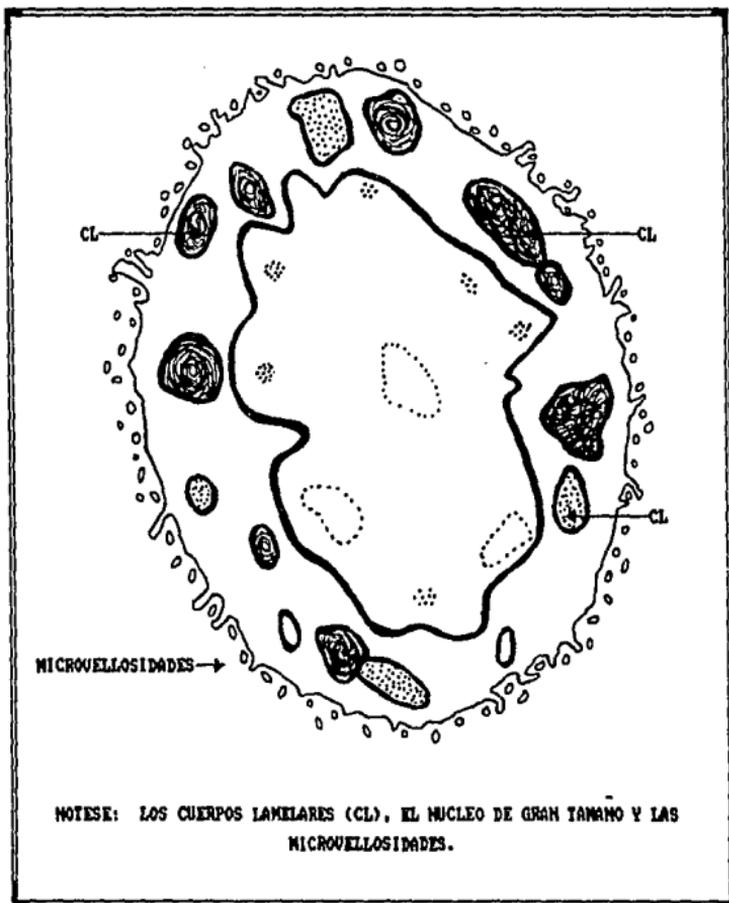
ES SABIDO QUE LA ORGANIZACION ESTRUCTURAL MAS QUE LA COMPOSICION BIOQUIMICA DE LAS MEMBRANAS DEL SURFACTANTE EXTRACELULAR ES ALTAMENTE SENSITIVO AL DAÑO POR EL OXIDANTE.

LA ACUMULACION PROGRESIVA DE SEMEJANTES FORMAS A CUERPOS LAMELARES EN LOS ESPACIOS ALVEOLARES PERSISTE DURANTE LA ETAPA SEPARATIVA DEL DAÑO ALVEOLAR DIFUSO INDUCIDO POR OZONO. (6)

LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES EN LAS CELULAS TIPO II DURANTE LA EXPOSICION A OZONO PRESENTARON AUMENTO DEL CUERPO LAMELAR. LA FUERZA AGUDA DEL OZONO INHIBE EL DESENRROLLAMIENTO DE LAS MEMBRANAS SECRETORAS DEL CUERPO LAMELAR. (4) (6)

FIG. No. 3.

**CELULA EPITELIAL DE
TIPO II. (4) (10)**



**NOTESE: LOS CUERPOS LAMELARES (CL), EL NUCLEO DE GRAN TAMAÑO Y LAS
MICROVELLOSIDADES.**

5.2. LA MEDIDA ESPIROMETRICA COMO PATRON DE CAMBIOS EN LA FUNCION PULMONAR INDUCIDO POR OZONO

EL VOLUMEN DE AIRE QUE ENTRA Y SALE EN CADA MOVIMIENTO RESPIRATORIO SE DENOMINA **VOLUMEN RESPIRATORIO EN REPOSO** Y ES DE APROXIMADAMENTE 500 ml. LOS ADULTOS EN REPOSO RESPIRAN DE 12 A 15 VECES POR MINUTO, O SEA UN VOLUMEN TOTAL DE 6 A 18 LITROS POR MINUTO. DURANTE EL EJERCICIO, AL AUMENTAR LA FRECUENCIA Y LA PROFUNDIDAD DE LOS MOVIMIENTOS RESPIRATORIOS SE INCREMENTA EL VOLUMEN HASTA 70 LITROS/MINUTO. EL VOLUMEN DE AIRE QUE PERSISTE EN LOS PULMONES AL FINAL DE UNA ESPIRACION TRANQUILA SE CONOCE COMO **CAPACIDAD RESIDUAL FUNCIONAL (FRC)**; VARIA DESDE APROXIMADAMENTE 1.8 LITROS EN MUJERES JOVENES SANAS HASTA UNOS 3.4 LITROS POR MINUTO EN VARONES DE MEDIANA EDAD.

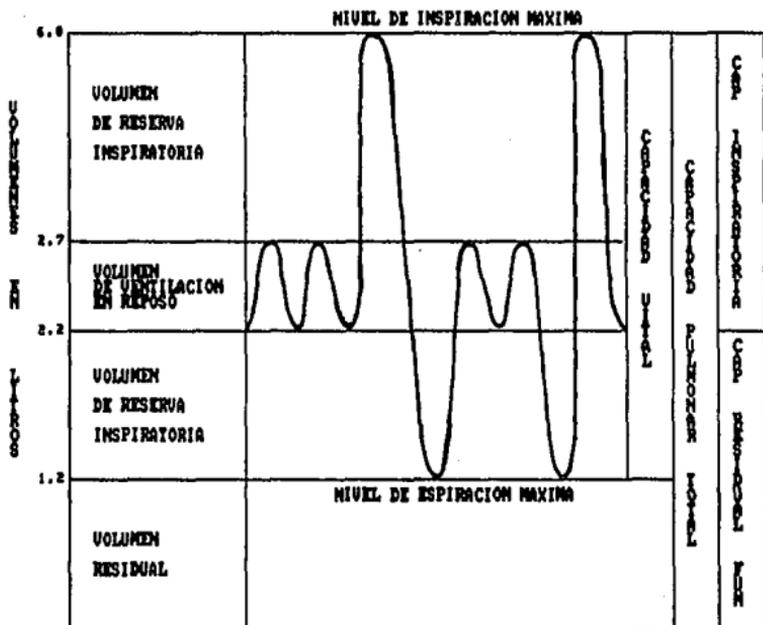
DESPUES DE UNA INSPIRACION MAXIMA DE VOLUMEN MAXIMO DE AIRE QUE PUEDE EXPELERSERSE POR LOS PULMONES MEDIANTE UN ESFUERZO INTENSO SE DENOMINA **CAPACIDAD VITAL** (3.2-3.5 LITROS EN EL ADULTO). INCLUSO DESPUES DE LA ESPIRACION MAS FORZADA, LOS PULMONES TODAVIA CONTIENEN DE 1.0 A 2.4 LITROS DE AIRE, QUE CONSTITUYEN EL **VOLUMEN RESIDUAL**. EL VOLUMEN PULMONAR TOTAL EQUIVALE A LA SUMA DE CAPACIDAD VITAL Y EL VOLUMEN RESIDUAL; VARIA ENTRE 4.2 A 6 LITROS.

EL VOLUMEN DE AIRE QUE PENETRA EN LOS PULMONES EN UN MOMENTO DETERMINADO SE DENOMINA **VOLUMEN DE VENTILACION PULMONAR**. EL VOLUMEN MAXIMO QUE PUEDE INSPIRARSE EN UN TIEMPO DETERMINADO ES EL **VOLUMEN DE VENTILACION MAXIMO**. EN LA PRUEBA ESTANDAR EL INDIVIDUO RESPIRA AIRE LO MAS RAPIDO PROFUNDAMENTE POSIBLE DURANTE 15 SEGUNDOS. EN ADULTOS JOVENES SANOS EL VOLUMEN VARIA ENTRE 82 Y 160 LITROS/MINUTO (GRAFICA No. 7).

EL METODO MAS FRECUENTEMENTE UTILIZADO PARA ESTIMAR CUANTITATIVAMENTE EL

GRAFICA No. 7.

**GRAFICA ESPIROMETRICA
QUE REPRESENTA LAS
CAPACIDADES Y VOLUMENES
RESPIRATORIOS (81)**



ESFUERZO ESPIRATORIO MAXIMO DE UN PACIENTE ESTIBA EN MEDIR EL VOLUMEN DE AIRE ELIMINADO CON UNA ESPIRACION RAPIDA MAXIMA DESPUES DE UNA INSPIRACION COMPLETA. EL VOLUMEN DE AIRE ELIMINADO DURANTE EL PRIMER SEGUNDO DE LA ESPIRACION SE DENOMINA FEV_1 (VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO EN UN SEGUNDO) Y SE EXPRESA COMO PORCENTAJE DEL VOLUMEN TOTAL ELIMINADO, O SEA DE LA CAPACIDAD VITAL FORZADA (FVC) PARA OBTENER EL $FEV_1 \times$. EL FVC ES DE UNOS 4.5 LITROS EN LOS VARONES Y 3.5 LITROS EN LAS MUJERES; DEL 75 AL 80% DE ESTE VOLUMEN DEBE SER EXPELIDO DURANTE EL PRIMER SEGUNDO DE LA ESPIRACION; EL FEV_1 NORMAL ES DE UNOS 3.5 LITROS EN LOS VARONES Y DE 2.6 LITROS EN LAS MUJERES. (29) (31)

LOS CAMBIOS EN LA FUNCION PULMONAR INCLUYEN UN CAMBIO EN EL PATRON DE RESPIRACION ESPONTANEA A UNA MAS RAPIDA Y MAS SUPERFICIAL RESPIRACION; PUEDE CONSIDERARSE LA LIMITACION DE LA PROFUNDIDAD O TAMAÑO DEL RESPIRO MAS PROFUNDO EN UN INDIVIDUO; Y UN INCREMENTO EN LA REACTIVIDAD DEL TRACTO RESPIRATORIO A ESTIMULANTES INHALADOS O IRRITANTES. ESTOS CAMBIOS HAN SIDO MEDIDOS, POR ESPIROMETRIA CLINICA. LOS ESPIROMETROS MIDEN EL VOLUMEN DE AIRE MOVIDO DENTRO Y FUERA DE LOS PULMONES.

LA MEDIDA ESPIROMETRICA MAS COMUNMENTE USADA DE LOS CAMBIOS DE LA FUNCION PULMONAR INDUCIDA POR OZONO ES EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO A 1 SEGUNDO (FEV_1). EN ESTE PROCEDIMIENTO, UN INDIVIDUO HACE EL RESPIRO MAS PROFUNDO POSIBLE Y ENTONCES EXHALA FUERTEMENTE, A LA MAXIMA EXTENSION POSIBLE, EN LA BOQUILLA DEL ESPIROMETRO.

EL VOLUMEN DE AIRE EXPIRADO ES MEDIDO A 1 SEGUNDO DESPUES DE INICIAR LA EXHALACION Y AL FINAL DE LA MAXIMA EXHALACION.

REDUCIENDO LA PROFUNDIDAD DE LA INHALACION MAXIMA DISMINUYE EL VOLUMEN MAXIMO ESPIRADO (CAPACIDAD VITAL FORZADA, FVC). TAMBIEN SE REDUCE FEV_1 DEBIDO A QUE EL FLUJO DE VELOCIDAD DE AIRE EXPIRADO DISMINUYE CONFORME VA DISMINUYENDO EL VOLUMEN. TANTO FEV_1 COMO FVC PROPORCIONAN INFORMACION ACERCA

DEL DAÑO DE LOS FLUJOS DE VELOCIDAD; Y LA RELACION FVC/FIV_1 , BIEN PROPORCIONAN INFORMACION SOBRE EL DAÑO DE LOS FLUJOS DE VELOCIDAD COMO RESULTADO DE LA RESISTENCIA DEL FLUJO INCREMENTADO DE EL AIRE. TAMBIEN EL OZONO INDUCE CAMBIOS EN LOS VOLUMENES DEL PULMON Y EL FLUJO DEL AIRE, ESTE EFECTO PRINCIPAL ES SIEMPRE EN LAS CONCENTRACIONES DE OZONO MAS ALTAS VISTAS EN EL AIRE AMBIENTAL. EL OZONO LIMITA LA CAPACIDAD DE TOMAR UN RESPIRO PROFUNDO.

ES IMPORTANTE CONSIDERAR PRIMERO, SI LA CAPACIDAD PARA TOMAR UN RESPIRO PROFUNDO ESTA SUFICIENTEMENTE DAÑADO, O SI LOS SINTOMAS SON BASTANTE SEVEROS, O SI AMBAS CONDICIONES ESTAN PRESENTES, LAS EXPOSICIONES A OZONO PUEDEN INTERFERIR CON LAS ACTIVIDADES NORMALES. SEGUNDO, LOS SINTOMAS Y LOS CAMBIOS EN LA FUNCION PULMONAR INDUCIDOS POR OZONO PUEDEN SER INDICES DE CAMBIOS MAS SERIOS, NO DETERMINADOS POR TECNICAS, QUE PUEDEN PRESENTARSE EN EL TRACTO RESPIRATORIO A NIVEL CELULAR O TISULAR.

ES IMPORTANTE SABER QUE LA MAGNITUD DE LOS EFECTOS INDUCIDOS EN LA GENTE POR OZONO DEPENDE DE LA SENSIBILIDAD INHERENTE A OZONO, LA CUAL VARIA AMPLIAMENTE ENTRE LOS INDIVIDUOS, Y EN 3 PARAMETROS DE EXPOSICION : CONCENTRACION DE OZONO (C), VOLUMEN DE AIRE RESPIRADO DURANTE LA EXPOSICION (VENTILACION, V_e) Y DURACION DE LA EXPOSICION (T). (29) (31) (40) (41)

6.- RELACIONES DE LA CONCENTRACION-
RESPUESTA DEL PULMON DE
RATAS A LA EXPOSICION DE
CONTAMINANTES SOLOS Y EN
COMBINACION

6.1. UN EXAMEN REALIZADO POR
HABER'S PARA EL OZONO Y
EL DIOXIDO DE NITROGENO

EL DIOXIDO DE NITROGENO JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE EN LA GENERACION DE OZONO Y OTROS CONSTITUYENTES DE MEZCLA FOTOQUIMICA DE LA CONTAMINACION DEL AIRE. EN MUCHOS ASPECTOS, LOS EFECTOS TOXICOS DEL DIOXIDO DE NITROGENO SON SIMILARES AL DEL OZONO, LO QUE SUGIERE EL POTENCIAL DE EFECTOS ADITIVOS EN HUMANOS EXPUESTOS A LAS CONCENTRACIONES EXISTENTES EN CASOS DE SMOG ALERTANTE. (7)

EL OZONO Y EL DIOXIDO DE NITROGENO SON CONOCIDOS POR REACCIONAR QUIMICAMENTE PARA FORMAR VARIOS OXIDOS DE NITROGENO MAS ALTOS, TALES COMO LOS RADICALES NO_2 , N_2O_3 , Y HNO_2 .

LA LEY DE HABER'S, DEFINE QUE EL PRODUCTO DE LA CONCENTRACION (C) Y TIEMPO DE EXPOSICION (T), ES UNA CONSTANTE ($C \times T = K$). PARA LOS EFECTOS BIOLOGICOS OBSERVADOS DE UN TOXICO INHALADO, DEBEN PERMANECER CONSTANTES LAS RESPUESTAS TOXICOLOGICAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES A UN TIEMPO DE EXPOSICION DETERMINADO DE ACUERDO CON DICHA LEY.

THOMAS R. GELZLICHTER Y COLABORADORES EN 1992 PROPUSIERON UN ESTUDIO

DE EXPOSICION DE DICHS GASES CON UNA RESULTANTE DE 14.4 ppm/hr DE O₃ Y 239.2 ppm/hr DE NO₂ EN 4 RANGOS DE EXPOSICION COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE TABLA :

PARAMETROS DE EXPOSICION A GASES INDIVIDUALES

CONTAMINANTE	CONCENTRACION (ppm)	HORAS POR DIA	C x T DIA	DIAS	C x T TOTAL
OZONO	0.2	24	4.8	3	14.4
OZONO	0.4	12	4.8	3	14.4
OZONO	0.6	8	4.8	3	14.4
OZONO	0.8	6	4.8	3	14.4
NO ₂	3.6	24	86.4	3	259.2
NO ₂	7.2	12	86.4	3	259.2
NO ₂	10.8	8	86.4	3	259.2
NO ₂	14.4	6	86.4	3	259.2

ESTAS CONDICIONES FUERON EXPERIMENTADAS EN RATAS JOVENES OBTENIENDO RESULTADOS A PARTIR DE CELULAS EPITELIALES Y LINFOCITOS POLIMORFONUCLEARES EN PULMON. LOS DAÑOS MANIFESTADOS AL EPITELIO BRONCOALVEOLAR Y EDENA PULMONAR SON CARACTERISTICAS TOXICOLOGICAS RESULTADO DE LA EXPOSICION AGUDA A GASES OXIDANTES. RESPUESTA SECUNDARIA INFLAMATORIA SON TAMBIEN EVIDENTES ENTRE UNA O DOS EXPOSICIONES DE OXIDANTE, DEPENDIENDO DE LA CONCENTRACION DE GAS Y/O EL TIEMPO DE EXPOSICION AL MISMO. (7)

EN TODOS LOS CASOS SE MANIFESTO UN INCREMENTO EN LA DETERMINACION DE CELULAS EPITELIALES Y LEUCOCITOS, PRODUCIENDO ASI UNA MINIMA LESION A LA MAS BAJA CONCENTRACION DE GAS, DURANTE LAS PRIMERAS 24 HORAS POR DIA, UTILIZANDO POR SEPARADO CADA GAS. (14)

EN RELACION A LOS LINFOCITOS POLIMORFONUCLEARES SE MANIFESTO UNA MARCADA SELECTIVIDAD DE O_3 POR ESTOS Y EL NO_2 NO PRESENTO DICHA SELECTIVIDAD EN COMPARACION CON O_3 . EN EL MISMO EXPERIMENTO LOS AUTORES SE DIERON A LA TAREA DE COMBINAR AMBOS GASES; EN EL QUE SE OBTUVO UN EFECTO DE SINERGISMO, LO QUE PONE DE MANIFIESTO QUE LA MEZCLA DE ESTOS DOS GASES PROVOCA UNA ELEVADA TOXICIDAD HACIA EL PULMON, O SEA UNA RESPUESTA BIOLOGICA MAYOR.

LOS AUTORES ESPERABAN ENCONTRAR EL MISMO EFECTO TOXICOLOGICO, A LAS EXPOSICIONES TANTO DE GASES SOLOS, ASI COMO EN COMBINACION PARA DICHO PROYECTO, YA QUE DICHA CONSTANTE DE LA LEY DE HABER'S PRESENTA UN PANORAMA DE EL COMPORTAMIENTO QUE ESTOS TIENEN SOBRE LA FUNCION PULMONAR.

DICHO DE OTRA MANERA :

A CONCENTRACIONES BAJAS DE GASES INDIVIDUALES NO CUMPLEN LA LEY DE HABER'S.

A CONCENTRACIONES COMBINADAS DE GASES NO CUMPLE LA LEY DE HABER'S.

SOLO LAS CONCENTRACIONES ELEVADAS DE GASES INDIVIDUALES SI CUMPLEN LA LEY DE HABER'S.

7.- DISCUSION

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA ES UN FENOMENO CUYOS EFECTOS NOCIIVOS AFECTAN DE DIFERENTE MANERA E INTENSIDAD A MULTIPLES ASPECTOS, TALES COMO LA ECONOMIA, SECTOR SALUD, EL DESARROLLO INDUSTRIAL, LA COMODIDAD, ETC. SIN EMBARGO, PARA NOSOTROS RESULTA DE PARTICULAR INTERES CONOCER SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA.

LOS ESTUDIOS TOXICOLOGICOS CONSIDERADOS A NIVEL INTERNACIONAL NOS INDICARON QUE LA COMBINACION DE DOS O MAS CONTAMINANTES PRESENTAN REACCIONES DIFERENTES A LAS QUE SE HUBIERAN ESPERADO DE LA EXPOSICION A UN SOLO GAS, TRAYENDO CONSIGO UN AUMENTO EN SU EFECTO, LO CUAL ES INDICATIVO DE UNA ALTERACION SOBRE LA FUNCION PULMONAR.

AHORA BIEN, CONSIDERANDO QUE EL OZONO PRESENTA DETERMINADOS EFECTOS SOBRE LOS CUERPOS LAMELARES, EN LOS QUE AL SER EXPUESTOS A ESTE GAS, SUFREN UNA ALTERACION EN UNA DE SUS FUNCIONES SIENDO ESTA LA DE NO PERMITIR LLEVAR A CABO LA SINTESIS Y LIBERACION DEL AGENTE SURFACTANTE, QUE ES DE VITAL IMPORTANCIA SOBRE LOS ALVEOLOS PULMONARES.

EL GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MEXICO HA IMPLEMENTADO REGLAMENTACIONES PARA PODER DISMINUIR LAS EMISIONES CONTAMINANTES BASANDOSE EN EL ASPECTO SANITARIO, ASI COMO DE UNA EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES SOBRE LOS ECOSISTEMAS, DE LA EVALUACION DE SUS CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS, TENDENCIAS EN EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE COMBUSTIBLES, CARACTERISTICAS DE LOS CARBURANTES Y EL CONJUNTO VEHICULAR, ETC. ESTABLECIENDOSE UN

ESTANDAR DE CALIDAD QUE CONSTITUTE LA META A LOGRAR, LA INCORPORACION DE :

CONVERTIDORES CATALITICOS A PARTIR DE LOS MODELOS DE 1991, ASI COMO EL PROGRAMA DEL 'HOY NO CIRCULA' Y LA VERIFICACION DE VEHICULOS AUTOMOTORES SEMESTRALMENTE.

B.- CONCLUSIONES

PARA EL ESTUDIO DE LOS CONTAMINANTES ES NECESARIO PRESTAR ATENCION A CADA GAS, EN NUESTRO CASO PARTICULARIZAMOS SOBRE EL OZONO TOMANDO EN CUENTA LOS FACTORES SOBRE LOS CUALES ACTUA EN FORMA PROPORCIONAL A SU INTENSIDAD, TIEMPO DE EXPOSICION, SENSIBILIDAD SOBRE DETERMINADOS ORGANOS Y SU GRAN TOXICIDAD.

LA CONSECUENCIA DE DICHOS EFECTOS ANALIZADOS EN ESTE ESTUDIO FUE EL DE TOMAR CONCIENCIA DE LA IMPORTANCIA FUNDAMENTAL QUE ESTE TIENE, ASI COMO ALERTAR A LA POBLACION DE CUAN IMPORTANTE ES CONOCER LOS EFECTOS QUE CAUSA ESTE GAS CONTAMINANTE, ADVIRTIENDO QUE EN LA ATMOSFERA NO ES EL UNICO, SINO QUE SE ENCUENTRA CON MUCHOS MAS GASES TOXICOS, LO CUAL INCREMENTA DE MANERA SIGNIFICATIVA SUS EFECTOS TOXICOS.

AHORA BIEN, CONCLUIMOS QUE EL OZONO CAUSA DAÑOS MUY SEVEROS A NIVEL DE ALVEOLOS PULMONARES Y MAS AUN SI ESTA EN COMBINACION CON OTROS GASES.

9.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- SEDESOL. REPORTE ANUAL SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MEXICO. 1992. p.c. 1-23.
- 2.- DR. RER. NAT. NELSON BARRANCO P. PHARMA NEWS. VOL. 3. No. 3. MARZO 1992. p.c. 23-29.
- 3.- SEDESOL. BOLETIN INFORMATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE. OCTUBRE 1986 - APRIL 1992.
- 4.- R. S. OOSTING, M. H. J. VAN GREEVENBROEK, J. VERHOEF. STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES OF SURFACTANT PROTEIN A PROTEIN A INDUCED BY OZONE. AM. JOURNAL. PHYSIOL. 1 77 - 83. 1991.
- 5.- NATCHMAN. SURFACE-TENSION MEASUREMENTS OF PULMONARY LAVAGE FROM OZONE-EXPOSED RATS. JOURNAL OF TOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL HEALTH. VOL. 19. No. 1. p.c. 127-136. 1986.
- 6.- BALIS, PATERSON, LUNDH, MONTGOMERY. OZONE STRESS INITIATES ACUTE PERTURBATIONS OF SECRETED SURFACTANT MEMBRANES. AMERICAN JOURNAL OF PATHOLOGY, VOL. 138. No. 4. APRIL 1991.

- 7.- WILLIAM, KATERINE, EDWARD. EFFECTS OF NO_2 ALONE AND COMBINATION WITH O_3 ON YOUNG MEN AND WOMEN. JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY, VOL. 62. No. 4. p.c. 1698 - 1703. 1987.
- 8.- JUN KAGAH. EXPOSURE-EFFECT RELATIONSHIP OF SELECTED PULMONARY FUNCTION MEASUREMENTS IN SUBJECTS EXPOSED TO OZONE. INTERNATIONAL ARCHIVES OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL
- 9.- MILAN J. HAZUCHA. RELATIONSHIP BETWEEN OZONE EXPOSURE AND PULMONARY FUNCTION CHANGES. J. APPL. PHYSIOL. VOL. 62. No. 4. 1987. p.c. 1671-1686.
- 10.- OOSTING, R. S., J. F. VAN INAARDEN. EXPOSURE OF SURFACTANT. PROTEIN A TO OZONE IN VITRO AND IN VIVO IMPAIRS ITS INTERACTIONS WITH ALVEOLAR CELLS. AM. J. PHYSIOL. 262: L 63 - L 68. 1992.
- 11.- L. CHANG, F. J. MILLER. ALVEOLAR EPITHELIAL CELL INJURIES BY SUBCHRONIC EXPOSURE TO LOW CONCENTRATIONS OF OZONE CORRELATE WITH ACCUMULATIVE EXPOSURE. TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY. 109. p.c. 219 - 234. 1991.
- 12.- KENNETH B. GROSS. THE EFFECTS OF OZONE INHALATION ON METABOLIC FUNCTIONING OF VASCULAR ENDOTHELIUM AND ON VENTILATORY FUNCTION. TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY 109, 336 - 351. 1991.

- 13.- IRFAN-UR. RAT LUNG ANTIOXIDANT ENZYME INDUCTION BY OZONE. AM. J. PHYSIOL. 260: L 412 - 418. 1991.
- 14.- THOMAS R. GELZLEICHTER. CONCENTRATION-RESPONSE RELATION SHIPS OF RAT LUNG TO EXPOSURE TO OXIDANT AIR POLLUTANTS: A CRITICAL TEST OF HABER'S LAW FOR OZONE AND NITROGEN DIOXIDE. TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY. 112, p.g. 73 - 80. 1992.
- 15.- MICHAEL V. PING. PULMONARY INFLAMMATION AND EPITHELIAL INJURY IN RESPONSE TO ACUTE OZONE EXPOSURE IN THE RAT. TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY 112: 64 - 72. 1992.
- 16.- SHERI ZIDENBERG-CHERR. INFLUENCE OF DIETARY INDUCED COOPER AND MANGANESE DEFICIENCY ON OZONE-INDUCE CHANGES IN LUNG AND LIVER ANTIOXIDANT SYSTEMS. TOXICOLOGY LETTERS, 57 (1991). p.o. 81 - 90.
- 17.- GERRIETS. SINERGISTIC EFFECTS ON RAT LUNG OF MIXTURES OF OXIDANT AIR POLLUTANTS AND RESPIRABLE AEROSOLS. AMERICAN REVIEW OF RESPIRATORY DISEASE. VOL. 120. No. 3 p.o. 539 - 544.
- 18.- LEBOWITZ. RESPIRATORY EFFECTS ON POPULATIONS FROM LOW-LEVEL EXPOSURES TO OZONE. PROCEEDINGS OF THE 76th ANNUAL MEETING OF THE AIR POLLUTION CONTROL ASSOCIATION, VOL. 1. p.o. 1 - 8.
- 19.- HUNEVEY. INORGANIC CHEMISTRY. EDITORIAL HARLA, 1981. p.o. 244 - 246, 843 - 844.

- 20.- **DICCIONARIO DE QUIMICA Y DE PRODUCTOS QUIMICOS.**
EDICIONES OMEGA, S. A. REIMPRESION 1988. p.c. 644.
- 21.- **DR. WILLIAM F. GAMONG. FISIOLOGIA MEDICA.** EDITORIAL EL
MANUAL MODERNO. 9a. EDICION. MEXICO, D. F. 1984.
p.c. 534 - 542.
- 22.- **DR. THOMAS S. LESSON. HISTOLOGIA.** EDITORIAL INTERAMERICANA.
4a. EDICION. MEXICO, D. F. 1984. p.c. 402 - 410.
- 23.- **ENCICLOPEDIA DE LA TECNICA. CONTAMINACION DEL MEDIO
AMBIENTE,** EDICIONES NAUTA, S. A. BARCELONA. 1988.
p.c. 111 - 120.
- 24.- **SELECCIONES DE READER'S DIGEST. LOS PORQUES DEL CUERPO
DEL CUERPO HUMANO. CAPITULO 5.** 1986. p.c. 112 - 129.
- 25.- **SELECCIONES DE READER'S DIGEST. 2001 PREGUNTAS Y PREGUNTAS
MEDICAS. EL APARATO RESPIRATORIO.** 1989. p.c. 159 - 186.
- 26.- **REPORTE ANUAL SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA
CIUDAD DE MEXICO.** 1992. p.c. 1 - 23.
- 27.- **MARIANO S. H. DI FIORE. ATLAS DE HISTOLOGIA NORMAL.**
EDITORIAL. EL ATENEO. 6a. EDICION. 1978.
p.c. 136 - 143.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 28.- GOODMAN GILMAN. LAS BASES FISIOLÓGICAS DE LA
TERAPÉUTICA. 6a. EDICION. EDITORIAL INTERAMERICANA. 1981.
p.c. 1594 -1610.
- 29.- BEST TAYLOR. BASES FISIOLÓGICAS DE LA PRÁCTICA
MÉDICA. 11a. EDICION. EDITORIAL PANAMERICANA. 1990.
p.c. 645 - 724.
- 30.- KENNETH W. WHITTEN, KENNETH D. GAILEY. QUÍMICA GENERAL.
EDITORIAL. Mc. GRAW-HILL. MEXICO 1989. p. c. 154, 614.
- 31.- W. C. BOWMAN, M. J. RAND. FARMACOLOGÍA. BASES
BIOQUÍMICAS Y PATOLÓGICAS. EDITORIAL INTERAMERICANA.
2a. EDICION. MEXICO, D. F. 1985. CAPITULO 24.
- 32.- DR. ARMANDO P. BAEZ. EL NACIONAL. 9 DE
NOVIEMBRE. 1993.
- 33.- ANEXO 1 MEMORIA DE UN CALCULO PROGRAMA INTEGRAL DE LUCHA
CONTRA LA CONTAMINACION EN LA ZMCH. INSTITUTO MEXICANO
DE PETRÓLEO. 1989.
- 34.- GRANA GARCIA, R: A:, EVALUACION DEL GRADO DE CONTAMINACION
ATMOSFERICA EN LA ZONA DE LA E. M. C. B. RESPECTO A
LA CANTIDAD TOTAL DE PARTICULAS SUSPENDIDAS Y DETERMINACION
DE ALGUNOS METALES. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOQUÍMICAS.
I. P. N. p.c. 2 - 5.

- 35.- CICERO F. P. SISTEMAS DE EVALUACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CIUDAD DE MEXICO. (1986) p.c. 3 - 10.
- 36.- SEDUE, SHCP, SARH, SS, D. F., PEHEX, IMP PROGRAMA INTEGRAL CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA UN COMPROMISO COMUN. CIUDAD DE MEXICO. (1991). p.c. 24 - 26.
- 37.- BRAVO. A. H., LA CONTAMINACION DEL AIRE EN MEXICO. EDITORIAL UNIVERSO VEINTIUNO. MEXICO 1987. p.c. 4.
- 38.- SEDUE, PROBLEMÁTICA AMBIENTAL. 1989.
- 39.- SEDUE, DIARIO OFICIAL. VIERNES 25 DE NOVIEMBRE DE 1988.
- 40.- BEVERLY E. TILTON. HEALTH EFFECTS OF TROPOSPHERIC OZONE. ENVIRON. SCI. TECHNOL., VOL. 23, No. 3. 1989. p.c. 257 - 262.
- 41.- KULLE. T. T. ET AL., AMER. REV. RESPIR. DIS. 1985. p.c. 132, 32 - 41.
- 42.- SEDESOL. BOLETIN INFORMATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE. SEPTIEMBRE DE 1992.
- 43.- SEDESOL. BOLETIN INFORMATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE. OCTUBRE DE 1992.
- 44.- JUAN A. DEL GIORGIO. CONTAMINACION ATMOSFERICA. ED. ALHAMBRA. 1977. p.c. 28 - 46.