

14



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"ANALISIS ELEMENTAL DE PARTICULAS
ATMOSFERICAS EN LA ZONA DE CUAUTITLAN
IZCALLI, MEDIANTE ACTIVACION NEUTRONICA".**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A :
JOSE LUIS CORTES DOMINGUEZ**

ASESORA: M. en C. ELIZABETH TORIZ GARCIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

2001 JUN 05 10:00 AM



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Análisis elemental de partículas atmosféricas en la zona de
Cuautitlán Izcalli, mediante Activación Neutrónica".

que presenta el pasante: José Luis Cortés Domínguez
con número de cuenta: 90469745 para obtener el TITULO de:
Químico Farmacéutico Biólogo

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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 05 de Junio del 2001

- PRESIDENTE Q.F.B. Fr. del Pilar Ramos Ramos
- VOCAL M. en C. Elizabeth Toriz García
- SECRETARIO M. en C. Enrique Angeles Arzuano
- PRIMER SUPLENTE Q.F.B. Delia Reyes Jacarillo
- SEGUNDO SUPLENTE Q.F.B. Elío Granados Enriquez

ESTE TRABAJO DE TESIS SE LLEVO A CABO EN EL LABORATORIO DE QUIMICA DE INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES (ININ), BAJO LA DIRECCION DEL DOCTOR JOSE LUIS ITURBE GARCIA, QUIMICA IRMA GARCIA (INVESTIGADORES DEL ININ) Y MAESTRA EN CIENCIAS ELIZABETH TORIZ GARCIA, ING. JAVIER SORIANO (TITULARES DE LA CATEDRA "DESARROLLO SUSTENTABLE" PERTENECIENTE A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN UNAM)

DEDICATORIAS

A DIOS

GRACIAS A LA FE CON LA QUE PODEMOS CONSEGUIR CUALQUIER SUEÑO.

A MIS PADRES

JULIO, POR SER EL PILAR DE LA FAMILIA Y SOBRE TODO POR SABER FORMAR Y LLEVAR UNA FAMILIA CON TOLERANCIA Y AMOR. TU ENSEÑANZA RIGE AHORA MI VIDA.

LUPITA, GRACIAS POR TODO EL AMOR QUE ME HAS DADO Y SOBRE TODO POR TENERME EN TU CORAZON. TE DEBO LA VIDA Y CON ESO TE DIGO TODO.

A MIS HERMANOS

LAURA, DAVID, SILVIA, RUBEN, ARTURO Y MARY. LOS MOMENTOS DULCES Y AMARGOS QUE HEMOS PASADO JUNTOS LOS LLEVO EN MI CORAZON COMO A CADA UNO DE USTEDES.

A TODOS MIS SOBRINOS

DAMIAN, LAURA, BELEN, JOSAFAT, ELI, DAVID, MONSE, MONI, JUAN CARLOS, JONATHAN, ABI, SAMUELITO, ALFONSO Y MARIA FERNANDA. TODOS USTEDES HAN MANTENIDO VIVO EN MI AL NIÑO, GRACIAS POR JUGAR CONMIGO.

A MIS CUÑADOS

DAMIAN, CELIA, MONICA, SAMUEL Y FREDY. GRACIAS POR AYUDARME Y SOBRE TODO POR SER PARTE FUNDAMENTAL DE LA FELICIDAD DE MIS HERMANOS.

A LA FAMILIA GOMEZ MAQUEDA

MIS SUEGROS: TAURINO Y CARMEN.; MIS CUÑADOS: OLGA, GUILLERMO Y SILVIA; Y A LA TIA GISELA. GRACIAS POR ACEPTARME EN SU ESPACIO Y SOBRE TODO POR APOYAR Y QUERER MUCHO A MI KARLITA.

A JOSE LUIS Y MIREYA. GRACIAS POR LA AYUDA Y ATENCION QUE HE RECIBIDO DE USTEDES. NOS UNE LA FAMILIA QUE TENEMOS EN COMUN.

..A. TODA MI FAMILIA. LOS QUIERO MUCHO.

CON DEDICACION PARA...

A TODOS LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ININ CON LOS QUE PASE INVOLVIDABLES MOMENTOS.

GRACIELA, CARLOS, DAVID, y VERONICA . GRACIAS POR SU AMISTAD INCONDICIONAL, CONVIVIR CON USTEDES EN EL CUBICULO FUE ALGO MUY ESPECIAL.

A TODOS LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA FESC EN ESPECIAL A LA GENERACION 17 DE Q.F.B.

DANIEL, FERNANDO, MARCELINO, RAUL, ISRAEL, GERARDO Y JORGE. EN ESPECIAL A USTEDES QUERIDOS AMIGOS.

A LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA E.S.T.I.C. No. 73 "LIC. JUAN FERNANDEZ ALBARRAN"

ALFREDO, DANIEL, ISMAEL, CLAUDIA, MOISES, FLAVIO, MARCIANO, PATY, FELIX, RODRIGO, YOLANDA ESPINOZA, JUANITA, TERE, SOFI Y DOÑA BASI.
A TODOS USTEDES GRACIAS POR SUS CONSEJOS Y SU AMISTAD QUE ME HAN AYUDADO A SER MEJOR EN MI TRABAJO.

A TODOS MIS ALUMNOS QUE LES HE IMPARTIDO CLASES. GRACIAS POR PERMITIRME SER PARTE DE SU FORMACION COMO PERSONAS.

A LAS INSTITUCIONES PARA LAS QUE HE TRABAJADO: E.S.T.I.C. No. 73, COLEGIO MARK TWAIN Y CONALEP. SON PARTE FUNDAMENTAL DE MI DESARROLLO PROFESIONAL Y PERSONAL.

A MI AMIGA MARCELA, GRACIAS POR TU LINDA AMISTAD.

GRACIAS POR TODO.

ESTE TRABAJO LO DEDICO MUY ESPECIALMENTE A MIS DOS MUJERES, USTEDES ME HAN ENSEÑADO HA SER FELIZ PORQUE LES HE COMPARTIDO MI CORAZON COMO USTEDES EL SUYO.

A MI ESPOSA LETICIA

LA VIDA DE UNA PERSONA CAMBIA Y SOBRE TODO CUANDO SE LOGRA COMPARTIR EL AMOR Y LA AMISTAD, TU Y YO HEMOS LOGRADO UNIR LOS CORAZONES Y, CON ELLO DARLE UN GIRO MUY HERMOSO A NUESTRAS VIDAS. HOY COMPARTIMOS MUCHAS COSAS PERO SOBRE TODO LA FAMILIA QUE HEMOS FORMADO BAJO EL COBIJO DE NUESTRO AMOR.

GRACIAS LETY

POR TODO TU AMOR.

A MI HIJA KARLITA

TU PRESENCIA HA REPRESENTADO LA MAS DULCES DE LAS EXPERIENCIAS, LA VERDAD EL SER PAPA ES ALGO MARAVILLOSO. CADA DIA QUE PASA TE VEO CRECER; JUEGAS, RIES Y LLORAS, TE VEO FELIZ Y ESO ME HACE FELIZ TAMBIEN. QUIERO QUE SEPAS QUE ME HAS AYUDADO MUCHO Y DESDE AHORA TE DIGO; SIEMPRE ESTARE CONTIGO.

ME IMPORTAS MUCHO.

LAS AMO, PORQUE SON MI VIDA MISMA.

EN EL CAMINO DE LA VIDA

EL VIVIR DE CADA DIA PARECE A VECES DIFICIL
EL NO ENCONTRAR LA SOLUCION A TUS PROBLEMAS
O EL HUNDIRTE POR MOMENTOS EN TU SOLEDAD,
TODO PARECE AGOBIARTE Y NO DEJARTE ESCALAR.
AFORTUNADAMENTE SIEMPRE EXISTE UN MOMENTO DE CALMA
EN EL QUE PERCIBES LA LUZ EN LA OSCURIDAD,
ESA LUZ QUE REFLEJA LA VERDAD EN TU SER
ESA LUZ QUE REPRESENTA TUS SENTIMIENTOS,
TUS RECUERDOS FELICES Y EL APRENDIZAJE DE TUS CAIDAS.
ESE MOMENTO EN QUE LOGRAS PERCIBIR LA LUZ
NO LO DEJES ESCAPAR, SIENTE COMO TE ILUMINAS POR DENTRO,
DEJA HABLAR A TU CORAZON Y DEJA SALIR AL DOLOR
ESCUCHA LOS CONSEJOS DE TU EXPERIENCIA
Y EMPRENDERLOS CADA DIA SIN PERDER LA PACIENCIA.
POCO A POCO VE CONSTRUYENDO TU DESTINO
Y NO TE ESPANTES DE LOS OBSTACULOS AL CAMINAR
QUE LA CONFIANZA UNIDA AL AMOR SIEMPRE TE GUIARAN.
NO CAMINES EN LA SOLEDAD, PERO , TAMPOCO DEPENDAS DE LOS DEMAS
LA AMISTAD TE HA DE ACOMPAÑAR LO SUFICIENTE NADA MAS
AUNQUE ALEJE SU CAMINO DEL TUYO, NO TEMAS

SIEMPRE A TI REGRESARA.

SOLO RECUERDA QUE EN TU DIARIO PEREGRINAR

HAY UNA LUZ QUE ES TU GUIA DESDE ARRIBA

ESA LUZ QUE ACOMPAÑA A TU ALMA Y LLENA TU CORAZON

ESA LUZ QUE SOLO TU PUEDES TENER, ESA LUZ LLENA DE AMOR ES... DIOS.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| OBJETIVOS..... | 3 |
| CAPITULO I..... | 5 |
| 1. GENERALIDADES..... | 5 |
| 1.1 CONTAMINACION ATMOSFERICA..... | 5 |
| 1.2 LA ATMOSFERA..... | 6 |
| 1.2.1 CAPAS DE LA ATMOSFERA..... | 6 |
| 1.2.2 COMPONENTES NATURALES DEL AIRE..... | 8 |
| 1.3 PRINCIPALES CONTAMINANTES..... | 9 |
| 1.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA..... | 12 |
| 1.4.1 EFECTOS DIRECTOS..... | 13 |
| 1.4.2 EFECTOS INDIRECTOS O GLOBALES..... | 15 |
| 1.5. ELEMENTOS TRAZA EN LA ATMOSFERA..... | 17 |
| 1.5.1. EFECTOS TOXICOS DE ALGUNOS ELEMENTOS..... | 17 |
| 1.5.2 ESTUDIOS SOBRE ELEMENTOS TRAZA EN MEXICO..... | 19 |
| 1.6 ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO (ZMVM)..... | 20 |
| 1.6.1. UBICACION DE LA ZMVM..... | 20 |
| 1.6.2. DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZMVM..... | 21 |
| 1.7. MUNICIPIO DE CUAUTITLAN IZCALLI..... | 22 |
| 1.7.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES..... | 22 |
| 1.7.2. SITUACION AMBIENTAL..... | 23 |
| 1.8. ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA (AAN)..... | 25 |
| 1.8.1. PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS..... | 26 |
| 1.8.2. DEFINICIONES DE ALGUNOS PARAMETROS EN EL ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA..... | 27 |
| 1.8.3. METODOS PARA MEDIR LA RADIACTIVIDAD..... | 29 |
| 1.8.4. VARIEDADES DEL AAN..... | 30 |
| 1.8.5. ESPECTROSCOPIA GAMMA..... | 32 |
| 1.8.6. DETECTOR DE GERMANIO HIPERPURO..... | 34 |
| 1.8.7. EL REACTOR NUCLEAR TRIGA MARK III DEL CENTRO NUCLEAR DE MEXICO..... | 37 |
| CAPITULO II..... | 38 |
| 2. PARTE EXPERIMENTAL..... | 38 |
| 2.1. DIAGRAMA DE FLUJO..... | 38 |
| 2.2. REACTIVOS Y MATERIALES..... | 39 |
| 2.2.1. REACTIVOS..... | 39 |
| 2.2.2. MATERIALES..... | 39 |
| 2.2.3. EQUIPO..... | 40 |
| 2.3. TOMA DE MUESTRAS..... | 40 |
| 2.4. ANALISIS DE MUESTRAS POR ACTIVACION NEUTRONICA..... | 42 |
| CAPITULO III..... | 48 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSION..... | 48 |
| 3.1. SODIO Y CLORO..... | 50 |
| 3.2. VANADIO, BROMO Y MANGANESO..... | 54 |
| 3.3. COBRE, CROMO Y ZINC..... | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4. COMPARACION DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS REALIZADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO..... | 63 |
| 3.5. PARTICULAS TOTALES..... | 64 |
| 3.6. PATRONES..... | 64 |
| CAPITULO IV..... | 66 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 66 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 68 |

OBJETIVOS.

1. Establecer las condiciones experimentales adecuadas para el análisis de las muestras, mediante Activación Neutrónica
2. Determinar cualitativa y cuantitativamente algunos elementos presentes en partículas atmosféricas
3. Observar la tendencia en la concentración de los elementos hallados en cada semana y mes de monitoreo.

RESUMEN.

La composición elemental de partículas atmosféricas ha tomado importancia desde hace ya algunos años, sobre todo en las zonas urbanas que es donde se presenta la emisión de contaminantes más importante.

El interés de estos estudios radica en conocer la composición de partículas suspendidas ya que la mayoría de los elementos traza son peligrosos, sobre todo en los efectos crónicos en la salud de la población, además de que pueden alterar la vida vegetal y animal por su persistencia en la atmósfera, litosfera y la hidrosfera

En este trabajo se determinaron algunos elementos presentes en partículas atmosféricas mediante el análisis por Activación Neutrónica. Se encontró entre otros elementos, la presencia del manganeso y el bromo originados por la combustión de la gasolina y el diesel, y algunos metales pesados como el cobre, cromo y zinc.

La zona de estudio fue el Municipio de Cuautitlán Izcalli, el cual actualmente presenta un rápido crecimiento, tanto industrial, comercial y demográfico. Por lo tanto, es importante determinar datos más puntuales de la composición del aire para conocer el impacto en el ambiente que se puede dar en el Municipio.

CAPITULO

I

CAPITULO I

1. GENERALIDADES.

1.1 CONTAMINACION ATMOSFERICA.

El desarrollo sustentable del ambiente, en todas sus formas, es algo más que un concepto relacionado con la protección de los frágiles ecosistemas de la tierra. En el caso de las personas es una condición para una mejor salud ⁽¹⁾

El aire es un recurso vital del hombre, no podemos vivir sin respirar, sin embargo, estamos cambiando la calidad del aire al utilizarlo como medio para arrojar los desechos de la combustión ⁽¹⁾ Estos desechos ya sean gases o partículas degradan la capa aérea, sobre todo en las zonas urbanas que es donde se acentúa más el problema de la contaminación ^(4,5)

La calidad del aire es un elemento esencial para la salud y el bienestar humano y de los ecosistemas. Diversos fenómenos naturales, tales como el vulcanismo y los incendios forestales o la erosión ocasionada por el viento, alteran dicha calidad al introducir un variado número de contaminantes. Pero la dimensión de esta contribución a la contaminación severa del aire que caracteriza sobre todo, a las áreas urbanas altamente industrializadas y con una gran densidad vehicular, es menor si se compara con la contribución de las actividades humanas, ya sean domésticas, industriales, agrícolas o de otra índole. El gran desarrollo industrial en las zonas urbanas en los últimos 50 años y la falta de impulsos al campo han provocado migraciones masivas a las grandes ciudades, y como consecuencia la ocupación desordenada del suelo y una gran demanda de servicios, como agua, transporte, y de energía, lo que a su vez genera múltiples desequilibrios de carácter económico, urbano, energético, social y ambiental ⁽²⁾

1.2 LA ATMOSFERA.

La atmósfera es el resultado de los cambios geológicos que se gestaron en la evolución de nuestro planeta como parte del sistema solar planetario y de la acción continua de los seres vivos. A pesar de que la composición de la atmósfera es más o menos estable, está siempre en equilibrio dinámico debido a la acción de los organismos autótrofos y heterótrofos así como los diversos fenómenos geoquímicos. ⁽⁶⁾

1.2.1 CAPAS DE LA ATMOSFERA.

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea la tierra mientras que el aire es una porción limitada de ella

La atmósfera terrestre tiene una altura de unos 200 Km La densidad de los gases descende a mayor altitud y la temperatura también se ve afectada conforme a ésta, lo que permite separar arbitrariamente a la atmósfera en capas para su estudio. Estas capas se muestran en la figura 1.1.

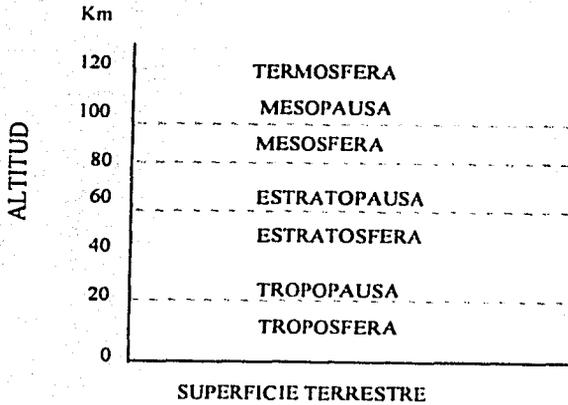


Figura 1.1 Capas de la atmósfera.

1. **TROPOSFERA.** Es la capa más importante para los seres vivos y constituye el aire que respiramos. Ahí se observan los fenómenos meteorológicos que determinan el clima y la formación de los vientos, por lo cual, una masa determinada de aire puede dar la vuelta a la tierra en unos pocos días. La temperatura desciende aproximadamente 1°C por cada 100 metros de altura hasta mantenerse constante en la altitud de la tropopausa.
2. **ESTRATOSFERA.** Es semejante a la troposfera, en ella hay poco vapor de agua y el gradiente de la temperatura es inverso, ya que la temperatura aumenta entre 10 y 20 °C en 60 kilómetros de altura. Este incremento se debe a que el ozono absorbe las radiaciones ultravioletas e infrarrojas que provienen del sol. Una de las principales funciones de la estratosfera es que actúa como filtro de estas radiaciones.

3. MESOSFERA. Disminuye el ozono y la temperatura también al aumentar la altura hasta llegar a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
4. TERMOSFERA O IONOSFERA. Es la capa de la atmósfera más alejada de la tierra que se conoce. En ella la temperatura aumenta con la altura y a los 200 kilómetros sobrepasa los $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto se debe a la absorción de la radiación solar ultravioleta por el oxígeno molecular y por el nitrógeno. En ella el aire está ionizado por la incidencia de la radiación solar ^(6,7)

1.2.2 COMPONENTES NATURALES DEL AIRE.

El aire atmosférico es una mezcla de gases que, al parecer, ha evolucionado durante varios miles de millones de años hasta llegar a la composición actual. Sus componentes naturales son nitrógeno, oxígeno y algunos gases inertes o nobles. Otros componentes como el dióxido de carbono y el vapor de agua son variables, según el lugar y el tiempo (tabla 1.1) ⁽⁷⁾

| COMPONENTE | VOLUMEN % | PESO % |
|--|-----------|----------|
| Nitrógeno (N ₂) | 78.03 | 75.58 |
| Oxígeno (O ₂) | 20.99 | 23.08 |
| Argón (Ar) | 0.94 | 1.28 |
| Dióxido de Carbono (CO ₂) | 0.035 | 0.053 |
| Neón (Ne) | 0.0024 | 0.0017 |
| Otros gases | 0.0024 | 0.0017 |
| Hidrógeno (H ₂) | 0.00005 | 0.000004 |

TABLA 1.1 COMPONENTES NATURALES DEL AIRE.

1.3 PRINCIPALES CONTAMINANTES.

En los estudios hechos sobre el ambiente los términos Contaminación Atmosférica y Contaminación del Aire se usan por igual, ya que éste último es parte de la atmósfera ⁽¹⁾

Contaminación del aire es la presencia de sustancias en la atmósfera que producen un cambio no deseado en sus características físicas, químicas o biológicas, afectando así al uso y disfrute de sus bienes. Contaminante será toda materia o sustancia, sus combinaciones o derivados químicos y biológicos que al incorporarse al ambiente puedan alterar su estado natural.

Los contaminantes atmosféricos se pueden clasificar según su origen (naturales ó antropogénicos), su formación (primarios ó secundarios), su estado físico (gas, líquido o sólido) o sus propiedades químicas (oxidantes, hidrocarburos, compuestos radiactivos, etc.).

Las actividades industriales, el uso de automóviles y otros medios de transporte, los diferentes procesos de manufactura y la combustión de la basura producen gases, humo y partículas. Cuando estos productos se liberan al aire no desaparecen sino que en realidad, producen una grave contaminación, ya que, se mezclan con la atmósfera, pueden integrarse a ella en forma semipermanente. Los problemas de la contaminación atmosférica se originan cuando estos contaminantes se acumulan en determinadas zonas geográficas

Los gases y partículas producidos por fuentes fijas y móviles que son liberados a la atmósfera, se conocen como contaminantes primarios del aire. Es conveniente recordar que algunos de estos compuestos son producidos también en cantidades apreciables por fuentes naturales y biológicas, entre ellas las volcánicas

Por otra parte, los contaminantes producidos por el hombre se concentran por lo general en zonas geográficas con poca extensión, como son por ejemplo las ciudades o zonas industriales. Por lo tanto, los problemas de contaminación asociados con los contaminantes, no surgen como resultado de la magnitud de la emisión realizada por el hombre, sino porque esta emisión se concentra en regiones en donde la gente vive y trabaja, más específicamente, en las ciudades industrializadas

De la variedad de contaminantes que contiene el aire urbano e industrial, los que destacan por su abundancia o por sus efectos adversos a la salud humana y al medio ambiente son los que se presentan en la tabla 1 2.¹⁷⁾

| COMPUESTO | FORMACION | ESTADO FISICO A TEMPERATURA AMBIENTE | FUENTES ANTROPOGENICAS MAS IMPORTANTES |
|------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| CO | Primaria | Gas | Combustión incompleta |
| CO ₂ | Primaria | Gas | Combustión completa |
| SO ₂ | Primaria | Gas | Combustibles fósiles con azufre |
| SO ₃ | Secundaria | Líquido | Oxidación de SO ₂ |
| H ₂ S | Primaria | Gas | Industria del papel y metalurgia |
| NO | Primaria | Gas | Combustión a alta temperatura |
| NO ₂ | Secundaria | Gas | Oxidación de NO |
| HCS | Primaria | Depende de su peso molecular | Industria del petróleo |
| O ₃ | Secundaria | Gas | Reacciones complejas en la atmósfera |
| PAN | Secundaria | Compuestos orgánicos complejos | Reacciones complejas en la atmósfera |
| PARTICULAS | Primaria y Secundaria | Sólido | Combustión e industria cementera |
| PLOMO | Primaria | Sólido | Gasolina, pinturas y esmaltes |

TABLA 1 2 CONTAMINANTES EN LA ATMOSFERA MAS IMPORTANTES

Además de los contaminantes mencionados en la tabla 1.2, existen en la atmósfera cantidades importantes de elementos traza tóxicos como el Hg, Cd, Pb, Se, As, Sb, Ag, Cu, Be, Cr, Zn, V y Fe, los cuales se asocian con los demás contaminantes del aire de un amplio origen antropogénico. Una vez en la atmósfera los contaminantes pueden llevar a cabo reacciones físicas y químicas que generan contaminantes secundarios como el ozono. Todos los gases y partículas liberados continuamente a la atmósfera, ya sea en forma directa o que se formen en reacciones posteriores, provocan un envenenamiento irreversible de nuestras áreas de tierra para la agricultura, agua potable y océanos, además del aire que respiramos, y por si fuera poco los contaminantes en la atmósfera desempeñan un papel importante en el tiempo meteorológico, en el clima y destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. Constituyéndose así la contaminación como un problema mundial ⁽⁶⁾

El grupo de contaminantes atmosféricos, como son los metales pesados (Fe, Cu, Zn, etc.) y otros elementos traza (Br, Cl, Na, Mg, etc.) resultan esenciales para la vida vegetal y animal, sin embargo, en concentraciones elevadas constituyen una amenaza para la salud humana y el ambiente.

1.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.

Los efectos de la contaminación del aire pueden existir a dos niveles: 1) los efectos directos o locales, ocurren como consecuencia de la interacción directa entre el contaminante y el receptor. 2) Efectos indirectos o globales modifican las propiedades físicas del medio de transmisión y afectan de esta manera al receptor ⁽⁷⁾

1.4.1 EFECTOS DIRECTOS

A) EFECTOS SOBRE EL SER HUMANO Y LOS ANIMALES

El hombre que vive en las áreas contaminadas por lo general sólo expone zonas limitadas de piel a la atmósfera, pero inhala cada día aproximadamente 7 500 litros de aire. Sus pulmones y sistema respiratorio están en contacto con el aire contaminado y existe la posibilidad de que retengan cualquier sustancia nociva que pueda formar parte de él. El aire contaminado se introduce en la nariz, donde el vello fino filtra la mayor parte de las partículas grandes con diámetros mayores de 10 micras, el aire que entra se calienta, humedece y se filtra, a través de la traquea, hacia el interior de los conductos bronquiales. De ahí, la corriente de aire entra a los pulmones, donde hay una gran cantidad de sacos de aire (alvéolos pulmonares). Es en esta sección del pulmón en la cual el oxígeno (y los contaminantes del aire como los elementos traza) se pueden absorber y se pueden transferir a la corriente sanguínea.

Conociendo este mecanismo, es fácil conocer los efectos más importantes que tienen los diferentes contaminantes atmosféricos sobre la salud del ser humano. Entre ellos, se pueden mencionar la formación de carboxihemoglobina en presencia de CO y las enfermedades respiratorias por la acción de las partículas suspendidas y compuestos oxidantes.

Los contaminantes atmosféricos afectan a los animales de la misma manera que los hacen con los seres humanos, aunque algunos animales son menos y otros más sensibles que el hombre. ^(9,10)

B) EFECTOS SOBRE LA VEGETACION.

Los daños a las plantas causados por la contaminación atmosférica se manifiestan por lo general en la estructura de la hoja, ya que ésta contiene los mecanismos de construcción para toda la planta. Los contaminantes gaseosos entran por el proceso normal de respiración y después en el tejido se disuelven en el agua intercelular. Esta es la razón por la cual los contaminantes del aire fácilmente solubles (bióxido de azufre, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, etc.) sean los más tóxicos. Una vez dentro de la planta, los contaminantes destruyen la clorofila e impiden la fotosíntesis. El daño visible en las plantas puede variar de una reducción en la rapidez de crecimiento, manchas en las hojas o hasta su muerte ^(9,10)

C) DAÑOS MATERIALES

Los contaminantes pueden afectar los materiales por deterioro químico o por abrasión. Partículas ácidas o alcalinas, especialmente las que contienen azufre, corroen materiales como los metales, contactos eléctricos y textiles. En materiales de construcción, incluyendo caliza, mármol y mortero, se forman sulfatos bastante solubles que luego son lavados por la lluvia. El ozono es particularmente efectivo en deteriorar hule y polímeros. Todos los oxidantes decoloran las telas ^(9,10)

1.4.2 EFECTOS INDIRECTOS O GLOBALES.

A) REDUCCION DE LA VISIBILIDAD.

La reducción de la visibilidad se debe a la presencia de partículas sólidas y aerosoles. La visibilidad se reduce por dos efectos: absorción y dispersión de la luz donde las moléculas de gas y las partículas actúan sobre la radiación visible, siendo la dispersión el fenómeno más importante. Además de reducir la visibilidad, la contaminación atmosférica puede favorecer la formación de niebla y reducir la radiación solar. ⁽¹¹⁾

B) FORMACION DE LLUVIA ACIDA.

Los óxidos de nitrógeno y el bióxido de azufre (NO_x y SO_2) emitidos a la atmósfera se oxidan a sulfatos y a nitratos a través de procesos en la fase líquida y sólida. Estos compuestos se absorben fácilmente en agua, aumentando de esta manera la acidez de la lluvia. La lluvia ácida o mejor dicho la deposición ácida es la remoción de sulfatos y nitratos de la atmósfera. Los niveles de concentración de los gases que se transportan generalmente no son suficientes para dañar en forma directa al ambiente, pero su acumulación si lo hace, este fenómeno esta originando la creciente acidez de aguas y suelos naturales. ⁽¹²⁾

C) EFECTO INVERNADERO.

El bióxido de carbono normalmente no se considera un contaminante atmosférico, ya que este compuesto es un factor importante en el proceso de respiración de las plantas y no tiene efectos adversos directos sobre los seres vivos o materiales. Sin embargo, por el aumento en la quema de combustibles fósiles, la concentración de CO₂ está creciendo rápidamente, esto puede ocasionar un aumento en la temperatura global de la tierra.

El bióxido de carbono es una fuente absorbente de luz en la región del Infrarrojo, por lo que absorbe la radiación de esta región emitida por la tierra, esto impide que la radiación terrestre se pierda hacia el espacio y ocasiona un aumento en la temperatura atmosférica, lo que se conoce como efecto invernadero.^(13,14)

D) CONSUMO DE LA CAPA DE OZONO.

El ozono es importante en la estratosfera, aunque sólo está presente en una concentración del orden de algunas partes por millón, protege a la tierra de la radiación ultravioleta. Una disminución del ozono en la estratosfera se puede considerar como una amenaza para la vida en la tierra.

El ciclo del ozono se ve afectado por actividades como: la emisión directa de óxidos de nitrógeno por el transporte supersónico que se realiza sobre la tropopausa, el transporte adicional de óxido nítrico como resultado del uso de fertilizantes nitrogenados en la liberación de clorofluorometanos, utilizados como impelentes y refrigerantes de aerosoles, que contribuyen a disminuir la capa de ozono en la estratosfera.⁽⁶⁾

1.5. ELEMENTOS TRAZA EN LA ATMOSFERA.

En la actualidad, mucha atención se le ha dado a la composición química elemental de las partículas del ambiente en áreas urbanas e inclusive en áreas despobladas. De forma general las fuentes naturales y antropogénicas producen importantes emisiones de trazas elementales a la atmósfera.

Aunque se ha prestado bastante atención a ciertos metales pesados, como el cadmio, el plomo y el mercurio, otros metales como el arsénico, el berilio, el zinc, el cobre, el antimonio y el selenio, además de otros elementos como el cloro, bromo, pueden resultar peligrosos sobre todo en efectos crónicos en la salud del ser humano.

Es bien conocido que a mediados de este siglo las actividades humanas han modificado gravemente la constitución química del aire, particularmente, las emisiones antropogénicas han contribuido a elevar en el medio ambiente la concentración de elementos traza.

1.5.1. EFECTOS TOXICOS DE ALGUNOS ELEMENTOS.

Algunos elementos son importantes en los procesos bioquímicos del organismo humano (por ejemplo el Ca, Zn, Fe, etc), pero la exposición excesiva de cualquier elemento o compuesto químico que lo contenga produce un efecto tóxico en la persona. A continuación se mencionan algunos ejemplos de los efectos que pueden causar la presencia anormal de algunos elementos.

Los efectos agudos y crónicos del cromo son principalmente causados por compuestos hexavalentes (Cr^{+6}), que causan ulceración de la piel, dermatitis, reacciones alérgicas de la piel y reacciones asmáticas, pueden causar también ulceraciones en las membranas mucosas y perforación del tabique nasal, cáncer pulmonar. En animales se ha demostrado la aparición de adenocarcinomas de la piel. En este estado de oxidación el cromo parece ser mutagénico.

Una exposición excesiva al manganeso, vía inhalación ha demostrado causar efecto en los pulmones, incrementa la incidencia de neumonía y bronquitis. Se ha demostrado en animales un incremento en la susceptibilidad a infecciones bacterianas y virales en los pulmones. El manganeso causa daños a nivel cerebral, ya que la acumulación excesiva a este nivel produce una enfermedad similar a la de Parkinson ^(6,13,16)

Los elementos llamados halógenos (F, Cl, Br, I) son considerados tóxicos por su alto poder corrosivo en los tejidos corporales. Algunos halógenos como el cloro y el bromo se han encontrado en los combustibles automotores.

El vanadio es un metal de transición que presenta varios estados de oxidación, de los cuales +5 es el más común. El pentóxido de vanadio es el compuesto más abundante para este elemento cuya exposición se lleva por vía respiratoria produciendo irritación en las mucosas a este nivel. También puede ocasionar irritaciones gastrointestinales y oculares cuando el vanadio llega a estos tejidos. El vanadio también se ha encontrado presente en los combustibles automotores.

1.5.2 ESTUDIOS SOBRE ELEMENTOS TRAZA EN MEXICO.

| AUTOR | AÑO | TECNICA DE ANALISIS | ELEMENTOS | LUGAR |
|--|-------------|--|---|----------------------------------|
| Navarrete M y colaboradores. ¹⁷ | 1971 | Activación Neutrónica | Al, As, Br, Ca, Cl, Mg, Mn, Hg, Na, K, V | Ciudad de México |
| Salazar S. y colaboradores. ¹⁸ | 1981 a 1984 | Espectrometría de fluorescencia de Rayos-X | Si, S, Al, P, Ca, Ti, K, Fe, Cu, Zn, Pb, Br | Suroeste de la Cd de México |
| Falcon Y. y colaboradores. ²⁰ | 1982 a 1983 | Absorción atómica | Pb, Cu, Fe, Cd, Zn | Norte de la Cd de México |
| Salazar S. y colaboradores. ²² | 1985 a 1986 | Dispersión de la energía por Rayos X (EDXRA) | Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Mg, Fe | Suroeste de la Cd de México |
| Miranda y colaboradores. ²¹ | 1990 a 1991 | Protón inducido por Rayos X (PIXE) | Cu, V, Ti, Cr, Pb, Sr, Zn | Oeste y Norte de la Cd de México |

1.6 ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO (ZMVM).

Es importante mencionar a la ZMVM, a la cual pertenece Cuautitlán Izcalli , además de que específicamente en la Ciudad de México se llevan a cabo el monitoreo más importante de los contaminantes en el país, así como medidas de control y prevención de los mismos.

1.6.1. UBICACION DE LA ZMVM.

La ZMVM está situada a 2240 metros sobre el nivel del mar, y cubre un área de 2500 kilómetros cuadrados. Su población en 1990 fue mayor a 15 millones de personas, contando con una densidad de población que varía desde casi 7000 personas por kilómetro cuadrado en la zona centro, hasta 500 personas en las zonas circundantes. De esta población 55% reside en el Distrito Federal y el 45% en los municipios del Estado de México.

La temperatura de la Ciudad de México es de 15 °C. La precipitación en el verano (de junio a septiembre) es de 725 mm por año. La ventilación es pobre dada sus características geográficas ya que está rodeada por montañas, lo cual no facilita la dispersión de los contaminantes⁽²⁾.

1.6.2. DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZMVM.

La dinámica de la contaminación atmosférica es un problema casi generalizado en las grandes zonas metropolitanas del país, aunque se han observado las expresiones más críticas en la ZMVM.

En la ZMVM el hecho relevante es que el sector transporte en su conjunto aporta el 70% del total de los contaminantes a la atmósfera. Esta contribución se explica por el elevado consumo de combustibles por parte de los vehículos automotores, el obsoleto parque vehicular, y patrones inadecuados de movilidad urbana que provocan las principales causas de las emisiones contaminantes en la zona metropolitana. El parque vehicular ha crecido de manera persistente durante los últimos años, se estima que actualmente circulan entre 2.5 y 3 millones de vehículos automotores, y de ellos, un 45% tienen más de 10 años de uso, llevando consigo un aumento paulatino de consumo de combustibles, como lo indica el uso de gasolina que en 1989 era de 16 millones de l/día y para 1994 fue de casi 20 millones de l/día ⁽³²⁾

La contribución de emisiones a la atmósfera por parte de las industrias es menor en comparación con la de los vehículos, pero no por eso deja de ser importante, sobre todo en los lugares donde se asienta los grandes corredores industriales

1.7. MUNICIPIO DE CUAUTITLAN IZCALLI.

1.7.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES.

La Ciudad de Cuautitlán Izcalli forma parte del Sistema Intermunicipal del Valle Cuautitlán Texcoco, según el Plan Estatal de Desarrollo Urbano de la entidad. El Municipio se fundó en el año de 1973 y actualmente cuenta con una población de 511 020 habitantes (de acuerdo al censo de 1990) que ocupan una superficie de 5 196 5 hectáreas. Además en la ciudad se concentra un número importante de plantas industriales y servicios que han provocado asentamientos espontáneos, situados principalmente al sur del Municipio y que han deteriorado sus recursos naturales.

Cuautitlán Izcalli se localiza al noreste de la Ciudad de México por lo que ha sido un centro de atracción demográfico, y se prevé que será uno de los primeros municipios que recibirá parte del crecimiento de los próximos años, en razón de su ubicación con respecto a la ciudad de México principal centro de empleos y servicios de la región, así como de sus condiciones geográficas y grado de urbanización.

A los estímulos anteriores se agregan acciones y obras proyectadas para la zona, que aumentan el atractivo del Municipio, como son el mejoramiento de enlace regional, la operación de sistemas de transporte masivo coordinados con el Departamento del Distrito Federal y la construcción de infraestructura, equipamientos y comercios de alcance regional.

(23)

1.7.2. SITUACION AMBIENTAL.

Al momento de fundar la Ciudad de Cuautitlán el uso del suelo agrícola se vio afectado porque se tomaron con ese propósito los terrenos más aptos para la agricultura, actualmente, se siguen disminuyendo por la expansión irregular del área urbana y continuaran a favor de los usos urbanos e industriales

La vegetación está constituida por bosques y pastizales, los primeros ocupan una superficie de 451 hectáreas, están conformados por bosquetes de encinos, eucaliptos y pirules cultivados. Mención aparte merece la vegetación arbórea de galería que se distribuye en ambos márgenes de los ríos Cuautitlán y Hondo de Tepetzotlán, en estos las especies dominantes identificadas son los ailes, eucaliptos y pirules

Los pastizales están conformados principalmente por los géneros *Bromus* (pasto azul), *Cynodon* (pata de gallo) y *Bouteloua* (navajitas), ocupan una superficie de 1002.3 hectáreas

La fauna la constituyen especies como el gorrión inglés, tortolitas, palomas habaneras, sanátes y garcitas blancas, estos dos últimos se distribuyen en sembradíos de riego y en sitios en donde se almacena el maíz y el forraje. También hay conejos, algunas liebres y ardillas que se localizan en los lomeríos cercanos a Nicolás Romero, y en áreas no fraccionadas alrededor de la presa de Guadalupe

Los volúmenes promedio de precipitación pluvial que se reciben anualmente son del orden de 700 mm. El aprovechamiento de los recursos hidrológicos existentes en la Ciudad de Cuautitlán Izcalli provenientes de mantos subterráneos muestran un desequilibrio, que se

manifiesta a través del abatimiento del manto freático y origina la perforación de nuevos pozos a mayor profundidad.

Las actividades productivas que más impactan al ambiente y los recursos naturales son: la industria manufacturera, de la construcción, agricultura de temporal y riego, ganadería extensiva e intensiva, transporte y explotación de minas y canteras.

Algunas plantas manufactureras situadas en la zona industrial y en zonas habitacionales son factor de riesgo por las sustancias peligrosas que utilizan en sus procesos y emiten como residuos.

Existe en el Municipio la problemática ambiental derivada de la contaminación de agua, suelo y aire. El agua de los ríos, arroyos y presas está contaminada principalmente por la deposición de residuos sólidos y por las descargas de aguas residuales de origen doméstico e industrial, que no cuentan con un tratamiento previo, mientras que el depósito de residuos sólidos de origen doméstico se hacen en un tiradero al aire libre, situado al norte de la colonia La Piedad, contaminando el suelo.

El aire está contaminado por fuentes fijas (industrias) y móviles (vehículos automotores) que circulan sobre las vías primarias. La contaminación de la Ciudad se acentúa en su porción sur, por la dirección de los vientos dominantes provenientes del noreste. ⁽²³⁾

1.8. ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA (AAN).

El AAN es una técnica que utiliza neutrones térmicos para producir una reacción nuclear. La determinación de las concentraciones de los elementos se basa en la medición de la radiactividad inducida tras irradiarse la muestra en un reactor nuclear. La desintegración radiactiva de cada elemento produce un espectro energético de rayos gamma característico. En consecuencia se puede medir y cuantificar una huella nuclear individual ⁽²⁴⁾

El AAN consta fundamentalmente de dos etapas principales :

1. Producción de átomos radiactivos mediante la irradiación de la muestra con neutrones térmicos.
2. La medida e identificación de los mismos mediante los detectores adecuados.

1.8.1. PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS.

a) Reacciones nucleares.

Las reacciones nucleares son la expresión de los cambios inducidos en núcleos por interacciones con proyectiles de suficiente energía cinética. Dichas reacciones se presentan por expresiones del tipo :



donde X es el isótopo bombardeado, a el proyectil empleado, Y es el isótopo producido como consecuencia de la reacción nuclear y b es la partícula o radiación emitida por el isótopo radiactivo.

Una reacción nuclear, con los proyectiles generalmente empleados en análisis por activación, cuyas energías suelen ser inferiores a 50 MeV, tiene lugar en dos fases : primera, formación de un núcleo inestable, en el que la energía del proyectil capturada es compartida por todos los nucleones, y segunda, desintegración de dicho núcleo, con eliminación de uno o más nucleones ⁽²⁵⁾

Tres son los principales tipos de reacciones nucleares : reacciones con neutrones, reacciones con fotones y electrones y reacciones con partículas cargadas

Los neutrones son partículas sin carga y por ello no existen interacciones electrostáticas que pueden impedir su aproximación al núcleo, aunque su energía cinética sea mínima. Los neutrones térmicos, con una energía cinética medida de sólo 0.025 eV, son los más empleados en las reacciones (n, γ), ya que en este estado de energía tienen las mayores probabilidades de captura por el núcleo de la mayoría de los elementos

1.8.2. DEFINICIONES DE ALGUNOS PARAMETROS EN EL ANALISIS POR ACTIVACION NEUTRONICA.

Dado que el análisis por activación se basa en la medida de la radiactividad del núclido producido durante la irradiación con neutrones, existen algunos factores que influyen en el valor de la actividad producida y en consecuencia en la sensibilidad del método, se observa que en éstos se pueden dividir en dos tipos aquellos que son independientes del analista, dado que son características de los núclidos que intervienen en el proceso, y aquellos que pueden ser variados por el analista para mejorar la sensibilidad

Entre los primeros están

a) La sección eficaz es una área en el núcleo la cual marca la posibilidad de que una reacción nuclear se lleve a cabo y es característica del isótopo que se bombardea e influye mucho en su sensibilidad. Los valores de las secciones eficaces de activación con neutrones térmicos varían desde varios cientos de miles de barns hasta unos pocos milibarns. En consecuencia aquellos elementos con elevadas secciones eficaces de activación serán capaces de ser determinados con mucha más sensibilidad que aquellos otros que presentan secciones eficaces bajas

b) La abundancia isotópica natural del isótopo que sufre la reacción nuclear también influye en el mismo sentido que la sección eficaz, aunque su margen de variación es infinitamente más pequeño, y por lo tanto el efecto en la sensibilidad es menor

c) El flujo de neutrones bombardeantes está determinado por la posición de irradiación en el reactor, generador de neutrones. El flujo disponible es un factor importante en la sensibilidad analítica. A mayor flujo mayor sensibilidad

d) El peso atómico del elemento irradiado tiene escasa influencia en la sensibilidad, dado que sus variaciones son pequeñas. Se sabe que las secciones eficaces de activación son menores para los elementos ligeros, situados al principio de la tabla periódica, y al pasar a los elementos intermedios y pesados aumentan ampliamente. Así pues el peso atómico del elemento irradiado, no es un factor importante para la sensibilidad analítica

e) El tiempo de vida media de un radionúclido, es el tiempo en el cual su radiactividad se reduce a la mitad. Para tiempos de vida media muy largos, sólo se puede obtener con irradiaciones de duración razonable una pequeña fracción de la actividad de saturación. En el caso de periodos muy cortos la actividad de saturación se alcanza fácilmente, pero la actividad obtenida desaparecerá rápidamente sufriendo una gran merma en el tiempo que transcurre entre el final de la irradiación y la medida

1.8.3. METODOS PARA MEDIR LA RADIOACTIVIDAD.

Existen tres métodos principales de medición de la radiactividad:

A) Método absoluto

Nos permite calcular el peso en gramos del elemento irradiado en función de las características nucleares (parámetros a los cuales fue sometida la muestra).

B) Método por comparación

Consiste en irradiar simultáneamente con la muestra desconocida un peso conocido del elemento o elementos a determinar y medir la radiactividad relativa de las muestras y del comparador, con el mismo detector y en las mismas condiciones de trabajo

C) Método del patrón interno

Se usa en algunas ocasiones un patrón, para corregir errores de auto-absorción del flujo neutrónico en el interior de las muestras, cuando éstas contienen altas cantidades de uno o varios elementos con altas secciones eficaces de activación o absorción de neutrones, lo que provoca una atenuación del flujo neutrónico y como consecuencia una activación diferente de la muestra y del comparador, produciendo errores en el resultado del análisis

1.8.4. VARIEDADES DEL AAN.

Existen dos variedades del AAN:

1. Análisis no destructivo

Como su nombre lo indica, en este tipo de análisis las muestras no sufren cambios químicos y consta de dos etapas esenciales, irradiación de la muestra con neutrones y medición de la radiactividad producida.

En algunas ocasiones el núclido tiene una constitución compleja y todos los núclidos se activan para ser irradiados, originando diversos productos radiactivos que decaen emitiendo diversos tipos de radiaciones con diferentes energías, por lo que las posibilidades de realizar un análisis no destructivo dependerá de los siguientes factores

- a) Selectividad y especificidad de los instrumentos de medida
- b) Radiactividades presentes en las muestras irradiadas, y que éstas no interfieran con las de interés, o que sean tan altas que eviten el manejo de la misma.

El método no destructivo presenta las siguientes ventajas

- a) Rapidez en la obtención de resultados
- b) Conservación de las muestras
- c) Posibilidad de automatización

- d) Posibilidad de analizar grandes series de muestras
- e) Determinar simultáneamente varios elementos en una misma muestra, mediante una elección cuidadosa de los tiempos de medida de las distintas energías, aprovechando la desintegración de los núclidos de periodo corto, para una vez decaídos realizar la medida de los de periodo más largo

2. Análisis destructivo.

El análisis destructivo consiste en someter a la muestra a un tratamiento químico antes de su análisis, esto con el fin de separar las especies químicas de importancia en el estudio y reducir así las posibilidades de interferencias

Las ventajas del AAN usando el método destructivo son:

- a) El empleo de las separaciones radioquímicas aumentan la sensibilidad de la determinación del elemento
- b) La precisión de la determinación es generalmente mayor, debido en gran parte al rendimiento que se obtenga en la separación, que se consigue mediante el empleo de patrones. ⁽²²⁾

1.8.5. ESPECTROSCOPIA GAMMA.

La espectroscopia gamma consiste en la obtención de un espectro de energías de las radiaciones gamma emitidas por los radionúclidos

La radiación gamma, es el resultado del reajuste del movimiento de los núcleos, que están en estados excitados y pasan a su estado base emitiendo fotones o radiación gamma, a este tipo de radiación también se le conoce como radiación electromagnética

Hay varias formas a través de las cuales los rayos gamma interactúan con la materia. De los cuales tres de estos son importantes:

1. Efecto fotoeléctrico

Este proceso ocurre cuando un fotón de una energía dada interactúa con un electrón orbital del átomo del absorbedor.

Durante el proceso se pierde toda la energía del fotón, parte de esa energía se usa para desalojar el electrón del átomo y el resto pasa a ser energía cinética del electrón (fotoelectrón) Este electrón acelerado causa la ionización y excitación posterior en el medio absorbente El efecto fotoeléctrico es importante para rayos gamma de bajas energías

2. Efecto compton

En este proceso un rayo gamma interactúa con un electrón orbital y le cede parte de su energía, y el fotón se dispersa con una energía menor en una dirección diferente a la incidente. El proceso ocurre de manera tal que el momento y la energía se conservan, el electrón perderá su energía cinética ionizando los átomos del medio, se presentan de manera predominante en sustancias de número atómico intermedio.

3. Producción de pares

Este proceso es un proceso claro de la equivalencia de masa y energía. Los fotones con energías mayores a 1.022 MeV pueden interactuar con los núcleos atómicos de los átomos del absorbedor y producir un par electrón-positrón, de ahí el calificativo producción de pares. El exceso de energía del fotón ($h\nu = 1.022$) se presenta como energía cinética del par. ⁽²⁷⁾

La figura 1.3 muestra estos tres efectos.

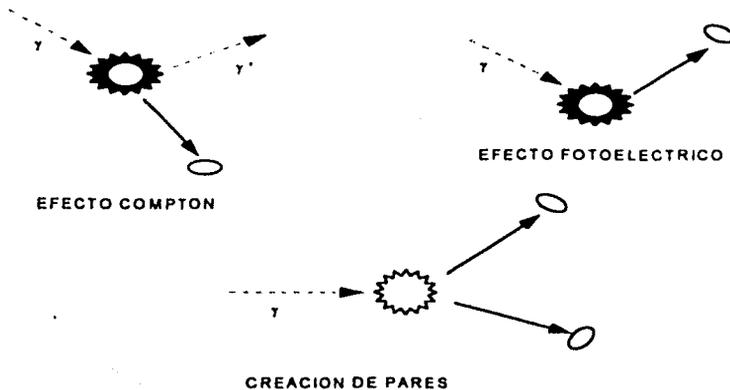


Figura 1.3. Interacción de los rayos gamma con la materia.

1.8.6. DETECTOR DE GERMANIO HIPERPURO.

Este tipo de cristales es un material semiconductor, en este caso el germanio puro. El germanio cristalino a muy baja temperatura, sus átomos comparten los electrones periféricos y se dicen que están unidos por un enlace covalente. Cuando la radiación incide sobre un cristal, la energía absorbida rompe algunos de los enlaces, dejando electrones libres que se mueven en el interior del cristal, a este proceso se le llama disociación. En el lugar que deja un electrón queda un hueco, el cual, equivale a una carga positiva. Un electrón puede pasar a llenar un hueco cercano, el paso de una carga negativa desde un enlace a otro es equivalente al movimiento de un hueco en sentido contrario, y por lo tanto al desplazamiento de una carga positiva, si se le aplica en los extremos del cristal una diferencia de potencial, esos electrones forman una corriente que puede medirse.

Cuando la radiación incide en el detector se produce una señal o pulso eléctrico, el tamaño de ese pulso estará determinado por la energía absorbida en el detector. Las señales que salen de éste son amplificadas y van a un analizador multicanal. En el analizador multicanal se clasifican los pulsos en función de su altura, es decir, de la energía de la radiación incidente, mediante una serie de pequeñas ventanas denominadas canales. La información que se obtiene después de un cierto tiempo se traduce en un espectro de energías, que se construye haciendo una gráfica del número de cuentas acumuladas en cada canal (Figura 1.4). Cada radionúclido posee un espectro característico de radiación gamma y gracias a ese espectro puede identificarse y estudiarse ⁽²⁸⁾

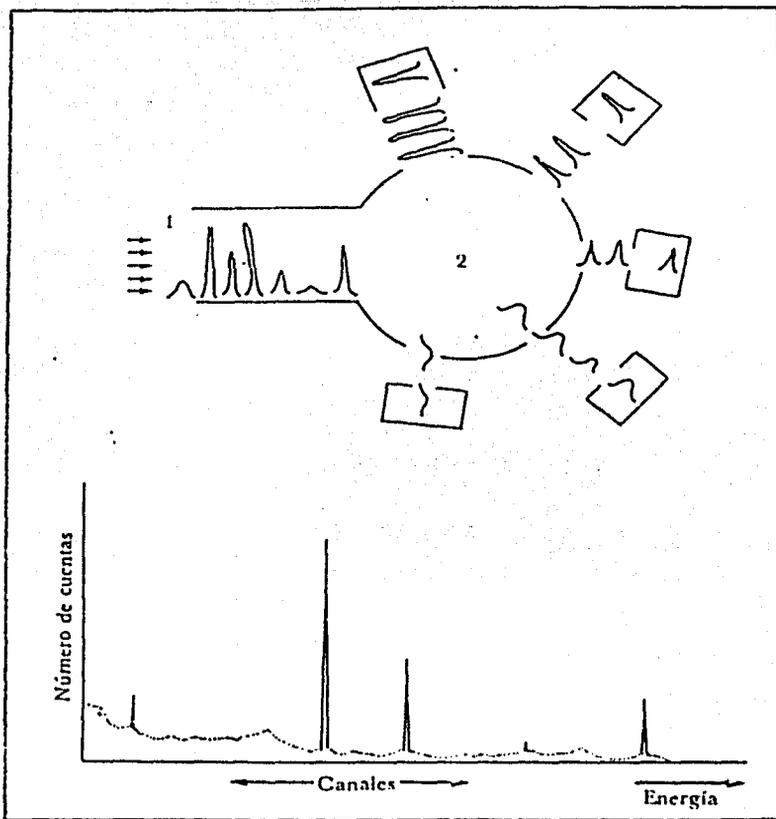


Figura 1 4 Arriba . Esquema de un analizador multicanal. 1) Llegan todos los pulsos. 2) Los pulsos se acumulan en los canales después de ser clasificados en función de su altura, es decir, de su energía. Abajo : Espectro gamma característico.

1.8.7. EL REACTOR NUCLEAR TRIGA MARK III DEL CENTRO NUCLEAR DE MEXICO.

Este reactor se emplea para la investigación, y es de tipo piscina, enfriado con agua y moderado con hidruro de circonio. Fue diseñado por la compañía General Atomic de Estados Unidos. En él se utiliza el isótopo de uranio 235 al 20% como combustible. Dentro del reactor se cuenta con varias posiciones experimentales de irradiación.

El sistema fijo de cápsulas (SIFCA), útil cuando se requiere irradiar un número grande de muestras simultáneamente

El sistema neumático de cápsulas (SINCA), que se utiliza por la rapidez con que las muestras pueden ser introducidas y retiradas del flujo de neutrones, facilitando irradiar isótopos con tiempos de vida media de algunos segundos.

El dedal central, tiene el mayor flujo de neutrones, y se utiliza cuando se requiere aumentar la sensibilidad del análisis

El tubo seco, permite irradiar muestras sin tomar demasiadas precauciones para asegurar su hermeticidad

Este reactor se opera normalmente con una potencia de 1 MW y puede ser pulsado para liberar, en forma súbita, una cantidad de energía del orden de 23 MW/s. En el núcleo del reactor se dispone de neutrones térmicos con un flujo aproximado de 10^{13} n/cm²s, durante su operación a un MW de potencia y con un flujo alrededor de 10^{16} n/cm²s, durante su operación pulsada. ⁽²⁹⁾

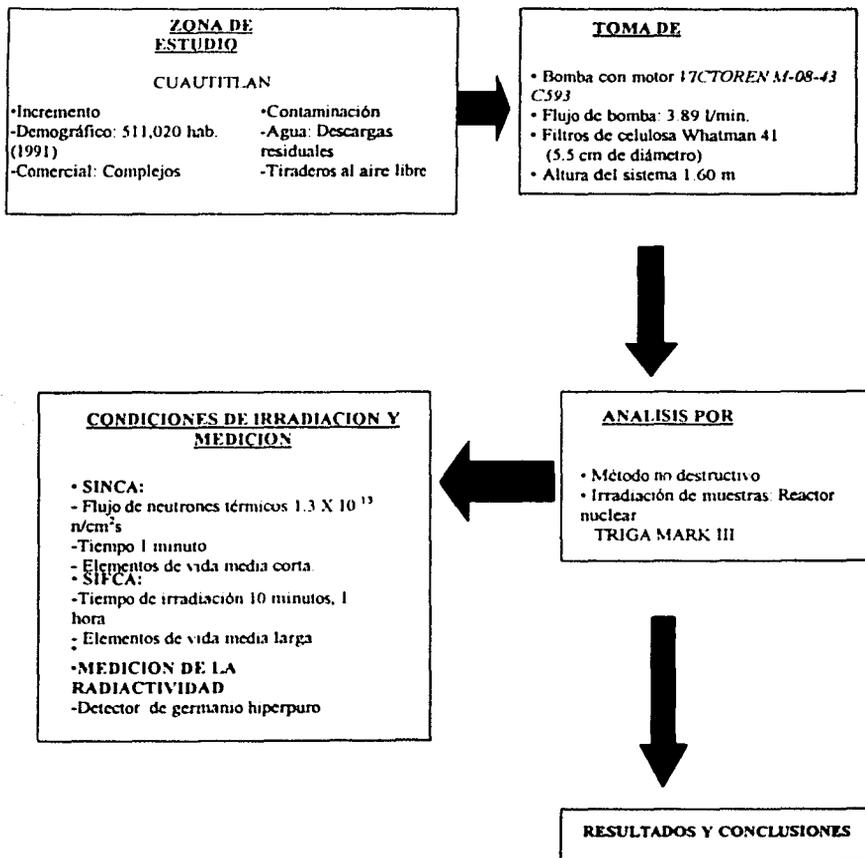
CAPITULO

II

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL.

2.1. DIAGRAMA DE FLUJO



2.2. REACTIVOS Y MATERIALES

2.2.1. REACTIVOS

- Acetona
- Agua desionizada
- Se prepararon patrones en solución de:
 1. Sodio 50 $\mu\text{g/ml}$
 2. Cloro 77.1 $\mu\text{g/ml}$
 3. Manganeso 50 $\mu\text{g/ml}$
 4. Bromo 50 $\mu\text{g/ml}$
 5. Vanadio 20 $\mu\text{g/ml}$
 6. Cobre 50 $\mu\text{g/ml}$
 7. Zinc 50 $\mu\text{g/ml}$
 8. Cromo 50 $\mu\text{g/ml}$

2.2.2. MATERIALES

- Matraces volumétricos de 10, 25 y 50 ml.
- Vasos de precipitados de 250 ml
- Pipetas volumétricas de 1 ml
- Parrilla de calentamiento
- Soporte universal con pinzas de tres dedos
- Pinzas y tijeras
- Guantes de látex
- Filtros de celulosa Whatman No. 41

2.2.3. EQUIPO

- Se hizo uso del reactor nuclear TRIGA MARK III para irradiar las muestras y los patrones
- Para la detección, identificación y cuantificación de elementos presentes en partículas atmosféricas se utilizó el detector de germanio hiperpuro acoplado a una PC que funciona como analizador multicanal de altura de pulsos, con el programa Nucleus.

2.3. TOMA DE MUESTRAS

La estación de monitoreo fue única y se ubicó en las instalaciones del Centro de Asimilación Tecnológica (CAT) perteneciente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) ubicado sobre la avenida Jiménez Cantú (figura 2 1)

El sistema de monitoreo se formó con:

- Una base de madera con 1.60 m de altura
- Una bomba con motor Victoreen modelo 08-43 C593, con un flujo de 3 89 l/min.
- Eliminador de corriente
- Filtros de celulosa Whatman No. 41

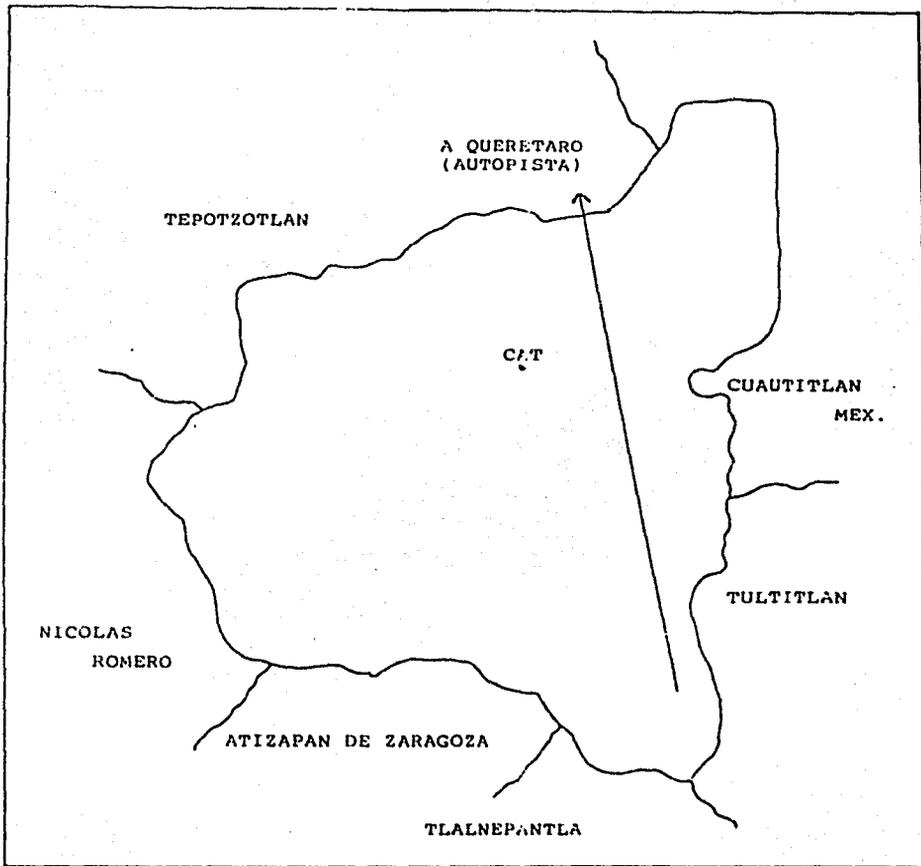


Figura 2.1 Ubicación del CAT en el Municipio de Cuautitlán Izcalli

El sistema de monitoreo se colocó a una altura de 1.60 m con respecto al nivel del suelo del CAT. Esta consideración se hizo por que se colectaron partículas suspendidas representativas de la capa aérea en que respiran las personas, considerando que la altura promedio de las mismas en México es aproximadamente 1.60 m.

Funcionamiento. La bomba se puso a funcionar con una corriente de 9 volts, la cual succionó aire a través de un filtro de celulosa en forma circular de 5.5 cm de diámetro. Sobre este filtro, las partículas suspendidas en el aire fueron colectadas. Los filtros se guardaron en bolsas de polietileno, las cuales se sellaron e identificaron con fecha y tiempo de monitoreo.

El monitoreo se inició del 10 de julio de 1995 realizándose 3 días por semana durante 24 horas hasta el 2 de febrero de 1996. El total de las muestras colectadas y analizadas en este trabajo fueron 89.

2.4. ANALISIS DE MUESTRAS POR ACTIVACION NEUTRONICA.

A) Filtros.

Los filtros de celulosa se metieron en cámara húmeda por un tiempo de 4 horas se pesaron en una balanza analítica digital SARTORIUS. Esto se hizo antes y después del monitoreo, la finalidad de usar una cámara húmeda fue para establecer condiciones similares para los filtros al momento de pesarlos.

B) Análisis cualitativo

Días antes de iniciar el monitoreo, se colectaron dos muestras. Una de ellas se irradió 1 minuto en la posición SINCA, la otra se irradió una hora en la posición SIFCA. Se midió la radiactividad en el detector de germanio hiperpuro con el fin de darnos una idea de la composición elemental de partículas atmosféricas en la zona.

Con base al espectro de radiación gamma, los que presentaron mayor intensidad se eligieron para cuantificarlos por el método por comparación, ya que en base a esto se consideraron los elementos más significativos presentes en partículas atmosféricas.

Los elementos elegidos para determinarlos en la posición SINCA fueron : Sodio (Na), Cloro (Cl), Manganeso (Mn), Bromo (Br) y Vanadio (V) Mientras que en la posición SIFCA fueron : Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Cromo (Cr)

Tabla 2.1. Características nucleares de los elementos determinados

| ELEMENTO | ABUNDANCIA ISOTOPICA (%) | SECCION EFICAZ (BARNS) | ISOTOPO PRODUCIDO | TIEMPO DE VIDA MEDIA | PRINCIPALES RAYOS GAMMA (KeV) |
|----------|--------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|
| Na-23 | 100 | 0.53 | Na-24 | 15 hrs | 1368, 2753 |
| Cl-37 | 24.6 | 0.4 | Cl-38 | 37 min | 1642, 2167 |
| Mn-55 | 100 | 13.3 | Mn-56 | 2.6 hrs | 847, 1811 |
| Br-79 | 50.52 | 8.5 | Br-80 | 18 min | 617, 511 |
| Br-81 | 49.48 | 3.0 | Br-82 | 35.3 hrs | 554, 619 |
| V-51 | 99.75 | 4.9 | V-52 | 3.8 min | 1434 |
| Cu-63 | 69.1 | 4.5 | Cu-64 | 12.8 hrs | 511, 1346 |
| Cr-50 | 4.31 | 17.0 | Cr-51 | 27.8 dias | 320 |
| Zn-64 | 48.89 | 0.46 | Zn-65 | 245 dias | 511, 1115 |
| Zn-68 | 18.56 | 0.1 | Zn-69 | 14 hrs | 439 |

C) Patrones.

De las soluciones patrones preparadas se tomó 1 ml de cada una de ellas y se depositó poco a poco en un filtro de celulosa, llevándose a sequedad simultáneamente con ayuda de una parrilla de calentamiento. La distribución de los patrones quedó de la siguiente manera:

a) Un filtro para el patrón de vanadio, debido a que este elemento tiene su vida media muy corta (3.8 min.) por lo que fue necesario contarlos lo más rápido posible y tomar el tiempo al final de su irradiación hasta el momento de conteo, ya que fue importante para la cuantificación de este elemento.

b) Un filtro para los patrones de sodio, cloro, bromo y manganeso. Se colocaron juntos ya que su tiempo de vida media permitió contarlos al mismo tiempo.

c) Un filtro para cada patrón de cobre, zinc y cromo con tiempos de irradiación y conteo distintos.

Se compararon las concentraciones de los patrones de vanadio, sodio, cloro y manganeso preparados a partir de reactivos analíticos comerciales con soluciones estándar de los mismos elementos Titrisol Merck. De estos últimos se prepararon soluciones de 50 $\mu\text{g/ml}$ para Na y Mn, de 77.1 $\mu\text{g/ml}$ para Cl y de 100 $\mu\text{g/ml}$ para V.

Se irradió 0.5 ml de cada solución, tanto estándar como patrón, en SINCA por 1 min. La lectura de su actividad se hizo en el detector de germanio hiperpuro.

Se comparó entonces la actividad de cada estándar y patrón para verificar que tan confiable fue la concentración de estos últimos, considerando la radiactividad de los estándares como el 100% de la concentración de cada elemento.

D) Análisis cuantitativo.

a) Método por comparación.

La determinación cuantitativa se realizó mediante el método por comparación de los patrones preparados y las muestras.

b) Preparación de las muestras y de los patrones.

1. Cada filtro de celulosa con los patrones o las muestras se transfirieron a un vial pequeño de polietileno.

2. Para las muestras irradiadas en SIFCA, cada vial se selló al calor puesto que estas permanecieron dentro de la alberca del reactor. Los viales con las muestras irradiadas en SINCA no fue necesario sellarlas al calor.

3. Los viales se colocaron dentro de una pequeña bolsa de polietileno la cual también se selló a calor. Estas bolsitas tanto de las muestras como de los patrones se metieron en un contenedor de polietileno, limpio, identificado y envuelto en una toalla de papel para su sucesivo transporte al reactor.

4. Una vez que las muestras se irradiaron, se transportaron del reactor hasta el laboratorio en contenedores de plomo como medida de protección contra las radiaciones.

E) Condiciones de irradiación.

| ELEMENTO | POSICION DE IRRADIACION | TIEMPO DE IRRADIACION |
|-----------|-------------------------|-----------------------|
| Sodio | SINCA | 1 minuto |
| Cloro | SINCA | 1 minuto |
| Manganeso | SINCA | 1 minuto |
| Bromo | SINCA | 1 minuto |
| Vanadio | SINCA | 1 minuto |
| Cobre | SIFCA | 10 minutos |
| Cromo | SIFCA | 1 hora |
| Zinc | SIFCA | 1 hora |

F) Medición de la radiactividad.

Las muestras radiactivas se midieron con un detector de germanio hiperpuro acoplado a un analizador multicanal de altura de pulsos previamente calibrado a un KeV por canal. La calibración del equipo se llevó a cabo con energía gamma de 70.84 KeV del ^{204}Tl , 511 y 1274.5 KeV del ^{22}Na y 662 KeV del ^{137}Cs

El análisis cuantitativo se llevó a cabo mediante la integración del área bajo los picos y directamente por comparación con los patrones

Para el caso del vanadio se hizo una corrección por tiempo, esto, debido a que su tiempo de vida media es de 3.8 minutos, y al momento en que se contaba este elemento transcurrían en promedio 5 minutos por lo afectaba su radiactividad. Se usó la siguiente fórmula:

$$A_0 = A e^{\lambda t}$$

Donde:

A_0 = Actividad inicial.

A = Actividad a un tiempo dado.

λ = Constante de decaimiento.

Donde:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$t_{1/2}$ = Tiempo de vida media.

t = Tiempo en que se leyó A

Para el caso de los demás elementos no fue necesario hacer corrección por tiempo, ya que su tiempo de vida media es más largo que el del vanadio y por lo tanto no afectó su radiactividad inicial. Entonces el dato de radiactividad obtenido directamente del detector es el que se tomó para los cálculos

Finalmente se considero el flujo de la bomba durante 8 horas (1 87 m³) para V, Br, Mn, Na y Cl. Mientras que para Cr, Cu y Zn se tomó un flujo de aire de 24 horas (5 6016 m³) con lo cual se obtuvo la concentración expresada en µg/m³.

CAPITULO

III

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION.

De las 89 muestras analizadas, los resultados obtenidos de éstas se separaron primero por semana y después por mes, se obtuvo el promedio de los tres monitoreos semanales y mensuales a partir de julio de 1995 a enero de 1996. Las tablas y gráficas que aquí se presentan, muestran el comportamiento durante todo el periodo de monitoreo para 5 elementos: V, Mn, Na, Cl y Br. Mientras que para Cu, Cr y Zn se muestra una tabla de su presencia en las partículas atmosféricas.

Las concentraciones tanto semanales como mensuales se presentan en las tablas 3.1 y 3.2. En ellas se muestra la media y la desviación estándar correspondiente, esta última resulta ser muy alta en la mayoría de los casos, pero hay que recordar que para los contaminantes atmosféricos su concentración varía en cuestión de horas debido por un lado a la presencia de vientos y/o lluvias, y por otro a la variación de la descarga de las fuentes de emisión.

Tabla 3.1 Concentración mensual de elementos encontrados en partículas atmosféricas dados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

| MES | VANADIO | BROMO | MANGANES O | SODIO | CLORO |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Julio | 0.03 ± 0.02 | 0.13 ± 0.09 | 0.09 ± 0.04 | 15.86 ± 3.9 | 10.95 ± 6.16 |
| Agosto | 0.03 ± 0.02 | 0.05 ± 0.03 | 0.11 ± 0.04 | 5.23 ± 1.47 | 4.99 ± 1.45 |
| Septiembre | 0.03 ± 0.02 | 0.07 ± 0.04 | 0.11 ± 0.04 | 4.11 ± 1.26 | 4.09 ± 0.87 |
| Octubre | 0.06 ± 0.05 | 0.08 ± 0.04 | 0.15 ± 0.04 | 5.15 ± 3.09 | 6.28 ± 5.28 |
| Noviembre | 0.09 ± 0.07 | 0.08 ± 0.05 | 0.14 ± 0.05 | 5.32 ± 1.9 | 5.53 ± 1.68 |
| Diciembre | 0.09 ± 0.06 | 0.06 ± 0.03 | 0.19 ± 0.08 | 4.84 ± 1.55 | 5.41 ± 1.57 |
| Enero | 0.18 ± 0.03 | 0.09 ± 0.03 | 0.22 ± 0.09 | 4.8 ± 2.03 | 5.72 ± 1.09 |

Tabla 3.2 concentración semanal de elementos encontrados en partículas atmosféricas dadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

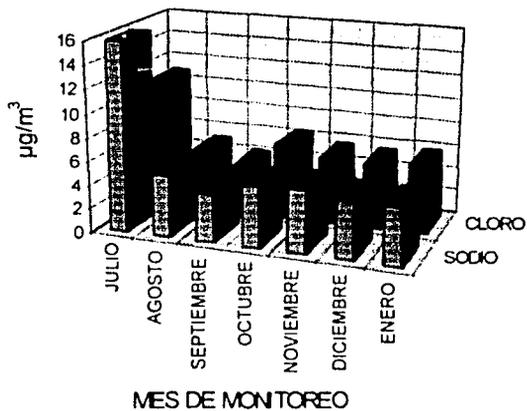
| SEMANA | VANADIO | BROMO | MANGANESO | SODIO | CLORO |
|--------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | 0.03 ± 0.01 | 0.25 ± 0.08 | 0.11 ± 0.06 | 15.54 ± 4.60 | 10.25 ± 4.12 |
| 2 | 0.04 ± 0.02 | 0.07 ± 0.03 | 0.10 ± 0.02 | 16.83 ± 2.69 | 9.19 ± 2.82 |
| 3 | 0.03 ± 0.01 | 0.08 ± 0.06 | 0.07 ± 0.02 | 17.45 ± 2.12 | 14.13 ± 3.86 |
| 4 | 0.02 ± 0.01 | 0.09 ± 0.02 | 0.09 ± 0.02 | 6.70 ± 1.55 | 4.93 ± 1.36 |
| 5 | 0.02 ± 0.01 | 0.05 ± 0.03 | 0.14 ± 0.01 | 5.62 ± 0.34 | 5.81 ± 1.57 |
| 6 | 0.02 ± 0.01 | 0.05 ± 0.02 | 0.06 ± 0.03 | 4.44 ± 1.49 | 5.40 ± 1.13 |
| 7 | 0.05 ± 0.02 | 0.01 ± 0.01 | 0.12 ± 0.01 | 5.10 ± 2.23 | 4.24 ± 0.27 |
| 8 | 0.02 ± 0.01 | 0.04 ± 0.03 | 0.12 ± 0.04 | 5.20 ± 1.17 | 5.10 ± 1.47 |
| 9 | 0.03 ± 0.02 | 0.06 ± 0.04 | 0.12 ± 0.03 | 4.59 ± 1.19 | 4.47 ± 0.14 |
| 10 | 0.02 ± 0.01 | 0.10 ± 0.02 | 0.07 ± 0.02 | 4.58 ± 1.57 | 3.58 ± 0.41 |
| 11 | 0.04 ± 0.02 | 0.06 ± 0.02 | 0.11 ± 0.04 | 4.00 ± 1.0 | 4.03 ± 1.29 |
| 12 | 0.03 ± 0.01 | 0.07 ± 0.06 | 0.16 ± 0.04 | 3.18 ± 0.86 | 4.45 ± 0.90 |
| 13 | 0.04 ± 0.02 | 0.07 ± 0.03 | 0.16 ± 0.03 | 3.83 ± 1.12 | 4.79 ± 0.46 |
| 14 | 0.07 ± 0.02 | 0.04 ± 0.03 | 0.12 ± 0.03 | 9.60 ± 3.15 | 11.06 ± 3.47 |
| 15 | 0.11 ± 0.07 | 0.08 ± 0.06 | 0.18 ± 0.06 | 4.14 ± 1.20 | 4.77 ± 0.80 |
| 16 | 0.06 ± 0.04 | 0.08 ± 0.06 | 0.16 ± 0.02 | 3.55 ± 0.37 | 4.62 ± 0.45 |
| 17 | 0.02 ± 0.003 | 0.06 ± 0.02 | 0.10 ± 0.03 | 5.76 ± 2.25 | 6.96 ± 1.05 |
| 18 | 0.06 ± 0.01 | 0.04 ± 0.04 | 0.19 ± 0.03 | 6.81 ± 2.17 | 7.00 ± 1.60 |
| 19 | 0.13 ± 0.09 | 0.12 ± 0.07 | 0.12 ± 0.01 | 4.38 ± 0.48 | 4.87 ± 0.43 |
| 20 | 0.08 ± 0.02 | 0.06 ± 0.04 | 0.10 ± 0.03 | 4.00 ± 1.21 | 3.63 ± 0.31 |
| 21 | 0.16 ± 0.02 | 0.10 ± 0.02 | 0.22 ± 0.01 | 3.31 ± 1.34 | 4.84 ± 0.53 |
| 22 | 0.10 ± 0.06 | 0.09 ± 0.02 | 0.24 ± 0.12 | 4.94 ± 1.21 | 4.81 ± 0.29 |
| 23 | 0.19 ± 0.13 | 0.06 ± 0.02 | 0.19 ± 0.05 | 4.24 ± 0.81 | 4.64 ± 0.26 |
| 24 | 0.03 ± 0.003 | 0.04 ± 0.01 | 0.17 ± 0.02 | 4.49 ± 0.49 | 6.44 ± 0.99 |
| 25 | 0.04 ± 0.01 | 0.06 ± 0.03 | 0.14 ± 0.05 | 5.68 ± 1.46 | 6.18 ± 2.21 |
| 26 | 0.10 ± 0.05 | 0.08 ± 0.02 | 0.15 ± 0.02 | 3.64 ± 0.77 | 5.11 ± 0.55 |
| 27 | 0.09 ± 0.04 | 0.06 ± 0.03 | 0.18 ± 0.02 | 3.50 ± 0.35 | 4.85 ± 0.51 |
| 28 | 0.04 ± 0.004 | 0.12 ± 0.09 | 0.32 ± 0.13 | 5.56 ± 1.51 | 5.94 ± 1.19 |
| 29 | 0.05 ± 0.03 | 0.12 ± 0.01 | 0.25 ± 0.04 | 6.98 ± 1.96 | 6.24 ± 1.21 |
| 30 | 0.04 ± 0.01 | 0.08 ± 0.03 | 0.18 ± 0.03 | 4.34 ± 1.00 | 6.44 ± 0.71 |

3.1. SODIO Y CLORO.

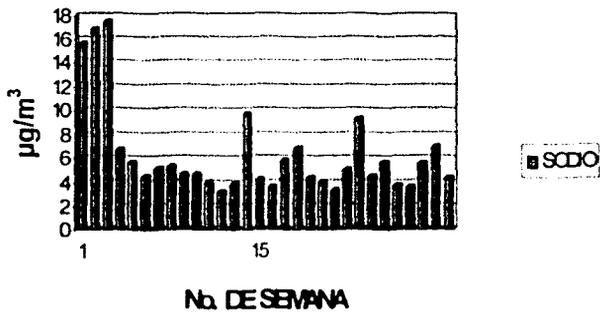
El sodio y el cloro que pueden estar presentes en diferentes compuestos químicos presentaron un comportamiento similar a lo largo de los meses de monitoreo (Gráfica 3.1). Las concentraciones dadas para estos dos elementos a partir del mes de agosto hasta enero son similares, los valores varían entre 3 y 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en las gráficas 3.1, 3.2 y 3.3 se puede apreciar lo anterior, con lo que podemos decir que ambos elementos se mantuvieron constantes a lo largo de este periodo. Es notorio observar en las gráficas que los primeros resultados (correspondientes al mes de julio) muestran concentraciones mayores, se atribuye esta elevación en la concentración de Na y Cl a una posible contaminación externa en las muestras. Además de que el Análisis por Activación Neutrónica es muy sensible y, cualquier cantidad a nivel de trazas son detectados.

El cloro es usado en la industria química en la elaboración de disolventes, anticongelantes, antidetonantes, plaguicidas y blanqueadores. En la tabla 3.3 se aprecia al cloro como constituyente importante de la gasolina Nova y el Diesel, por lo que también se esperaría encontrar de forma similar al del vanadio y manganeso. Debido a que el cloro es un halógeno, su comportamiento es similar al del bromo, y muy probablemente también ha de formar compuestos volátiles que no fueron atrapados en el filtro. Los resultados obtenidos en este trabajo dan valores que no rebasan los 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pero al igual que el bromo se puede pensar que también contribuya a la formación de lluvia ácida, tal vez formando ácido clorhídrico.

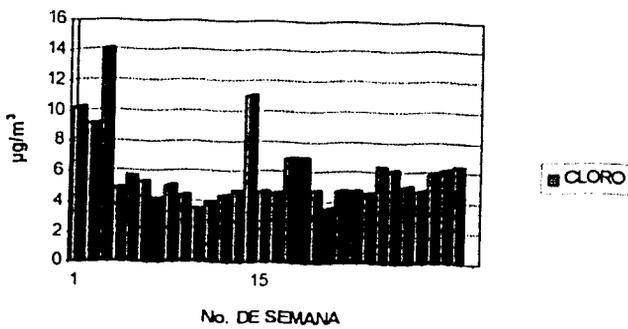
GRAFICA 3.1 CONCENTRACION DE SODIO Y CLORO ENCONTRADAS EN PARTICULAS ATMOSFERICAS POR MES.



GRAFICA 3.2 CONCENTRACION DE SODIO
ENCONTRADA EN PARTICULAS ATMOSFERICAS
POR SEMANA



**GRAFICA 3.3 CONCENTRACION DE CLORO
ENCONTRADA EN PARTICULAS ATMOSFERICAS
POR SEMANA**



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.2. VANADIO, BROMO Y MANGANESO.

En la gráfica 3.4 se presentan las concentraciones de vanadio, bromo y manganeso, los cuales presentan comportamientos interesantes. En primer lugar se observa que el vanadio y el manganeso tienden a aumentar conforme transcurre el tiempo de monitoreo. Es decir presentan su valor más bajo en julio y su valor más alto en enero. Esto se puede explicar en base a dos consideraciones:

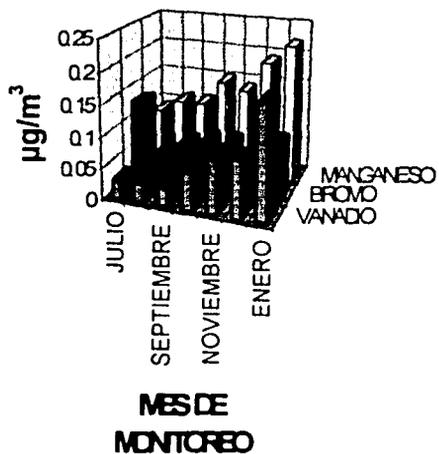
1) En los meses de diciembre y enero corresponden lo que se denomina temporada de secas (invierno), y es precisamente en esta época cuando existe poco movimiento en la troposfera, donde la lluvia es escasa y esporádica, provocando que la dispersión de los contaminantes sea muy poca y que la concentración de los mismos se eleve, a esto también contribuye la inversión térmica, que también se acentúa en esta temporada.

2) La presencia de V, Br, Cl y Mn, en gran parte es debida a la combustión de la gasolina y diesel por los vehículos automotores. Se han hecho estudios acerca de la composición química elemental de estos combustibles como el realizado por Iturbe y colaboradores⁽³⁰⁾, cuyos resultados se presentan en la tabla 3.3. El incremento del uso del automóvil se acentúa a pesar de la crisis económica, por lo que se espera que la concentración de los contaminantes liberados por los vehículos automotores aumente cada día.

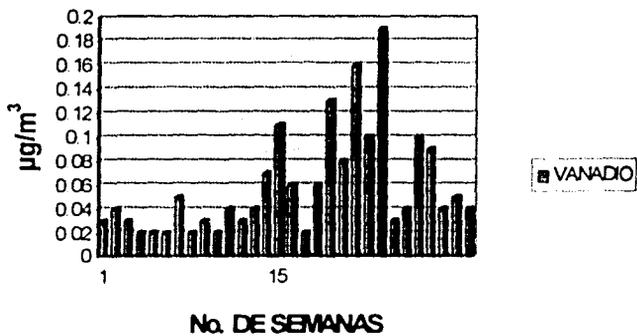
Tabla 3.3 Elementos encontrados en las gasolinas por la técnica de Activación Neutrónica (ppm). ⁽³⁰⁾

| ELEMENTO | NOVA | MAGNA-SIN | DIESEL | DIESEL-SIN |
|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Bromo | 106 ± 48 | 0.89 ± 0.03 | 0.76 ± 0.1 | 0.18 ± 0.09 |
| Cloro | 45 ± 10 | 2.7 ± 0.4 | 61 ± 12 | 3.35 ± 0.5 |
| Vanadio | 2.2 ± 0.2 | 1.05 ± 0.2 | 1.12 ± 0.7 | 1.08 ± 0.1 |
| Manganeso | 9.1 ± 0.9 | 12.45 ± 1.5 | 10.32 ± 2.0 | 9.37 ± 0.8 |

**GRAFICA 3.4 CONCENTRACIONES
ENCONTRADAS PARA VANADIO, BROMO Y
MANGANESO POR MES**



**GRAFICA 3.5 CONCENTRACION DE VANADIO
ENCONTRADA EN PARTICULAS ATMOSFERICAS
POR SEMANA**



El vanadio se encuentra efectivamente en los combustibles como el diesel y la gasolina que se libera a la atmósfera a consecuencia de la combustión de los mismos. Se sabe que el vanadio se encuentra en poca cantidad en combustibles automotores, de hecho se puede ver en las gráficas 3.4 y 3.5 que los valores no rebasan los $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a excepción, de la semana No. 28 de la gráfica 3.5. Lo que si es importante señalar es que el vanadio se seguirá incorporando cada vez más a la atmósfera.

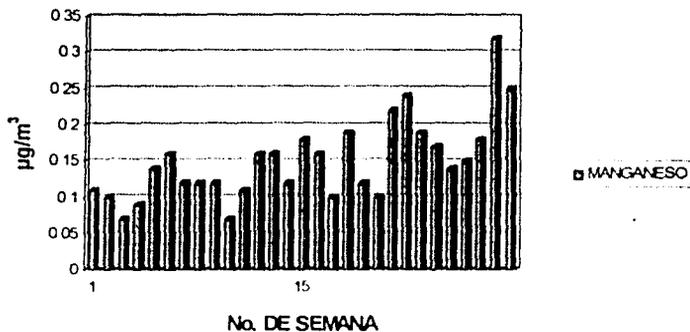
El caso del manganeso es de tomarlo en cuenta, ya que tenemos que observar algo importante, es este elemento químico el que se encuentra en mayor cantidad en la gasolina Magna-Sin y Diesel-Sin, además estos combustibles son los que más se usan en la actualidad, lo que nos sugiere que el manganeso seguirá aumentando de manera considerable en la atmósfera. Las gráficas 3.4 y 3.6 muestran las concentraciones obtenidas en este trabajo, en ellas se observan valores que no rebasan los $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El bromo es el elemento químico principal que se encuentra en la gasolina Nova, y a pesar de la introducción de la gasolina Magna-Sin, se sigue utilizando en forma considerable. Junto con el antidetonante tetraetilo de plomo se agrega también el dibromuro de etileno, en el proceso de combustión en los cilindros del motor y bajo esas condiciones, se forma el compuesto $\text{Br}_2\text{Pb}^{(11)}$. El cual es volátil, así es liberado junto con los gases por el escape. Se esperaba encontrar al bromo con un comportamiento similar al de vanadio y manganeso, sin embargo parece encontrarse en concentraciones constantes, como lo muestran las gráficas No. 3.4 y 3.7. Esto se debe tal vez a que la mayoría del bromo emitido en forma de Br_2Pb , que es un compuesto volátil y quedo fuera del alcance del sistema de monitoreo

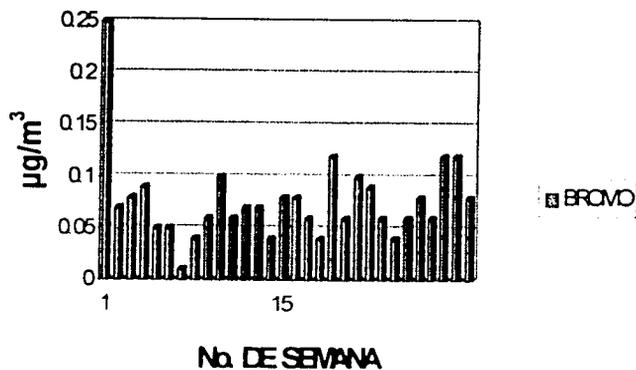
Con base en lo discutido para el bromo es de interés comentar que sería interesante monitorear este elemento a alturas superiores de 1.60 m, y verificar si efectivamente se encuentra en mayor cantidad debido a la presencia del dibromuro de plomo, esto sería de interés también si pensamos que este elemento (de manera similar que los NO_x y SO_x) pueda

formar compuestos ácidos como el ácido bromhídrico por ejemplo y contribuir al fenómeno de la lluvia ácida.

GRAFICA 3.6 CONCENTRACION DE MANGANESO ENCONTRADA EN PARTICULAS ATMOSFERICAS POR SEMANA.



**GRAFICA 3.7 CONCENTRACION DE BROMO
ENCONTRADA EN PARTICULAS ATMOSFERICAS
POR SEMANA**



3.3. COBRE, CROMO Y ZINC

El cobre, cromo y zinc, se analizaron al inicio, a la mitad y al final de los 6 meses de monitoreo. La media para las 27 muestras analizadas se presentan en la tabla 3.4

Tabla 3.4. Concentración de metales pesados monitoreados expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

| COBRE | CROMO | ZINC |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 2.12 ± 0.85 | 0.06 ± 0.02 | 7.81 ± 4.96 |

La presencia de estos tres metales pesados en las partículas atmosféricas puede deberse al tipo de industria de la zona, que resulta muy variada, por ejemplo existe una ensambladora automotriz, varias industrias químicas, y fábricas que producen varilla, alambres y clavos, que podrían eliminar dichos metales en sus procesos de producción por ejemplo los vapores de zinc producidos al soldar, al cortar metal y al fundir aleaciones de hierro galvanizado

3.4. COMPARACION DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS REALIZADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO.

| ELEMENTO | FALCON 1983 | MIRANDA 1990 | MIRANDA 1991 | RESULTADOS OBTENIDOS |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Bromo | | 0.012 | 0.05 | 0.48 |
| Cloro | | | 0.652 | 6.14 |
| Cobre | 0.178 | 0.074 | 0.056 | 2.12 |
| Cromo | | 0.011 | 0.062 | 0.06 |
| Manganeso | | 0.012 | 0.036 | 0.82 |
| Sodio | | 0.316 | 0.468 | 6.47 |
| Vanadio | | 0.085 | 0.060 | 0.07 |
| Zinc | 11.254 | 0.491 | 0.625 | 7.81 |

Tabla 3.5 Diversos resultados de estudios realizados para encontrar la concentración de algunos elementos presentes en partículas atmosféricas en la ZMCM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

A pesar de que los datos obtenidos por cada investigador fueron en condiciones diferentes zona de monitoreo, tiempo de monitoreo, técnica de análisis entre otros. Los resultados de la última columna que corresponden al trabajo de tesis nos dan una idea que las partículas atmosféricas los elementos traza han ido aumentando su concentración debido a su persistencia y acumulación en el ambiente.

3.5. PARTICULAS TOTALES

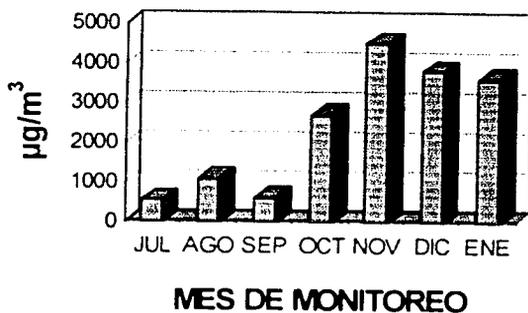
El total de partículas se consideró como la diferencia de peso de cada filtro antes y después del monitoreo. Los promedios mensuales aparecen en la gráfica 3.8, se observa en ella una tendencia de ir aumentando, tal vez debido a que en los meses de invierno existe poca movilidad de los contaminantes en la atmósfera los cuales se concentran más

3.6. PATRONES

El error encontrado entre los patrones preparados a partir de reactivos analíticos con las soluciones estándares Titrisol Merck fue de 2.6% para cloro, 9.36% para sodio, 11.6% para manganeso y de 5.36% para vanadio.

Los errores en el caso del sodio y manganeso son grandes, pero se aceptaron en este trabajo ya que esta diferencia no altera el comportamiento a través de los meses de monitoreo de dichos elementos.

GRAFICA 3.8 CONCENTRACION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN EL PUNTO DE MONITOREO POR MES.



CAPITULO

IV

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES

El Análisis por Activación Neutrónica permitió determinar parte de la química elemental de partículas atmosféricas, la cual está dado por la presencia de V, Br, Mn, Cl, Zn, Cu y Cr, monitoreadas en la zona del CAT dentro del Municipio de Cuautitlán Izcalli.

La tendencia para las concentraciones de Na, Cl y Br parece mantenerse constante durante los meses de monitoreo, mientras que para V y Mn se observa una tendencia de ir aumentando, alcanzado sus máximas concentraciones en el mes de enero.

La gran demanda del consumo de gasolina y diesel en el Municipio explica la presencia de V, Mn, Br, Cl y Na. Ya que estos elementos se han encontrado presentes en los combustibles mencionados.

Sabiendo que el bromo se encuentra en mayor proporción en la gasolina Nova, se esperaba encontrarlo en mayor proporción en las partículas, pero debido a que este elemento se elimina en su mayoría como un compuesto volátil se encontró en poca concentración a la altura del monitoreo.

Los elementos encontrados en partículas atmosféricas seguirán aumentando y su persistencia en el ambiente puede ocasionar efectos adversos por acumulación en los seres vivos.

Es recomendable seguir con el monitoreo de elementos dentro del municipio y tratar de implementar una red de monitoreo para establecer de manera más clara el comportamiento de los elementos traza y otros contaminantes en Cuautitlán Izcalli, y así reconocer las zonas de mayor problema por contaminantes atmosféricos para tratar de implementar soluciones con las autoridades competentes.

BIBLIOGRAFIA.

1. Gopnothon N Algunos Aspectos de la Relación entre la Salud y el Medio Ambiente
OIEA Boletín Vol 36, No. 4, 1994. Viena Austria, p p 10-17
2. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994. Secretaria de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología México D.F. Capitulo Aire
3. Carrillo A La Contaminación Ciencia y Desarrollo Vol XIX, No 109, marzo/abril 1993
4. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1989-1990. Comisión Nacional de Ecología (CONADE) Mexico D.F. Capitulo 4, p p 69-81
5. Riveros Héctor G Hidrocarburos en la Atmósfera de la Ciudad de México. Ciencia y Desarrollo No 125, noviembre/diciembre 1995 p p 15-16
6. Albert Lilia A Curso Básico de Toxicología Ambiental 2a de Ed Limusa Mexico D.F 1988
7. Memorias del Curso " Contaminación del Aire ", Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Programa Universitario del Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería, del 7 al 11 de agosto de 1995 Ciudad Universitaria Mexico D.F
8. Granados C Francisco, Iturbe G Jose Luis, Garcia S Irma Identificación de Elementos en la Atmósfera en el Valle de Toluca por Análisis por Activación Neutrónica Informe IB-92-20, Gerencia de Investigación Basica, Dirección de Investigación y Desarrollo Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares Junio de 1992
9. Ross R La Industria y la Contaminación del Aire 1a ed Ed Diana México D.F 1974

10. Parker Albert. Contaminación del Aire por la Industria. la edición en español. España 1983.
11. Lowry W. El Clima de las Ciudades. Investigación y Ciencia Agosto 1967, p p. 202-207.
12. García G. Lilia. Precipitaciones Acidas en el Período 1987-1991. En el Area Metropolitana de la Ciudad de México. Ciencia y Desarrollo Vol XIX No. 13, noviembre/diciembre 1993 p p 31-39
13. Gay Corbs El Efecto Invernadero en México. Ciencias No 22, abril 1991 p p 3-10.
14. Van de Vote J. La Energía Nucleoeléctrica y su Papel en la Limitación de las Emisiones de Dióxido de Carbono. Boletín del OIEA No 4, 1993 p p 20-26
15. Dr. Dreisbach R Manual de Toxicología Clínica, Prevención, Diagnóstico y Tratamiento 5a ed Ed El Manual Moderno México DF 1984
16. Pereira Bastos M Aspectos Toxicológicos de Agentes Químicos. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Metepec Estado de Mexico 1986
17. Navarrete M. Estudios de la Contaminación del Aire en la Ciudad de México. Memorias del IAEA-SM-175/AI
18. Salazar S Identificación de la Fracción Mineral del Aerosol Atmosférico, en una Zona Urbana de la Ciudad de México por Medio de Difracción y Fluorescencia de Rayos X. Atmósfera 2, 1989 p p 103-110
19. Castellanos, Salazar, Gómez Influencia en la Composición del Suelo en el Aerosol Atmosférico de Cuatro Zonas de México. Atmósfera, 4, 1991 p p 165-176
20. Falcon Y Contaminación por Partículas Atmosféricas en la Ciudad de México Geof Int Vol 27-1, 1988 p p 99-110
21. Miranda Javier Determination of Elemental Concentrations in Atmospheric Aerosol in Mexico City using Proton Induced X-Ray emission. Atmospheric Environmen Vol 28, No 14, 1994
22. Salazar Elemental and Morphological Analysis of Atmospheric Particles from Southwestern part of Mexico City Bul Environ Contam Toxicol No 51, 1993 p p 247-254

23. Plan del Centro de Población Estratégico de Cuautitlán Izcalli 1994-1996. H. Ayuntamiento Constitucional de Cuautitlán Izcalli 1994-1996, Aprobado por la H. LI Legislatura del Estado. Toluca México, marzo de 1994
24. Landsberger S. Las Técnicas Nucleares y la Evacuación de los Desechos Sólidos no Radiactivos. Boletín del OIEA, 1/1993 p p 14-17
25. Martín P. Métodos Fisicoquímicos de Análisis. 1a ed en español, España 1975
26. Travesi Antonio Análisis por Activación Neutrónica. Teoría, Práctica y Aplicaciones. Publicaciones Científicas de la Junta de Energía Nuclear, Servicios de Publicaciones de la J.E.N. Madrid España 1975
27. Bulbulian S. La Radiactividad. La Ciencia desde México No 42 Fondo de Cultura Económica México D.F. 1987
28. Jiménez R. La Medición de la Radiación Nuclear. Ciencia y Desarrollo. No.23, nov /dic. 1978
29. Ponce M El Reactor Nuclear TRIGA MARK III del Centro Nuclear de México. Serie de Divulgación del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Salazar México sep. 1980.
30. Iturbe G. José Luis, Jiménez B. Jaime, López Muñoz B. Determinación de Br y Cl en Hidrocarburos (gasolinas) Mediante Análisis por Activación Neutrónica y de Pb por Absorción Atómica. Rev Int Contam Ambient 11(2), 1995 p p 117-120.
31. Mortimer Charles Química. 1a ed en español Ed Iberoamericana México 1983. p 522
32. Diario Oficial de la Federación, Tomo DXI, No 3 México D.F. Miércoles 3 de abril de 1996. 2a sección p p 17-19
33. J. Miranda, J R Morales, et al, A study of elemental contents in atmospheric aerosols in Mexico City Atmosfera (1992), 5, pp. 95-108