

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE POLVO SUSPENDIDO EN CIUDAD
UNIVERSITARIA

Gabriel Chavarría Chávez

Ingeniero Químico

1978.



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.

TESIS 1978

AS _____
BO M. 145 99 94
ECHA _____
COC _____
S _____



| | |
|---------------|--------------------------------|
| Presidente | Ing. Alberto Obregón Pérez |
| Vocal | Ing. Emilio Barragán Hernández |
| Secretario | Ing. Carlos Romo Medrano |
| 1er. Suplente | Ing. Jorge Mencarini Peniche |
| 2do. Suplente | Ing. Alberto de la Fuente Zuno |

Sitio donde se desarrolló el tema: Centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua.- SARH.

Sustentante:

Gabriel Chavarría Chávez

Asesor:

Ing. Emilio Barragán Hernández

ESTUDIO DE POLVO SUSPENDIDO
EN CIUDAD UNIVERSITARIA

| | | |
|------|---|-----|
| I. | INTRODUCCION Y EFECTOS | 1 |
| | a) Introducción | |
| | b) Antecedentes Históricos | |
| | c) Atmósfera | |
| | d) Importancia del aire para el hombre | |
| | e) Principales contaminantes atmosféricos | |
| | f) Efectos toxicológicos | |
| | g) Aspectos legales | |
| II. | MATERIALES Y METODOS | 57 |
| | a) Descripción del equipo | |
| | b) Técnicas de muestreo | |
| | c) Métodos de laboratorio | |
| III. | PARTE EXPERIMENTAL | 117 |
| | a) Análisis de inorgánicos | |
| | b) Análisis de orgánicos | |
| | c) Análisis de microbiológicos | |

| | | |
|------|----------------------|-----|
| IV. | ESTUDIOS ESTADISTICO | 135 |
| V. | DISCUSIONES | 180 |
| VI. | CONCLUSIONES | 192 |
| VII. | BIBLIOGRAFIA | 195 |

Con el más sincero respeto y cariño a mis padres, que me -
alentaron en los momentos difíciles y me ayudaron a finalizar mis
estudios:

Sr. Luis Chavarría Romero

Sra. Bernardina Chávez Quintanilla

A mi tía

Srita. Vicenta Chávez (Q. E. P. D.)

A mis hermanos

Mario

Margarita

Elena

Agradezco

A todas las personas que hicieron posible este trabajo:

Prof. Wilfrido del Angel

Dr. Ubaldo Bonilla

QFB Luz María Oropeza

Dr. Jorge Aguirre

Ing. Emilio Barragán

Dr. Enrique Marquez

Ing. Efraín Rosales

Ing. Clementina Ramírez

Sr. Francisco Villegas

QFB Lin Moreno

Sra. Victoria Mandujano

Srita. Guadalupe Santaella

A todos mis maestros

A mis tíos, tías, primos, parientes y amigos

Con profundo amor

a mi novia

a) INTRODUCCION

La delgada capa de aire, que forma la atmósfera terrestre la cual, mantiene la vida, es una mezcla de gases formada hace millones de años, cuando el planeta, en estado de fusión se enfrió y condensó para formar rocas sólidas y agua, durante los siguientes millones de años, esta nube gaseosa se convirtió gradualmente en una mezcla de ingredientes adecuada para hacer posible la vida, tal como se conoce en la actualidad.

El delicado equilibrio entre esos componentes se conserva por la cooperación que hay en la naturaleza de una forma de vida con otra, como lo es la relación del oxígeno consumido por la vida animal, desechando bióxido de carbono, el cual es tomado por la vida vegetal, para crear y desarrollarse desprendiendo oxígeno.

Pero el hombre al tratar de conquistar la naturaleza, ha ido demasiado lejos y amenaza con romper el equilibrio de la naturaleza, quemando tanto combustible para producir energía, consumiendo oxígeno y produciendo bióxido de carbono a tal velocidad que la naturaleza empieza a perder su equilibrio. Existen señales en donde la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera aumenta ligeramente, pero nadie sabe a ciencia cierta cuál será el resultado de este incremento, se anticipa que habrá un cambio radical en el clima terrestre.

La actividad humana no sólo está alterando el equilibrio oxígeno-bióxido de carbono en la atmósfera, sino también está vaciando en ella enormes cantidades de gases, humos y polvos de desecho y en ciudades de grandes concentraciones, las actividades humanas hacen que sus habitantes vivan bajo constantes nubes de estos desperdicios, no es difícil comprender que el aire no es ilimitado y realmente carecen de importancia las impurezas vertidas en él.

Nadie sabe con certeza cuál será el resultado de este constante cambio dentro de la ecología, pues se debe recordar que el hombre forma parte de la naturaleza, pero el hombre ha manifestado la tendencia a pasar por alto, el hecho de su dependencia de una gran red de funciones y organismos que constituyen los ciclos rítmicos, las cadenas de nutrición, donde una parte viva del ambiente se alimenta de otra.

Se debe evitar la contaminación del aire para volver a gozar de los limpios y azules cielos en las ciudades y se necesita dinero, decisión y colaboración de todos.

b) ANTECEDENTES HISTORICOS

Algunos códigos romanos ya contenían algunas disposiciones tendientes a regular la incineración de cadáveres y las basuras quemadas por los ciudadanos dentro de sus predios. Los primeros antecedentes históricos al problema de la contaminación del aire aparecieron en Inglaterra a fines del siglo XIII, donde por falta de leña, los ingleses comenzaron a quemar gran cantidad de carbón (hulla), enviando el aire que los rodeaba. "CARBON DE MAR", era como se conocía por los ingleses al combustible sustituto de la leña, pues era traído a Londres por barco, su uso se extendió tanto que hizo tan desagradable el ambiente, que el Rey prohibió su uso.

A pesar de todo, los gobernantes ingleses nunca tuvieron mucho éxito para liberarse de la contaminación del aire debido al "carbón de mar", pues en 1578 la Reina Isabel I, se quejaba de las molestias provocadas por la incineración del carbón, fue también en este país donde apareció la primera literatura formal en materia de contaminación del aire en forma poco extensa, en el "FUMIFUGIUM", elaborado por John Evelyn, en 1661, con citas en latín y griego, muy de acuerdo a esa época, pero cabe destacar el análisis que en esta obra se tiene, de las causas de la contaminación del aire en Londres, al proponer como solución el traslado de las industrias de la

ciudad a lugares muy alejados y seleccionando las características topográficas, lo cual hoy en día es valedero. (14)

Al inicio de la Revolución Industrial en Inglaterra, a principios del siglo XIX, la contaminación llegó a convertirse en un problema bastante serio, pues miles de fábricas quemaban gran cantidad de carbón de baja calidad y la campiña comenzó a ser invadida por el humo, al mismo tiempo en los Estados Unidos de Norteamérica, en el año de 1881, se aprobó en Chicago la primera Ley Norteamericana contra el humo. (8)

La contaminación en forma aguda se ha presentado en forma muy aislada, en poblaciones que reúnen condiciones topográficas y meteorológicas especiales, resultando panoramas complejos para los habitantes de esas ciudades, como en el año de 1924 en la costa oriental de Prusia y en 1930 en el Valle de Mosa, en Bélgica, en donde el valle se cubrió con una espesa niebla por espacio de una semana, a la cual se atribuyó la muerte de 63 personas. (14) (8).

Un fenómeno similar al de Bélgica ocurrió en los Estados Unidos, en el estado de Pensylvania, teniendo como escenario la ciudad

de Donora y donde una niebla cubrió a la ciudad durante 5 días, obligando que sus habitantes la abandonaran con gran pánico, después de haber enfermado el 43% de su población y muerto 20 personas, en el año de 1948. (8)

En 1950, en el estado de Veracruz, en la ciudad de Poza Rica, ocurrió un fenómeno similar a los anteriores, causando algunas afecciones al corazón y a los pulmones de sus habitantes, y algunas la muerte, siendo las causas principales los contaminantes aportados por la industria y pocas variaciones atmosféricas. Estos fenómenos se repitieron en Londres, en el año de 1952, en donde se atribuyen hasta 12 000 muertes no previstas, también en un período de 5 días de espesa niebla, este fenómeno es amargamente recordado por los londinenses como la "NIEBLA NEGRA". (8)

También las ciudades de New York en 1953, Rotterdam y Hamburgo en 1962 y posteriormente en Detroit, E.U.A., Yokohama y Osaka en Japón, presentaron fenómenos similares a los antes mencionados.

Hoy las grandes concentraciones urbanas se ven cubiertas por -

una nebulosidad casi no apreciada por los habitantes, a menos que se pueda observar de una colina o de una parte alta, la nebulosidad va de un color azulado a un oscuro y sus habitantes muchas veces sienten algún lagrimeo en los ojos, y ataques en las vías respiratorias. Para designar este tipo de contaminación se ha hecho popular la palabra "SMOG", que al parecer, apareció en el año de 1905, como una contracción de dos palabras inglesas "SMOKE" que significa humo y "FOG" que significa niebla, la palabra así generada se ha convertido en un término muy habitual aún en los países de habla española y en los países europeos, donde se emplean idiomas distintos del inglés, como sinónimos de la palabra SMOG, en español se usan "NEBLUNO" , "BRUMO", pero es más común la contracción inglesa.

c) ATMOSFERA

La tierra está rodeada por una capa gaseosa, llamada atmósfera terrestre, compuesta principalmente de nitrógeno y oxígeno, la atmósfera va disminuyendo a medida que aumenta la distancia en relación con la superficie terrestre, hasta que a una altura aproximada de 400 kilómetros comienza a confundirse con el vacío del espacio exterior, muy a menudo se suele dividir a la atmósfera en tres capas; la Tropósfera, que va desde la superficie terres-

tre hasta una altura de doce kilómetros, la Estratósfera, que va - de los doce a los noventa kilómetros y la Ionósfera que se encuentra por arriba de los noventa kilómetros. (8)

La atmósfera no está inmóvil, el movimiento depende del efecto calefactor del sol, de la rotación de la tierra y de la fricción - entre el aire y la tierra.

Conforme el sol calienta la superficie terrestre, el aire más - próximo a ella sufre un calentamiento, haciendo que emigre hacia - las partes superiores y el aire frío de las alturas baje, al ser des- plazado este por el aire caliente, produciendo una circulación con- t^una, sin embargo, el Ecuador recibe más luz solar que las regio- nes polares y significa una circulación de aire denorte a sur.(8)

La atmósfera presenta la composición en por ciento en volumen- como sigue: (8)

TABLA I

| | |
|-----------|----------|
| Nitrógeno | 78. 03 % |
| Oxígeno | 20.99 |

| | |
|--------------------------|----------------|
| Argón | 0.94 |
| Bióxido de carbono | 0.03 |
| Neón | 0.00123 |
| Helio | 0.0004 |
| Criptón | 0.0059 |
| Xenón | 0.000006 |
| Hidrógeno | 0.01 |
| Metano | 0.002 |
| Oxido nitroso | 0.00005 |
| Vapor de agua | variable |
| Partículas en suspensión | variable (1) |
| Ozono | variable (2) |
| Formaldehído | dudoso (3) |

(1) Los tipos y concentraciones varían de una región a otra y de una estación a otra, con respecto a condiciones naturales.

(2) Formado por radiaciones ultravioletas y por las descargas eléctricas, estas concentraciones varían de 0 a 0.07 ppm.

(3) Proveniente de fuentes biológicas o por oxidación del metano.

La temperatura del aire es variable, pues varía con los diferentes horarios y estaciones, una característica importante es que en condiciones normales, la temperatura disminuye con la altura, en proporción de 1°C por cada 100 m., algunas veces se pueden dar condiciones inversas donde la temperatura aumenta con la altura.

La densidad atmosférica al nivel de la tierra es de 1.295 g/cm^3 , en lo referente a la masa de la atmósfera hay diferencia, pero estas cifras varían por 4.5×10^{15} a 6×10^{15} toneladas. (14)

En la atmósfera se encuentran, compuestos que no le pertenecen, los llamados contaminantes, los cuales pueden proceder de fuentes naturales como; tormentas de arena, polvo levantado por la acción del aire, cenizas y gases provocados por un fuego forestal, etc., o bien pueden haber sido ocasionados por las actividades del hombre, actualmente se han desarrollado miles de formas de ensuciar el aire y cuanto más desarrollo tecnológico tenga una sociedad, más contaminantes se tendrán que eliminar, si es que se desea mantener limpia la atmósfera.

d) IMPORTANCIA DEL AIRE PARA EL HOMBRE

El ser humano no puede sobrevivir sin respirar, por más de 5 minutos, además por este método, el cuerpo humano produce la energía necesaria para el movimiento de, brazos, piernas, cabeza, ojos, etc. y todas las demás funciones del organismo. Cuando inhalamos el aire, pasa a través de la nariz y llega a los pulmones donde se efectúa un intercambio de gases, donde el aire recoge los gases de desecho y en una exhalación salen por la nariz, el calor producido en esta combustión se elimina por la piel. Esta función respiratoria es realizada por todos los seres vivos (plantas, animales y microorganismos) de una forma u otra.

Viendo con detalle la respiración, el cuerpo humano al inhalar aire expande el tórax que es la cavidad enmarcada por las costillas y el diafragma, en esta parte se encuentran los pulmones, por lo cual al expandirse el tórax, los pulmones aumentan su volumen, permitiendo el paso de aire, y éste llega hasta unas terminales parecidas a pequenísimas bolsas llamadas alveolos, en donde se realiza un intercambio de oxígeno; proporcionado por el aire y el bióxido de carbono, siendo éste un producto de desecho, que produce el cuerpo por medio de la combustión, el intercambio de oxígeno-bióxido de carbono se realiza por las paredes de los alveolos. El oxígeno del

aire pasa la pared del alveolo y se combina con una substancia de la sangre llamada "HEMOGLOBINA", al mismo tiempo el CO_2 , gas que transporta la sangre como producto de desecho, pasa de la sangre al aire para ser eliminado al exhalar.

La sangre con su nueva provisión de oxígeno fluye a todos los órganos y tejidos del cuerpo a los que provee de oxígeno y de los que recoge una nueva cantidad de bióxido de carbono, el ciclo completo vuelve a repetirse, siendo una función esencial del cuerpo humano.

Los pulmones están equipados con algunas formas de protección contra las partículas que se encuentran en el aire, aunque están indefensos contra ataques de gran importancia.

Miles de vellosidades llamadas cilios, revisten la superficie interna del pulmón y continuamente expulsan hacia afuera cualquier material extraño, la superficie interna pulmonar también segrega un líquido llamado moco, que contribuye a la limpieza, si los pulmones se irritan, el flujo de moco aumenta, se hace viscoso y se expulsa al toser cuando se tiene catarro. A pesar de las defensas del cuerpo, hay partículas pequeñísimas que acarrea el aire y pueden llegar a lo más profundo de los pulmones, alojarse ahí y provocar probablemente alguna enfermedad.

Todo lo anterior hace que el aire respirable a los seres humanos no tenga materias extrañas, las cuales no puedan ser expulsadas por las defensas naturales del cuerpo y puedan quedar en los pulmones, causando graves consecuencias.

e) PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Los contaminantes en la atmósfera proceden de los subproductos de todo tipo de combustión tanto en la industria como los realizados en los sistemas domésticos, de calefacción, incineración, servicios públicos, transportes, etc. Aparte de las combustiones, otras fuentes de contaminación atmosférica son los residuos de las industrias químicas, petroquímicas, metalúrgicas y del cemento.

Las condiciones meteorológicas intervienen en las concentraciones de contaminantes, como también las condiciones topográficas e hidrológicas, debido a ello se afirma que la contaminación atmosférica en cada ciudad posee características naturales propias, como son, su concentración urbana, e industrial etc., cada problema de contaminación, debe ser estudiado en forma particular para cada ciudad y las soluciones no podrán ser referidas a otras ciudades para obtener resultados semejantes.

Los contaminantes atmosféricos se pueden dividir en los siguientes grupos:

GASES

PARTICULAS

OLORES

RUIDO

Estos contaminantes pueden formar mezclas muy diversas, debido al clima, temperatura, energía solar, condiciones topográficas, ecológicas, urbanas, etc.

GASES

Los contaminantes gaseosos no se pueden ver, pero producen irritación en los ojos y en las mucosas, pueden producir enfermedades fisiológicas a largo plazo, los gases se pueden determinar midiendo continuamente alguna propiedad física o química o deben ser colectados para hacer pruebas químicas intermitentes, la eliminación de los contaminantes gaseosos exige un cambio básico en la fuente de origen o la modificación del proceso que los genera.

Se consideran peligrosas las concentraciones de contaminantes gaseosos, habiéndose determinado por métodos químicos analíticos, como huellas o trazas, que rara vez son superiores al 0.001% en volumen en una muestra atmosférica y generalmente con dos o tres órdenes de magnitud abajo de esta cifra. Los términos más comunes para expresar la concentración de un contaminante son partes por -

millón (ppm), partes por cien millones (ppcm) y partes por mil millones (ppmm).

Recientemente se ha preferido emplear el peso del contaminante por unidad de volumen para las medidas de contaminación de aire, - las unidades son microgramos por metro cúbico, esta expresión proporciona una información más clara para consideraciones toxicológicas, pero exige una conversión a condiciones de presión y temperatura normales.

Los contaminantes gaseosos más comunes son el monóxido de carbono, anhídrido sulfuroso y los oxidantes, como los óxidos de nitrógeno y el ozono, pero a menudo hay que recordar los efectos - - sinérgicos y reacciones entre los contaminantes como resultado de su presencia en la atmósfera y el vapor de agua, el oxígeno atmosférico, la luz solar, etc. El CO_2 se incluye también, pues se considera como un desecho industrial.

Monóxido de Carbono (CO)

En el mundo actual el contaminante más abundante es el monóxido de carbono, en EE.UU se calcula que se produjeron 102 millones

de toneladas, y el 60% de él procedían de escapes de vehículos, todo ello en el año de 1968. El monóxido de carbono es un gas incoloro - inodoro que se combina preferentemente con la hemoglobina de la -- sangre, bloqueando el sistema de transporte de oxígeno del cuerpo - humano, si la concentración es elevada, la persona puede asfixiarse rápidamente.

A bajas concentraciones, como las encontradas en los ambientes urbanos se establece un equilibrio en el torrente sanguíneo donde la persona expuesta, padece una ligera pérdida de la coordinación de los reflejos, la cual apenas es perceptible, hiperglobulia, etc., cuando la persona sale del medio contaminado elimina el CO. Las concentraciones suben cada vez más en las zonas urbanas al aumentar el - número de automóviles cada año. El anhídrido sulfuroso (SO₂), inmediatamente provoca irritación en los ojos, los polvos oscurecen el - cielo y ensucian las calles, pero el CO no se percibe.

La fuente principal de CO es la combustión incompleta de combustibles que tiene lugar cuando no hay ni suficiente tiempo, ni oxígeno para convertir todo el carbón en bióxido de carbono, el motor de gasolina funciona por una combustión casi instantánea con una mezcla de combustible-aire y produce CO en cantidades hasta de 7% aproximi

madamente, en los automóviles nuevos y ajustados en fábrica, se pueden efectuar adaptaciones para reducir la producción de CO, pero el costo es elevado y el funcionamiento del motor resultará afectado, en los hornos estacionarios el margen de ajuste es más completo y es imprescindible por razones económicas, la producción de CO implica la pérdida de dos terceras partes de la energía calorífica disponible.

Otras fuentes importantes de contaminación de CO son la incineración de basura, las industrias de la fundición, refinerías de petróleo, etc.

En forma natural, los volcanes y los incendios forestales son fuentes de CO, las plantas producen cantidades mínimas como producto de desecho.

- Los síntomas de las concentraciones altas de CO son los siguientes: dolor de cabeza, mareo, cansancio, parpadeo, zumbido de los oídos, náuseas, vómitos, palpitaciones, opresión en el pecho, dificultad para respirar, debilidad muscular, desmayo y finalmente la muerte. Estos síntomas se presentan como por ejemplo a elevadas altitudes, donde falta el oxígeno, y el efecto es similar al de la in

toxicación por CO.

Reacciona con la hemoglobina 210 veces más rápidamente que el oxígeno para formar carboxihemoglobina, reduciendo la capacidad de oxígeno de la sangre, como ésta es una reacción reversible, si se sale de la atmósfera que contiene CO, éste se irá eliminando gradualmente hasta alcanzar un nivel normal, el tiempo necesario para alcanzar el nivel normal es de 4 a 5 horas.

El ascenso en los niveles de CO del aire en una ciudad, son en las horas de entrada y salida del trabajo, horas de tráfico, en los lugares muy concurridos y con poca ventilación, lugares donde hay personas que fuman, etc. Los efectos fisiológicos de los niveles no tóxicos de exposición al CO son proporcionales al contenido de carboxihemoglobina de la sangre.

En el aire puro, la sangre contiene aproximadamente 0.5% de carboxihemoglobina debido a la descomposición natural en el organismo, concentraciones superiores a esta cifra se deben a la presencia de CO en el ambiente. La exposición a 30 ppm de CO durante 8 horas producirá aproximadamente el 5%, los fumadores suelen encontrarse concentraciones aproximadamente entre 5 y 10%. Los niveles inferiores al 5% pueden afectar a la elección de decisiones y reducir

la agudeza visual. Por arriba del 5%, se han observado efectos sicomotores, pero aún no se han definido los efectos a largo plazo. Los perjuicios de la contaminación por CO resultan difíciles de definir y por lo tanto los niveles de seguridad.

COMPUESTOS DE AZUFRE

Los contaminantes más tóxicos son los compuestos que contienen átomo de azufre, los cuales incluyen varios óxidos de azufre y otros compuestos que generalmente son mal olientes, el bióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO_2) es la emisión industrial más importante, el SO_2 es un gas cuyos efectos en plantas y animales son fáciles de comprobar, sin embargo, en la atmósfera reacciona para formar trióxido de azufre o anhídrido sulfúrico (SO_3), que se combina rápidamente con el vapor de agua para formar lloviznas de ácido sulfúrico, las que son extremadamente corrosivas y tienen propiedades tóxicas proporcionales al tamaño de la partícula, hay todavía más complicación, pues hay diversos efectos catalíticos que tienen otras partículas en las reacciones de formación y de destrución

ción del ácido sulfúrico.

Las concentraciones del SO_2 afectan al cuerpo humano muy -
sensiblemente, pues concentraciones de 0.8 ppm llegan al umbral -
del paladar y 1 ppm resulta una experiencia muy desagradable, pro-
duce cambios en la respiración y en el pulso.

En la atmósfera, el SO_2 puede reaccionar con el oxígeno del
aire por reacción fotoquímica para formar SO_3 , el cual se hidrata
inmediatamente para formar ácido sulfúrico en gotas finas, las ve-
locidades de estas reacciones dependen de la cantidad de humedad -
presente, de la luz solar.

El ácido sulfúrico y los sulfatos son tan abundantes que cons-
tituyen en general del 5 al 20% de todas las partículas suspendidas
en las muestras de aire en las ciudades y ocasionan algunas veces
disminución de la visibilidad.

Partículas mayores de 5 micras, permanecen en suspensión -
en el aire exhalado, menores de ese tamaño pueden quedar atrapa-
das en los pulmones y si son oxidables se transforman a ácido sull

fúrico, como las partículas de sales ferrosas, constituyen elementos de compuestos activos y pueden contribuir a elevadas afecciones pulmonares.

Las construcciones artificiales resultan perjudicadas con la obra destructora combinada del SO_2 y el ácido sulfúrico, las estructuras de acero, cables de luz, telas, edificios, pinturas, etc., son gradualmente destruidos y peor aún resulta el daño ocasionado a las esculturas, arquitecturas, frescos retablos, templos, etc., que han sobrevivido a muchos siglos, para ser carcomidos en el siglo XX.

OXIDANTES FOTOQUIMICOS

El automóvil ha aportado una nueva clase de smog que se conoce como SMOG FOTOQUIMICO y es producido por la acción de la luz del sol en los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, procedentes de los escapes de los vehículos, para producir una mezcla compleja y tóxica de gases que se combina con la niebla y el humo, puede irritar gravemente los ojos y el tracto respiratorio y en consecuencia aumentar la frecuencia de infecciones, apenas se está tratando de conocer en qué consiste este fenómeno.

El oxidante fotoquímico es el resultado de una serie de reacciones complicadas, muchas de las cuales apenas se sospechan, algunas se exponen en la siguiente figura:

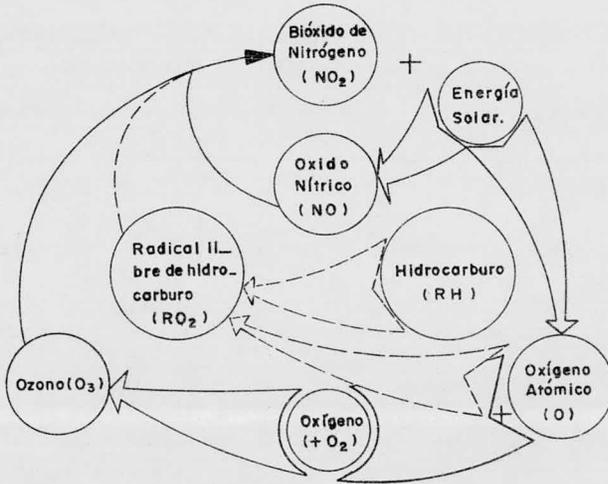


Figura No. 1

Los componentes de los oxidantes fotoquímicos se pueden dividir en sustancias primarias y secundarias, según sean producidas por las emisiones de los vehículos o el resultado de reacciones atmosféricas. Los hidrocarburos y el NO son gases primarios, únicamente producidos por los motores de combustión interna, algunos aldehídos y NO₂ están formados de sustancias secundarias, resultantes de la oxidación fotoquímica de los hidrocarburos y del NO, res-

pectivamente, el ozono y el nitrato de paroxiacilo (PAN) son secundarios, la luz solar tiene mucha importancia en estas transformaciones como se observa en la figura (1) cambian constantemente las concentraciones y proporciones atmosféricas en el transcurso -- del día, por lo cual el estudio del smog fotoquímico es sumamente complejo.

En general, el término oxidante fotoquímico se refiere solamente a tres compuesto O_3 , NO_2 y PAN.

El organismo humano es muy sensible al ozono y se puede detectar el olor característico, incluso en concentraciones de 0.02 ppm se siente fatiga sensorial y la irritación nasofaríngea se presenta - cuando hay una concentración de 0.3 ppm. El ozono daña el tejido - pulmonar, al parecer acelerado el proceso de envejecimiento y haciéndolo más susceptible a las enfermedades infecciosas.

En la bibliografía no hay alusión a el NO de los daños causados al cuerpo humano, el NO_2 es tóxico y produce obstrucción en - los conductos respiratorios y edema pulmonar.

PARTICULAS

En las grandes ciudades y en el desierto muy temprano se disfruta de algunos amaneceres espectaculares, el sol adquiere un color rojo brillante al elevarse en él y las nubes circundantes brillan con tonos que van del violeta oscuro al anaranjado y amarillo intenso, por desgracia los espectáculos duran poco y pronto la atmósfera adquiere su tono grisáceo en las ciudades.

En los estudios sobre contaminación de aire, se incluyen en el término partículas, todas las sustancias atmosféricas que no son gases como: iones, conglomerados moleculares, cristales de hielo, polvo, partículas de humo, gotas de lluvia, polen e incluso insectos, este conjunto tan diverso se divide en diferentes formas, según el efecto que se vaya a estudiar, pero en general todos tienen en consideración el tamaño de la partícula, y las propiedades tóxicas y ópticas dependen del tamaño. En el cuadro No. 1 se compara una amplia gama de materiales particulados de origen animal como de origen artificial. Para la explicación de los materiales que forman partículas en suspensión resulta útil clasificarlas en 3 grupos, así como para el estudio de sus propiedades y efectos.

| | | Diámetro de la partícula (μ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|--|---|-------|---|------|-----|--|---|-----|---|----|-----|---|---|----------------------|---|---------------------|-----|--|---|-----|---|------------------------|-----|---|---|-----|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | | 0.0001 | | 0.001 | | 0.01 | | 0.1 | | 1 | | 10 | | 100 | | 1000 | | 10000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | 2 | 4 | 6.8 | | | | | | | | | |
| Tamaños equivalentes | | 10 | | | | | | 100 | | | | | | 1000 | | | | | | 10000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | U. Angstrom | | | | | | malla teorica usese muy rara vez | | | | | | 65 35 20 10 5 3 x' x' | | | | | | 100 48 28 14 8 4 x' x' | | | | | | 60 40 20 12 6 3 x' x' | | | | | | | | | | | |
| Ondas electromagnéticas | | Rayos x | | | | | | Ultravioleta | | | | | | visible | | Proximo al infrarojo | | Lejos del infrarojo | | | | | | micro ondas radar etc. | | | | | | | | | | | | | |
| Definiciones técnicas | Dispersores gaseosos | Sólido | | | | | | Líquido | | | | | | Suelos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | humos | | | | | | Rocio | | | | | | Polvo | | | | | | Rocio | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Sistemas de clasificación estandar internacional | | | | | | Arcilla | | | | | | Salitre | | Arena fina | | Arena gruesa | | Grava | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dispersos de atmósferas comunes | | Smog | | | | | | Nubes y niebla | | | | | | Rocio | | Lluvia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partículas típicas y dispersoides | | O_2 CO_2 C_4H_6 H_2 F_2 Cl_2 moléculas de gas N_2 CH_4 SO_2 CO H_2O HCl C_6H_{10} Diámetros moleculares | | | | | | humo de resinas humo petroleo humo tabaco Polvos y humos metalurgicos humos de cloruro | | | | | | Cal molida y fertilizants. Cenizas finas Polvo carbón Polvos cemento Rocio concantrador H_2SO_4 Arena de playa | | | | | | Negro de carbón Pigmentos pintura Humo de oxido Leche desecada por coque Humos de alcalis Polvo atmosférico | | | | | | Rocio de conc. tacto H_2SO_4 Polvos insecta Talco molido Polen Harina molida | | | | | | Carbón pulverizado Minerales flotación | | | | | |

CUADRO No. 1

- a) menores de 0.1 micra
- b) de 0.1 a 1.0 micra
- c) mayores de 1 micra

En las atmósferas contaminadas se encuentra un número elevado de partículas sin carga, menores de 0.1 micra, las cuales reciben el nombre de núcleos Aitkiden, debido al investigador que descubrió una técnica para contarlas, basado en la condensación del vapor de agua, sin embargo, se cree que no intervienen en la formación de nubes, los datos químicos con que se cuenta son muy escasos, debido a su tamaño, pero el número de estas partículas varía directamente al cambiar los ciclos de contaminación y los de fotosíntesis vegetal.

Los iones existentes en la atmósfera adquieren su carga, debido al efecto de las radiaciones solares o cósmicas y su promedio de vida es inversamente proporcional al número de partículas diferentes que se encuentran en una zona, en consecuencia, se encuentran en menor proporción en las zonas urbanas que encima de los océanos. Se sabe muy poco de las propiedades y efectos de los iones, excepto que la conductividad eléctrica de la atmósfera depende del nú-

mero presente de estos pequeños y móviles iones. No se ha descubierto ningún efecto psicológico ni fisiológico en el hombre.

Las partículas de 0.1 a 1.0 micra se forman principalmente por condensaciones de los vapores y productos de combustión, otras fuentes incluyen el polvo atmosférico y la espuma marina, el espectro visible tiene longitudes de onda que se encuentran entre estos límites y por lo tanto, estas partículas son la causa de la neblina y de la disminución de la visibilidad, intervienen en reacciones atmosféricas, colisiones entre sí y en interacciones con la humedad; el resultado es un sistema dinámico que varía de acuerdo con muchos factores.

Las partículas de más de 1 micra tienen velocidades de sedimentación bien definidas y especialmente las mayores de 10 micras, proceden de la aglomeración de partículas resultantes de la combustión de cenizas, polvos y de varios productos de operación de desgaste y de pulverización, como los materiales molidos por peatones, vehículos, maquinaria, etc., entran también en esta categoría las gotas de lluvia, copos de nieve y el polen de los insectos.

La toxicología de las partículas precisa considerar la composición química y el tamaño, las partículas aproximadamente de 0.5 micras son retenidas por la nariz, mientras que las de tamaños inferiores tienen muchas probabilidades de depositarse en la tráquea o en los pulmones, los metales tóxicos, especialmente el plomo y el níquel, en forma de polvo o compuestos son los que han recibido más publicidad, la inhalación de finas partículas procedentes de la combustión del tetraetilo de plomo es, según muchas opiniones, la causa de que haya elevadas concentraciones de plomo en el cuerpo de los residentes en las ciudades. (Cuadro 2).

Los mineros, los obreros de las industrias de fundición y los mecánicos también deben estar conscientes de este peligro.

Las partículas orgánicas tóxicas incluyen los plaguicidas y los hidrocarburos aromáticos polinucleares. Por último las personas alérgicas son sensibles a la contaminación de partículas naturales en forma de polen.

OLORES

Es poca la referencia que se hace a los olores, pues éstos, son detectados principalmente por los humanos, constituyen una mo

NIVELES AMBIENTALES DE ANHIDRIDO SULFUROSO Y
PARTICULAS EN SUSPENSION Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

| Anhídrido sul- furoso Ugm/M ³ | Partículas en suspensión µgm/m ³ | E F E C T O S | AUTOR |
|--|---|--|--|
| 1000* | 1000* | Exacerbación de síntomas en pacientes con enfermedad -- crónica respiratoria | Waller y Lawther. Londres 1955 y 1957 (4,5) |
| 605 500 | 317 250 | Ligero aumento de síntomas respiratorios a los niveles - más altos señalados por el - método de control | Lawther. Londres 1970 (3) |
| 600 500 | 420 100 | Descenso progresivo en la producción de flemas con los niveles más bajos | Speizer. 1969.(6) |
| 300 30 | 200 120 | Aumento en la producción de flemas y disminución de la capacidad vital a los niveles más altos | Holland. Inglaterra y USA 1965. (7, 8, 9) |
| 130 | 138 | Aumento de síntomas respi- ratorios en niños por arriba de esos niveles | Douglas, Inglaterra 1966. (10) |
| 120 | 100 | Aumento de enfermedades respiratorias y descenso de la capacidad vital en niños | Lunn Inglaterra, 1967 (1) |
| 105 80 | 400 180 | Aumento de síntomas respi- ratorios en mujeres no fuma- doras de 65 y más años y - en los niveles superiores | A.Petrilli Italia, 1966 (12) |
| 55 35 | 180 132 | Aumento de síntomas respi- ratorios y ligera disminución de la capacidad vital a los - niveles más altos en hombres y mujeres de 25 a 74 años. | Ferris Alemania 1971 (13) |

Promedio anual: Generalmente en 24 horas.

FUENTE: Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1971.

lestia y un problema bastante complejo. La mayoría de los productos malolientes no se pueden detectar por análisis químicos comunes y la nariz humana es entonces, el estándar actual para la determinación de la intensidad del olor en el aire.

Todas estas respuestas son subjetivamente humanas, y frecuentemente varían de una persona a otra y pueden detectarse en concentraciones de huellas y abarcan grandes superficies. Los olores privan a las personas del goce y uso de sus propiedades.

Se concluye que aunque la percepción humana y la reacción al olor varían de acuerdo con el receptor, la adaptación a corto plazo y a largo plazo, las condiciones fisiológicas, y la percepción varían exponencialmente de acuerdo con la concentración de la sustancia olorosa. Sin embargo, las interacciones, con otros contaminantes presentes, pueden enmascarar o intensificar un olor. Como los olores sólo afectan el sentido del gusto, se comprende que materiales olorosos en el aire, influyen en el apetito.

Es difícil el análisis para contaminantes olorosos, pues muchas veces forman mezclas complejas. Y se describen con términos como: olor a fruta, flores, quemado y nauseabundos o malolientes, todas -

ellas son respuestas únicamente humanas y varían de una persona a otra.

Existen olores más nauseabundos que otros, los que se considera como malos y su valoración depende de la intensidad con que se perciban.

El "valor umbral" es el valor de la concentración abajo de la cual el olor no es perceptible para el promedio de los individuos. El valor umbral sólo se puede determinar por la reacción media de un grupo de personas, cuando es mayor un grupo, es mejor desde el punto de vista estadístico.

Un grupo de 3 a 12 personas es eficaz, la valoración del olor por un grupo de individuos se debe llevar a cabo en una habitación totalmente libre de olores.

La evaluación se hace colocando cierta cantidad de muestra en la nariz o inhalándola de un recipiente grande o con una máscara. - La preparación de una muestra se realiza mezclando los gases o partículas de cierta emisión con cantidades de aire inodoro, de acuerdo con el factor de dilución deseado.

Se debe incluir un estándar de calibración con el cual, el que se encarga de la prueba, compruebe su propia sensibilidad. Es importante esto en la valoración de olores, porque uno fuerte produce fácilmente fatiga y las pruebas que le siguen carecen de valor. Entre prueba y prueba es necesario un tiempo de reajuste, durante el cual el probador respira solamente aire inodoro, la persona que suministra la prueba debe evitar administrar las muestras con demasiada rapidez y que los olores no sean fuertes.

Los miembros del grupo de valorización de olores evalúan la muestra y le asignan un factor numérico de acuerdo a la siguiente escala.

- 0 = Sin olor
- 1 = Olor umbral
- 2 = Olor débil
- 3 = Olor moderado
- 4 = Olor fuerte
- 5 = Olor muy fuerte

Es frecuente usar la forma "unidades de olor" para el procedimiento de cálculo y se define como el número de diluciones ne-

cesario para llevar una muestra al valor umbral. Como por ejemplo 1 m³ de una emanación se diluye con 9 m³ de aire puro antes de alcanzar el valor umbral, se dice que contiene 10 unidades de olor por m³. Este factor, multiplicado por la velocidad de emisión de la chimenea en m³/min da las unidades de olor que salen de la chimenea por minuto.

RUIDO

Los oídos son el medio por el cual el cuerpo humano percibe cualquier sonido, el ruido se considera en general como un sonido desagradable, causando distorciones, es un problema de la época actual y es provocado por los medios de transporte (aviones, locomotoras, autobuses, etc.) , industrias, obras, etc.

La contaminación por ruido se manifiesta en el ser humano al interferir en su descanso, en el aprendizaje, al perturbar sus actividades diarias, etc.

El ruido afecta principalmente el sistema nervioso de quien lo escucha, dependiendo también de la duración, se puede llegar al desequilibrio emocional, además de alteraciones psicológicas, como angustia, irritabilidad, cambios en la personalidad y de una disminu

ción en la agudeza auditiva hasta llegar a crear sordera.

Por todo ello es necesario que sea regulado para evitar las consecuencias adversas que produce, las longitudes de onda en que es adverso al ser humano son los que rebasan de los 100 decibeles de la escala.

El decibel es la unidad que expresa la relación entre las potencias de un sonido determinado y un sonido de referencia en escala logarítmica. Equivale a 10 veces el logaritmo de base diez del cociente de las dos cantidades y se representa por dB.

El ruido causa daño al oído, es algo conocido desde hace un siglo donde los herreros presentaban sordera prematura. Existen dos razones que son provocados por el ruido; 1º. pérdidas insignificantes y breves del sentido del oído y que en realidad son fases preliminares de sordera total; segundo el creciente aumento de los niveles de ruido en las áreas habitadas, calculándose el aumento a razón de un decibel por año.

Muy a menudo se dice que la gente se llega a "acostumbrar" al ruido, pero lo sucedido en este caso es que la persona experimenta

ta una pérdida gradual del oído. (Fig. 1-A)

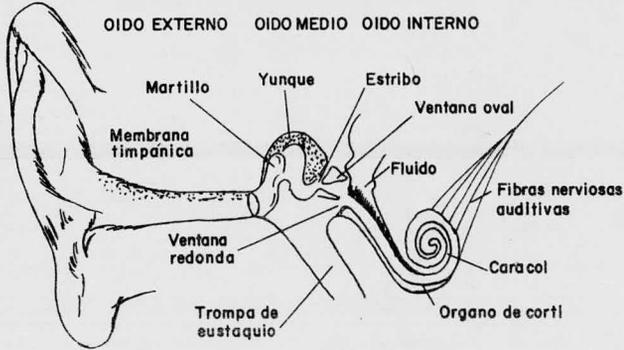
Al apreciar la importancia del oído es necesario conocer su funcionamiento. Las ondas sonoras dan contra el tímpano, transmitiéndose a través del oído medio a miles de diminutas células ciliadas del órgano de Corti en el oído interno. Estas células ciliadas captan las vibraciones y las transforman en impulsos eléctricos que se transmiten a los nervios y de ahí al cerebro.

Los sonidos repetidos o fuertes y sostenidos literalmente golpean con tal fuerza con las frágiles células ciliadas, que las destruyen. Existe la posibilidad de la destrucción de unas cuantas células, pero a través del tiempo van desapareciendo células hasta que el sentido auditivo se ve afectado gravemente.

Y al transcurrir el tiempo, se llega a la sordera total. En una persona de vida normal, (no expuesta al ruido) este deterioro tarda años y el sentido auditivo permanece en buenas condiciones. Hasta la vejez. Con niveles de ruido excesivo, el deterioro y la pérdida auditiva se manifiestan a una edad joven.

La Agencia de Protección del Ambiente (EPA), informa que

COMO SU OIDO ES GRADUALMENTE DESTRUIDO



VISTAS MOSTRANDO LA PROGRESIVA DETERIORACION DEL ORGANOCORTI

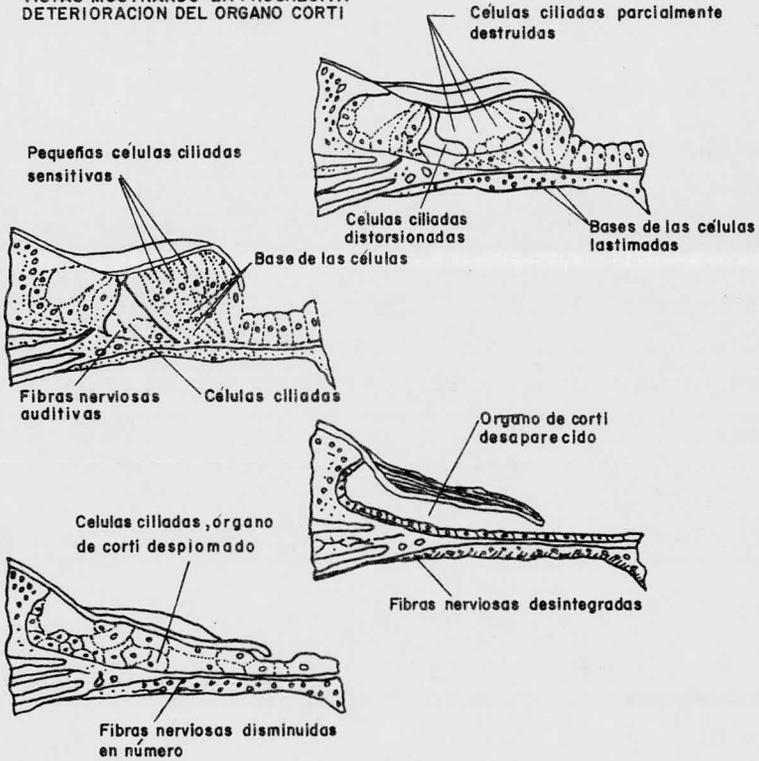


FIGURA No. 1-A

alrededor de 40 millones de norteamericanos están expuestos a ruidos con niveles peligrosos, continuamente. Además de causar trastornos emotivos por el ruido, se incluyen los desórdenes del corazón, úlceras, y espasmos gastrointestinales.

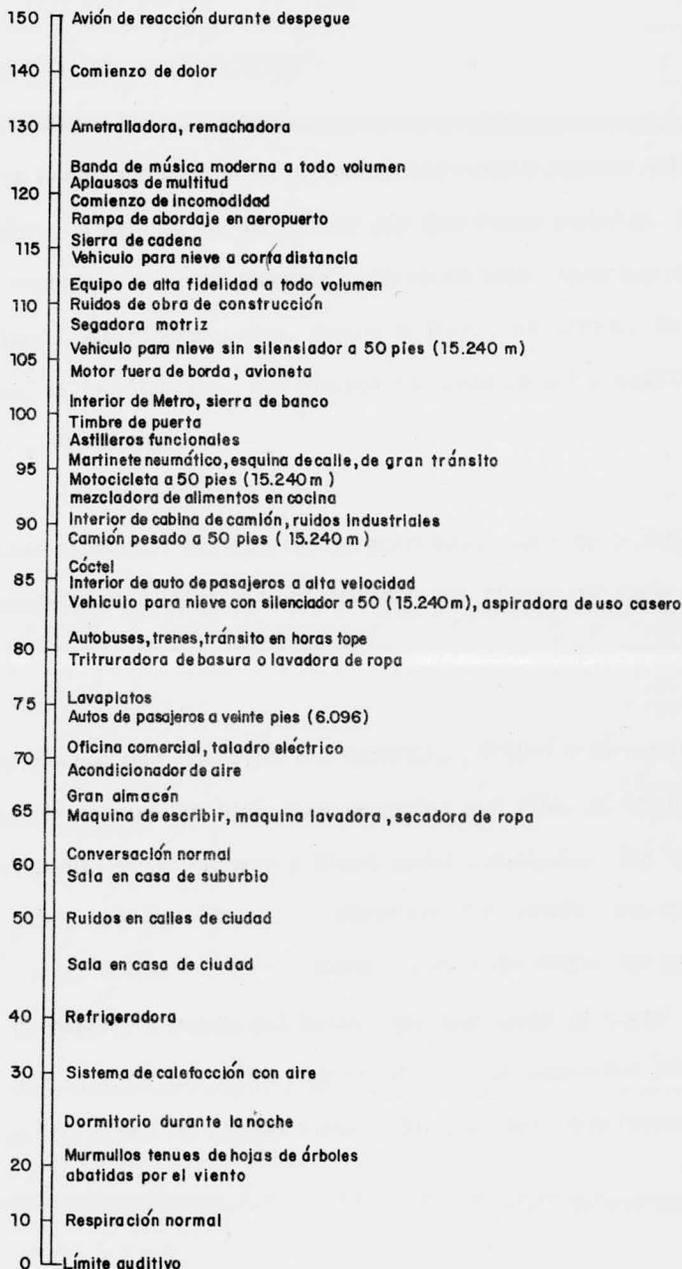
Los factores de los que depende el ruido, para resultar fuerte son: la intensidad y su duración. Así tenemos que el ruido producido por un trozo de gis al escribir en el pizarrón, puede ser molesto pero no lo suficientemente intenso para causar un daño, sin embargo muchos sonidos no son molestos y hasta posiblemente agradables; pueden ser nocivos, si se permite su duración durante un tiempo grande, por ejemplo el escuchar una orquesta sinfónica a un volumen alto, aun cuando resulta agradable escucharla. También los sonidos comunes del hogar o de las herramientas de un taller pueden ser un peligro, aunque generalmente sólo se escuchan en breves períodos de tiempo.

Como ya se mencionó anteriormente, la intensidad de un sonido se mide en decibeles (db), pero para fines médicos, las mediciones se efectúan en la llamada "escala A" (dbA), esta escala toma en cuenta las frecuencias altas a las cuales el sonido al ser humano le resulta más sensible. El aumento de los decibeles en la escala -

representa un aumento de ruido 10 veces mayor. A continuación se da una tabla de comparación de ruidos típicos en escala (dbA).

COMPARACION DE INTENSIDAD DE RUIDOS TIPICOS

Nivel de sonidos en decibeles (escala dbA)



tumbrado tanto a las molestias, que muchos de nosotros no la percibimos o la aceptamos como algo natural.

Los efectos más alarmantes de la contaminación del aire son, sin embargo, los incidentes vistos de contaminación extrema, como las muertes de los habitantes de Londres, Nueva York, Donora, Mosa, Poza Rica. La mayoría de los individuos muertos eran ya de edad avanzada y con molestias, pero la contaminación aceleró su muerte, al ejercer una tensión excesiva en su corazón y sus pulmones.

Pero, como afecta el ambiente contaminado a los millones de hombres, mujeres y niños que pasan todo el día y toda su vida en la ciudades existen pruebas, no definitivas, pero sí convincentes de las personas expuestas a la contaminación del aire, aún a niveles relativamente bajos, pues padecen más enfermedades del tórax y del pulmón, que los habitantes del campo con aire más limpio y puro.

Existen cuatro enfermedades pulmonares, las que se cree son producidas o agravadas por el aire contaminado de la ciudad y son: asma, bronquitis, enfisema y cáncer del pulmón.

Las pruebas reunidas hasta ahora demuestran la gran cantidad

de problemas pulmonares que sufren frecuentemente la población de las grandes urbes, los médicos descubrieron que los habitantes de las ciudades presentaban los "pulmones negros", debido a las partículas de color negro absorbidas al respirar, el color de los pulmones es rosado, semejante al de los pequeños o de la gente que toda su vida ha pasado rodeada de aire puro.

Describimos en forma breve las enfermedades que se mencionaron anteriormente.

El asma consiste en ataque de tos con ahogo, se acarrea la tos por inhalar algo a lo que el paciente es alérgico, pero el asma es algo producido por sustancias naturales, como el polen de las plantas, también puede ser provocado por la contaminación del aire.

La bronquitis crónica, afecta a los bronquios, siendo los conductos encargados de llevar el aire a los pulmones, éstos se tapan a causa del moco, en forma normal, y son los encargados de eliminar por medio del moco las partículas que han logrado introducir los pulmones.

El emfisema, es la hinchazón causada por el aire en algún tejido, y en el pulmón la rigidez de los alveolos, inflamándolos y se-

gregando pus. Esta enfermedad causa más molestias que el cáncer de pulmón y la tuberculosis.

El efecto de la contaminación el aire es también sentido por la vegetación, la cual su observación es fácil, pues se ven pocas plantas o con crecimientos muy raquíticos a lo largo de las autopistas muy transitadas. La completa defoliación de la vegetación va asociada con la contaminación y el anhídrido sulfuroso. Otros contaminantes gaseosos que son fitotóxicos incluyen a los fluoruros, ozono etileno y PAN.

Los contaminantes gaseosos que ocasionan daños a la vegetación pero en menor magnitud son; el cloro, los plaguicidas, amoníaco, mercurio, etc. Las partículas también producen fitotoxicidad al cubrir físicamente las hojas, inhibiendo así su respiración por estomas y/o reduciendo la fotosíntesis por absorción de luz. El daño es debido al variar el pH en los componentes de la célula, también se ha observado esto a veces. El polvo de los hornos de cemento se ha citado frecuentemente como agente nocivo para las plantas cuando se deposita en la superficie húmeda de las hojas, otros aerosoles cuyo efecto observado es pernicioso a la vegetación es el hollín, el óxido de magnesio, los polvos de las industrias fundidibras, etc.

El efecto de la contaminación en los animales no está bien documentado a la fecha, como es el caso del hombre, pero es evidente que muchos de los casos de contaminación del aire han resultado mayores para los animales domésticos. Por ejemplo, en Donora, un estudio del Servicio de Salubridad Pública, hizo constar que en especies menores, como perros 15.5%, 20% de los canarios, 11% de aves de corral y 77% de los gatos habían caído enfermos durante los días de smog, sin embargo, en las especies mayores como: el ganado vacuno y ovino, los caballos y los cerdos no padecieron efecto alguno significativo.

g) ASPECTOS LEGALES

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de cualquier sustancia puesta ahí por la actividad humana, en cantidades o volúmenes y concentraciones, las cuales sean capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, animales, plantas o con el pleno uso y disfrute de la propiedad. Como se observa esta definición excluye la presencia en el aire de las sustancias consideradas como contaminantes atmosféricos naturales.

El 23 de marzo de 1971, el Congreso de la Unión aprobó la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, esta Ley propone las bases para la prevención y control de la contaminación, con referencia al aire, agua y suelo.

Dentro de las condiciones o disposiciones generales se entiende que; la Ley y sus Reglamentos rigen la prevención y el control de la contaminación y el mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente, actividades que se declaran de interés público.

Esta ley tiene aplicación en todos los estados de la República.

Además el Ejecutivo Federal, tendrá a su cargo la prevención la regulación, el control y la prohibición de los contaminantes, sus causas, su procedencia y su origen, para evitar en forma directa - o indirecta la contaminación o degradación de los sistemas ecológicos.

También se declara como contaminante:

Toda materia o substancia, o sus combinaciones o compuestos o derivados químicos o biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios y cualquiera otro que - al incorporarse o adicionarse al aire, agua o tierra, puedan alterar o modificar sus características naturales o las del ambiente; así como toda forma de energía, como calor, radiactividad, ruido, que - al operar sobre o en el aire, agua o tierra, altere su estado normal y por contaminación:

La presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la Nación, en general o de los particulares.

El Ejecutivo Federal tendrá a su cargo la dictaminación de los Decretos y Reglamentos que estime para:

Localizar, clasificar y evaluar los tipos de fuentes de contaminación, señalando las normas y procedimientos técnicos o los que deberán estar sujetas las emanaciones, descargas, depósitos, transportes y, en general, el control de los contaminantes.

Regular el transporte, composición, almacenamiento y el uso de combustibles, solventes, aditivos y otros productos que por su naturaleza puedan causar o causen contaminación del medio ambiente, así como de vehículos y motores de combustión interna.

También de realizar, contratar y ordenar, según corresponda, los estudios, las obras o trabajos, así como la implantación de medidas mediatas e inmediatas que sean aconsejables para prevenir la contaminación ambiental.

Por consiguiente de hacer cumplir las disposiciones de esta Ley.

Dentro de Reglamento de la Prevención y Control de la Contaminación de Aire, queda prohibido sin sujetarse a las normas correspondientes, expeler o descargar contaminantes, que alteren la atmósfera en perjuicio de la salud y de la vida humana, la flora, la fauna y, en general los recursos o bienes del Estado o de particulares; - por lo tanto, la descarga de contaminantes en la atmósfera, como humos, polvos, vapores, gases, materiales radiactivos y otros, deberán sujetarse a las normas que se especifiquen en los Reglamentos correspondientes para lo cual, se deberán instalar o adaptar los aditamentos que el Ejecutivo en cada caso, a través de las dependencias correspondientes.

En el Reglamento se consideran como fuentes emisoras de contaminantes:

Las naturales que incluyen áreas de terrenos erosionados y desecados, emisiones volcánicas y otras semejantes.

En las artificiales o aquellas que sean productos de la tecnología y

acción del hombre, entre las que se encuentran:

Fijas, como fábricas, calderas, talleres, termoeléctricas, refinerías, plantas químicas y cualquier otra análoga a las anteriores.

Móviles, como son los vehículos automotores de combustión interna, aviones, locomotoras, barcos, motocicletas, y demás similares.

Y diversas como la incineración, quema a cielo abierto, de basuras y residuos, y otras que consuman combustibles que produzcan o puedan producir contaminación.

Para los infractores al Reglamento se impondrán

Las sanciones siguientes:

- I.- Multas desde \$50.00 a \$100,000.00
- II.- Ocupación temporal, total o parcial de las fuentes contaminantes y multa conforme con la fracción anterior.
- III.- Clausura temporal o definitiva de las fábricas o establecimientos que produzcan o emitan contaminantes y multa de acuerdo a la Fracción I.

Y para la imposición de las sanciones administrativas a que -

se refiere lo anterior, se oirá previamente al interesado por la autoridad que corresponda a efecto de que dentro del término de 30 días hábiles oponga defensa por escrito, rinda pruebas y alegue lo que a su derecho convenga. La resolución deberá dictarse dentro de los 30 días hábiles siguientes al término del plazo a que se alude lo anterior.

No será objeto de sanción alguna la contaminación causada por motivos de actividades puramente domésticas.

Se concede acción popular para denunciar ante la autoridad competente, todo hecho que contamine el medio ambiente en los términos de la Ley y sus reglamentos.

Son supletorios a la Ley y sus reglamentos, el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos y sus Reglamentos, la Ley Federal de Ingeniería Sanitaria, las demás Leyes que rijan en materia de tierras, agua, aire, flores y fauna y sus correspondientes reglamentaciones.

La Ley entrará en vigor el día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, y se firmó el 11 de marzo de 1971.

El Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de humos y polvos rige en toda la República y tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, a la observancia de la Ley.

Se dará atención especial al control de las fuentes de contaminación siguientes:

- I. - Incineración de basuras
- II. - Refinerías
- III. - Termoeléctricas
- IV. - Ferrocarriles
- V. - Vehículos automotores
- VI. - Plantas industrializadoras de guanos y productos de fertilizantes
- VII. - Plantas de concreto asfáltico

Además se prohíbe la combustión a cielo abierto, excepto en los casos siguientes:

Quando se efectúe con permiso de la autoridad competente para:

A) Intuir sobre procedimientos que tengan como fin combatir el -
fuego.

B) Describir materiales peligrosos que no sea posible eliminar -
por otros medios, sin causar un riesgo.

Cuando se trate de prevenir la propagación del fuego que no
pueda ser suprimido de otro modo.

Cuando sea indispensable en los procesos agrícolas

Cuando se trate de evitar la suspensión total o parcial de un -
servicio público.

Por razones sanitarias de interés colectivo.

Con fines de construcción o demolición en obras de interés pú-
blico.

Cuando el fuego se use para cocinar al aire libre y no provo-
que molestias.

Las emisiones de humo, provenientes de equipos estacionarios de combustión existentes, con exclusión de incineradores, no deberán ser más oscuras en apariencia que la señalada con el número dos en la escala conocida como Carta de Humo de Ringelmann, ni de tal opacidad que oscurescan la visión del observador, en un grado mayor que el humo correspondiente al número dos de la Carta mencionada; en ninguno de ambos casos, las emisiones deberán exceder de períodos de más de cinco minutos en una hora.

a) Las emisiones de humo, provenientes de vehículos o equipos accionados por motores de combustión interna (Ciclo Otto de gasolina), no deberán tener una duración mayor de diez segundos consecutivos.

b) Las emisiones de humo, producidas por vehículos o equipos accionados por motores de combustión interna (Ciclo Diesel), no deberán ser de una opacidad o densidad de humo, por períodos mayores de diez segundos, igual o mayor que la correspondiente al número 2 de la Carta de Humo de Ringelmann , excepto el período de calentamiento inicial del motor, el cual no deberá exceder de quince minutos.

En lo referente a las emisiones de humo, producidas por lo-

comotoras accionadas por motores Ciclo Diesel, no deberán ser de una opacidad o densidad de humo mayor que la correspondiente al número tres de la Carta de Humo de Ringelmann, en un período o períodos que sumados no sean mayores de treinta segundos, durante un lapso de tres minutos, consecutivos, excepto el período de calentamiento inicial.

Además en toda operación, proceso o actividad industrial la emisión de polvos no deberá exceder de las cantidades indicadas en la tabla número uno, en relación al peso de proceso correspondiente, o en la tabla número dos, en relación al volumen de gas en la gente, en metros cúbicos.

La emisión de polvos deberá referirse a condiciones normales de temperatura (25°C) y de presión (760 mm de Hg).

La licencia que expida la Secretaría de Salubridad y Asistencia para la instalación de una nueva industria, comprenderá las bases para el control de las fuentes de polvos fugitivos. Toda modificación de dichas fuentes será objeto del permiso correspondiente.

Sanciones

Las infracciones a lo dispuesto en los artículos (A) (B) se sancionarán con una multa de cincuenta a doscientos cincuenta pesos.

Las infracciones a lo dispuesto en todo lo demás, se sancionarán con multa de cien a cinco mil pesos. En caso de reincidencia o cuando no se cumpla con los requisitos de la autoridad, la multa podrá ser hasta de diez mil pesos.

En el Reglamento también figuran las siguientes definiciones:

Caloría: La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua a 15°C , un grado centígrado.

Emisión: La cantidad de calor necesaria para elevar la de toda sustancia, que no sea agua en su forma no combinada, incluyendo pero no limitándose a olores, partículas sólidas, vapores, gases o cualesquiera de sus combinaciones.

Equipo de combustión: Todos aquellos aparatos o mecanismos relacionados con la combustión o quema de combustible, incluyendo incineradores, calderas, recipientes a presión, equipos para quema de basura, de combustibles o de cualquier material combustible, de las cuales se emiten los productos de la combustión. Se incluyen los aparatos que generan calor y que pueden emitir productos de la combustión, así como los procesos mecánicos, metalúrgicos, químicos y de fabricación que puedan emitir humo, materia en suspensión y otros contaminantes atmosféricos.

Humo: Aquella partícula, resultante de una combustión incompleta, componiéndose en su mayoría de carbón, cenizas y otros materiales combustibles que son visibles en la atmósfera y las partículas similares, resultantes de la sublimación de los metales.

Opacidad: Estado en el cual un material impide parcialmente o en su totalidad el paso de los rayos de la luz, ocasionando falta de

visibilidad a un observador.

Polvo: Las partículas pequeñas emitidas a la atmósfera por - elementos naturales o por procesos mecánicos, tales como :molinos, perforadoras, transporte de tierra, demoliciones y otros.

Polvo fugitivo: Cualquier acción, operación o tratamiento, que incluya factores químicos, industriales o de manufactura, así como los métodos o formas de manufactura o precedimiento que puedan - emitir humos, partículas sólidas, gases o cualquier otro contami- - nante.

II MATERIALES Y METODOS

a) Descripción del Equipo

Se emplea el muestreador de alto volumen (HI-volumen - sampler), en la determinación de partículas suspendidas en el aire, su funcionamiento es similar al de la aspiradora, con un papel filtro, lugar donde se retienen las partículas. Se coloca en el lugar del muestreo, dejándose funcionar por períodos de 24 horas.

La ventaja principal de este método es la gran capacidad del muestreador que también proporciona muestras para análisis químicos posteriores.

El muestreador de alto volumen consta de:

1. Portafiltro
2. Motor de aire (Bomba de vacío)
3. Cubierta protectora
4. Dispositivo medidor de flujo

Porta filtro. Como su nombre lo indica es el lugar donde va colocado el filtro y se compone de 3 partes que son: Placa superficial, --

junta de neopreno, adaptador y tornillos de mariposa. El adaptador es la base en donde se colocan los otros componentes del portafil-tro, en la parte superior y en cada una de sus cuatro esquinas tie-ne 4 tornillos con mariposa que sujetan la placa superficial, la jun-ta de neopreno y el papel filtro para la recolección de las muestras a analizar después. En su parte posterior termina en forma cónica, con un anillo similar al de la unidad de calibración de orificio, (se describe posteriormente), para fijarlo al motor. El muestreador tie-ne una área de 406.5 cm^2 por donde pasa el aire del ambiente (car-gado de partículas) a un filtro de fibra de vidrio de $20.3 \times 25.4 \text{ cm}$ ($8 \times 10 \text{ in}$) a una velocidad con un intervalo de 1.1 a $1.7 \text{ m}^3/\text{min}$. (Figuras Nos. 2 y 3)

El motor de aire funciona como una bomba de vacío y ser capaz de operar en períodos continuos de 24 horas, con voltajes de 110 a 120 volts, la intensidad de la corriente alterna de 50-60 ciclos, tres conexiones y una de ellas a tierra. La cubierta del motor puede ser de cualquier material, y sin ninguna restricción en su largo, - bien cerrada para que la salida del aire sea por una sola abertura.

Cubierta Protectora. El muestreador es instalado en una -

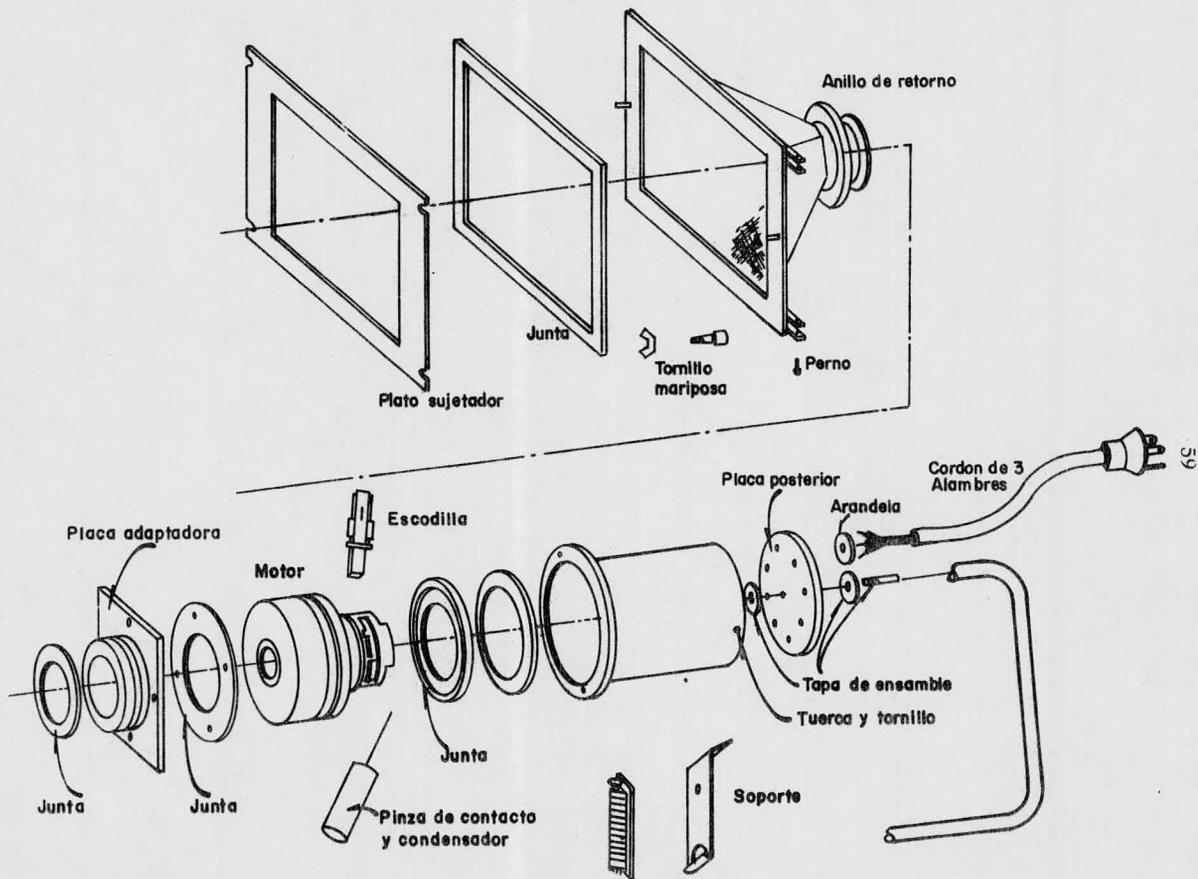
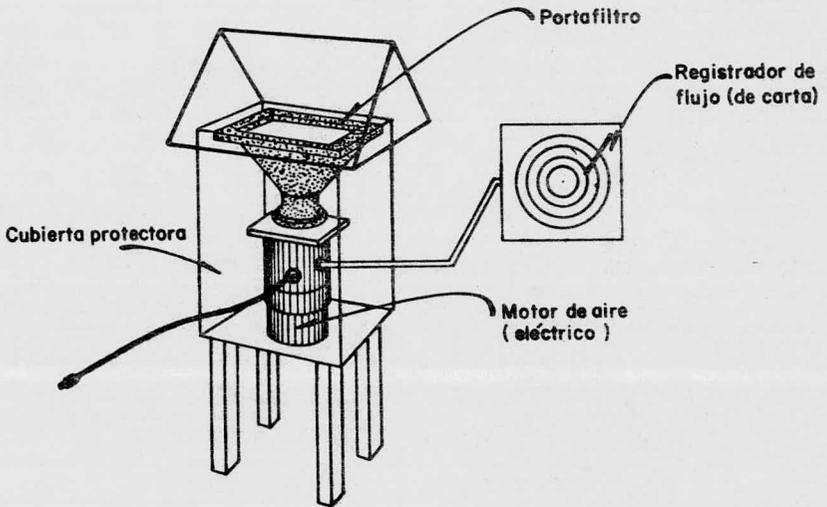


FIGURA No. 2



Muestreador de alto volumen con registrador de flujo de carta

Figura 3

caseta (cubierta protectora), para resguardarlo de las lluvias cambios de humedad, cambios de temperatura, etc., debido a lo anterior, la cubierta protectora es de aluminio ligero. Fig. (4)

El muestreador de alto volumen (formado por el portafiltro y el motor de aire) Fig. 3., debe estar en forma vertical, para que al ser colocado el papel filtro esté paralelo con respecto al suelo, la cubierta tiene un techo en forma de pico, para que la corriente de aire (hacia el interior de la cubierta) arrastre partículas de diámetros menores de 100 micras.

La abertura (área) entre la caseta y el techo de la cubierta protectora es de $580.5 \pm 193.5 \text{ cm}^2$ ($90 \pm 30 \text{ in}^2$). La cubierta es rectangular y tiene las siguientes dimensiones 29 x 188 cm (11.5 x 74 in) (Fig. 4)

Dispositivo Medidor de Flujo. Marca unidades arbitrarias y generalmente de 0 a 70, pudiendo ser calibrado.

La unidad calibradora de orificio. Es el equipo que se usa para calibrar el muestreador de alto volumen, esta unidad es calibrada

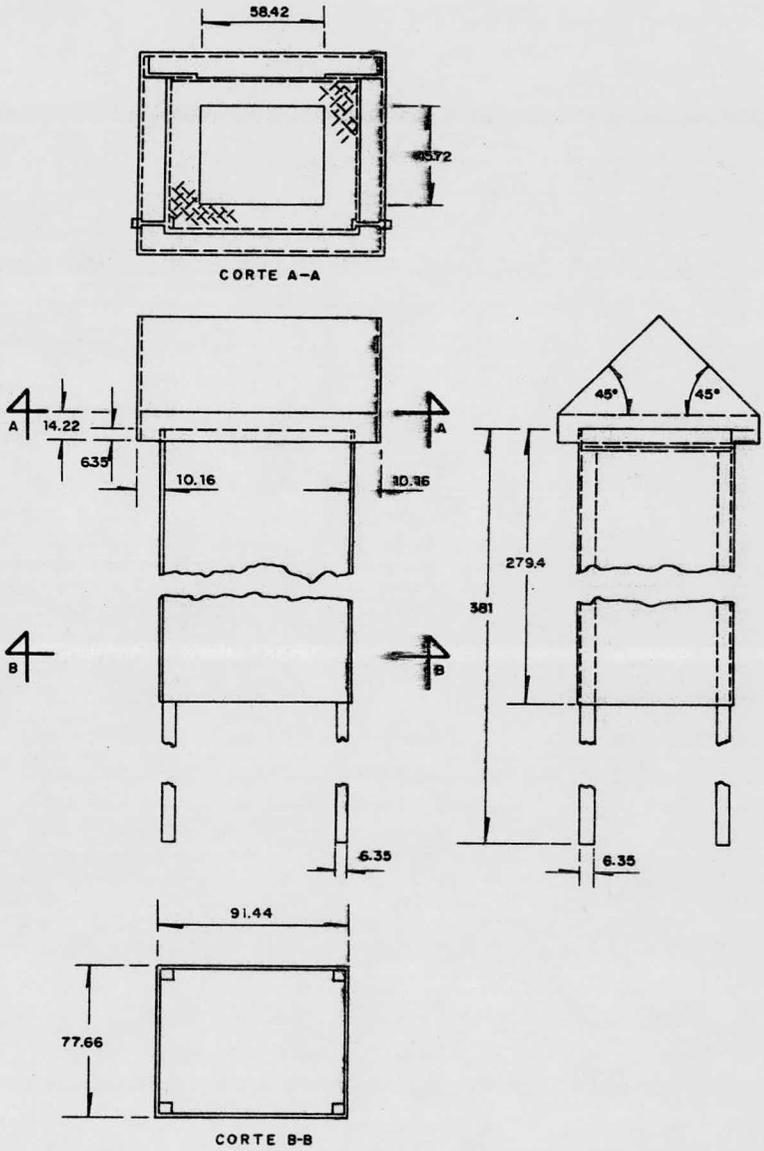


Figura 4

da antes de que se calibre el muestreador con un medidor de volumen de desplazamiento positivo.

La unidad de orificio consiste en un tubo de aluminio de 7.6cm (3in) de diámetro interno y 15.9 cm (6 1/4 in) de longitud, con una altura que causa una diferencia de presión en el manómetro de 5.1 cm (2 in) de extremo a extremo como se observa en la Fig. (5).

Un extremo de la unidad presenta una pestaña de 10.8cm (4 1/4 in) de diámetro externo en donde hay un anillo macho con cuerda interior, para ser fijado al calibrar el muestreador (con una placa adaptadora) o al calibrarse la unidad de orificio en el medidor, de desplazamiento positivo.

La placa adaptadora, tiene un anillo hembra con rosca con un orificio central de 9.2cm de (3 5/8 in) de diámetro y un espesor de 0.24 cm (3/32 in), entre la unidad calibradora , orificio y el muestreador, o entre la unidad calibradora de orificio y el medidor de volumen de desplazamiento positivo, pueden colocarse placas que tienen diverso número de agujeros, para realizar una curva de calibración. (Fig. 6)

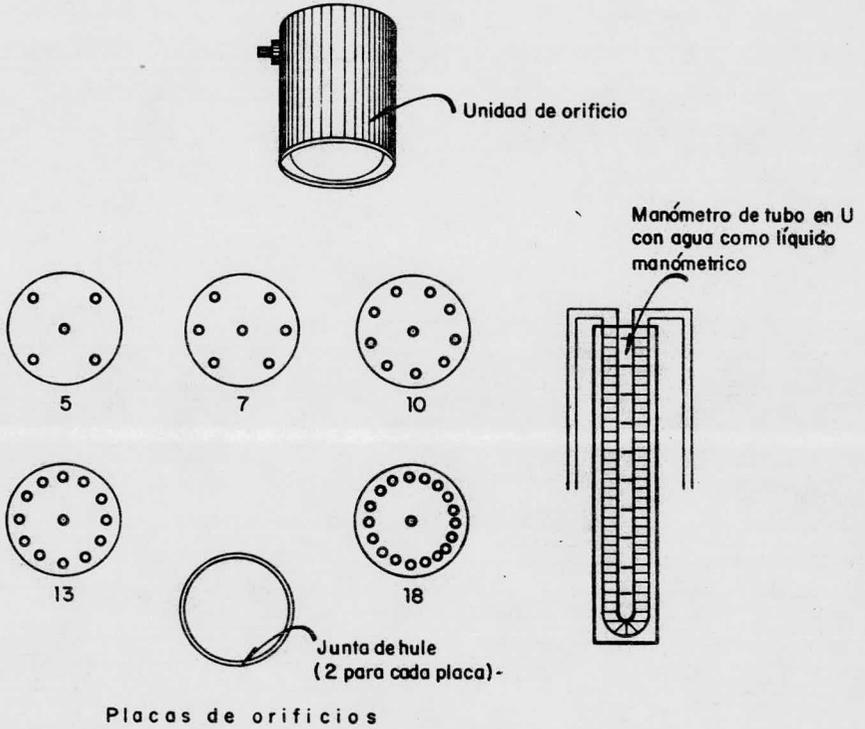


Figura No. 5

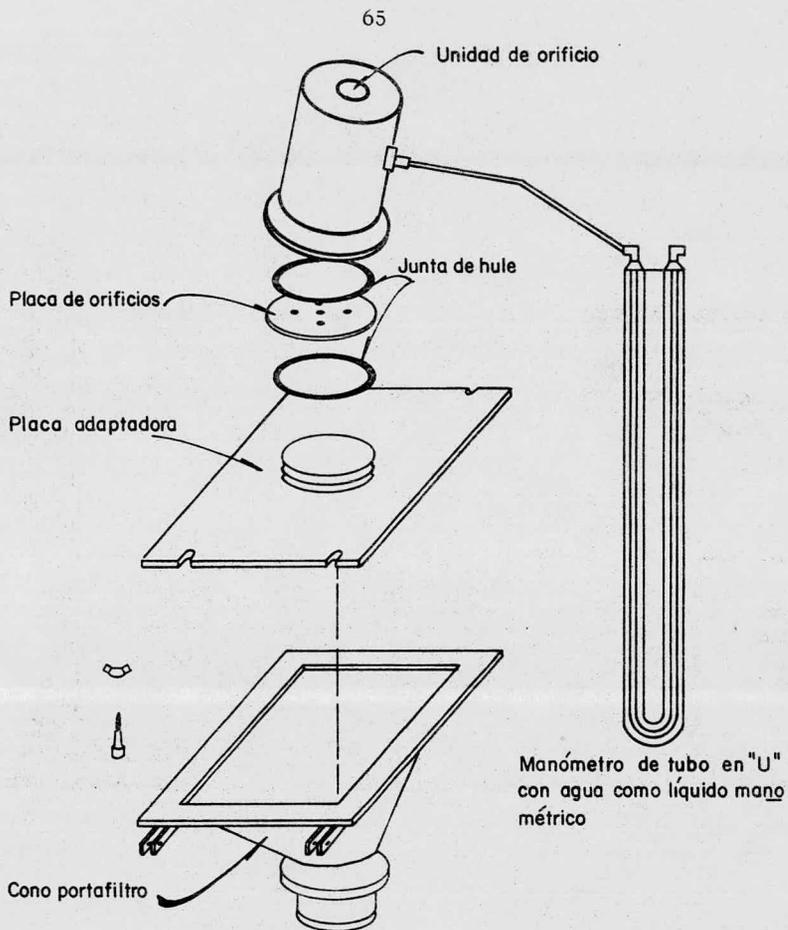


Figura No. 6

Manómetro Diferencial .- Capaz de medir menos de 40 cm (16 in) de agua.

Medidor de volumen de desplazamiento positivo. Es un medi dor que se usa como estandar secundario, el de cualquier tipo de - desplazamiento positivo, calibrado en pies o en metros cúbicos.

Balanza Analítica.- La Balanza debe tener una cámara de pe sado o plato diseñado para manejar filtros 20 x 25cm. (8x10 in) y con una sensibilidad de 0.1 mg. (En este caso marca Sartorius)

Cuarto de humedad y temperatura. Para almacenar o condi- cionar los filtros a una temperatura entre 15 y 35°C, humedad rela- tiva de 50% y por espacio de 24 horas, antes de las pesadas inicial y final.

Foliadora; Máquina capaz de imprimir en el filtro una nume ración de 4 cifras, obteniendo fácil identificación de ellos.

Filtros. Filtros de fibra de vidrio cuya recolección de partí culas sea al menos 99% para partículas de 0.3 Mm de diámetro co- mo los del tipo A Gelman y MSA 1106314.

b) TECNICAS DE MUESTREO

Antes de poner a funcionar el muestreador de alto volumen, es necesario calibrarlo, para saber por medio de una medición indirecta, el flujo que está pasando y poderlo relacionar con los demás parámetros. Por lo cual se usa la unidad calibradora de orificio que es un estándar indirecto de calibración, el estándar secundario es un medidor de desplazamiento positivo, calibrando primero la unidad de orificio y después el muestreador de alto volumen.

La Sub-Secretaría de Mejoramiento del Ambiente dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, proporcionó el equipo - usado en el presente estudio y da los siguientes procedimientos para la calibración de la unidad de orificio, del muestreador de alto volumen, así como también los métodos para el cambio de filtro, que a continuación se enuncian.

Como medidor secundario de referencia se uso el medidor - de desplazamiento positivo "Roots Connerville Meter", en la calibración de la unidad de orificio.

Al realizar la calibración de la unidad de orificio con sus -

placas y la toma de la muestra se deben tener en cuenta tres condiciones, para obtener mediciones válidas, estas son:

- i) La presión y temperatura al tiempo de calibrar la unidad de orificio con el medidor de desplazamiento positivo "RCM" (Roots Connerville Meter) (P_1 y T_1)
- ii) La presión y temperatura al tiempo de calibrar el muestreador de alto volumen con la unidad de orificio (P_2 y T_2)
- iii) La presión y temperatura al tiempo de muestreo (P_3 y T_3)

Los cálculos necesarios para compensar la variación de condiciones se darán más adelante a medida que se desarrollen los detalles del procedimiento.

PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACION DE LA UNIDAD DE ORIFICIO

Para efectuar la calibración de la unidad de orificio, se hace colocando ésta en el medidor de desplazamiento positivo como se aprecia en la figura 7, de tal manera que, todo el aire que pasa a través del medidor pase a través de la unidad de orificio.

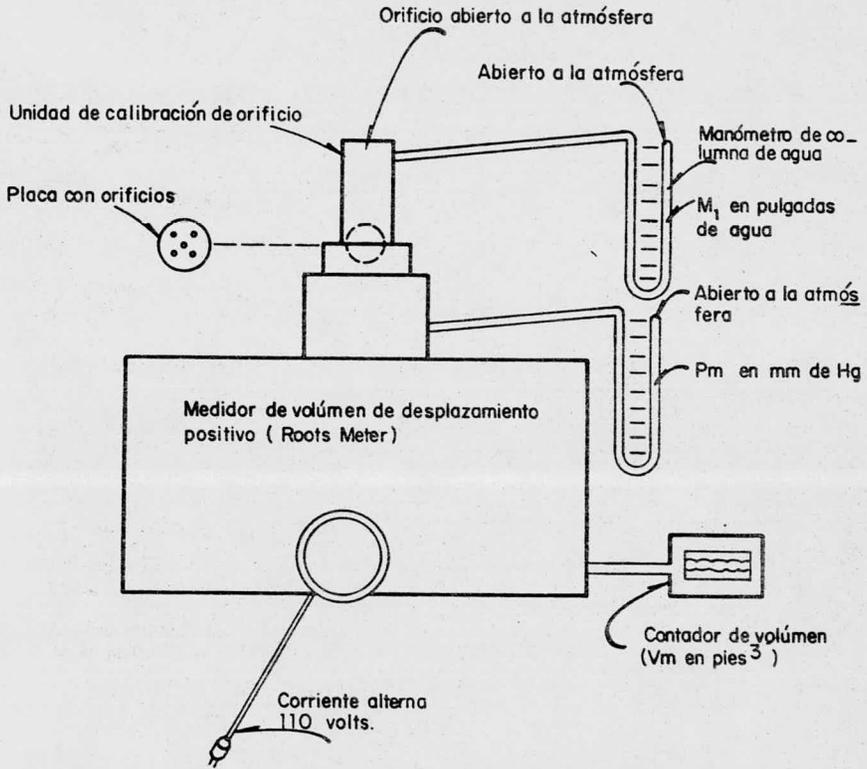


Figura 7

Se conecta un manómetro en "U" con agua como líquido manométrico a la unidad de orificio, y la caída de presión a través de la unidad de orificio se relaciona con el gasto. Para desarrollar una curva de calibración de gasto contra lecturas del manómetro, es necesario variar el flujo en un intervalo relativamente amplio. Lo cual se realiza colocando las 5 placas de resistencia (con diversos números de agujeros cada placa; placa con 5 agujeros, placa con 7 agujeros, placa con 10 agujeros, placa con 13 agujeros y placa con 18 agujeros), que vienen con la unidad de orificio y se colocan entre la unidad de orificio y el medidor de desplazamiento positivo. La curva de calibración se elabora graficando los gastos contra las caídas de presión a través de la unidad de orificio para cada una de las 5 placas agujeradas .

Se llevan a cabo los siguientes pasos para obtener la curva de calibración en la unidad de orificio:

1°. Se ensambla el equipo de la unidad de orificio en el medidor de desplazamiento positivo con la placa que contiene 18 orificios como en la Fig. (8).

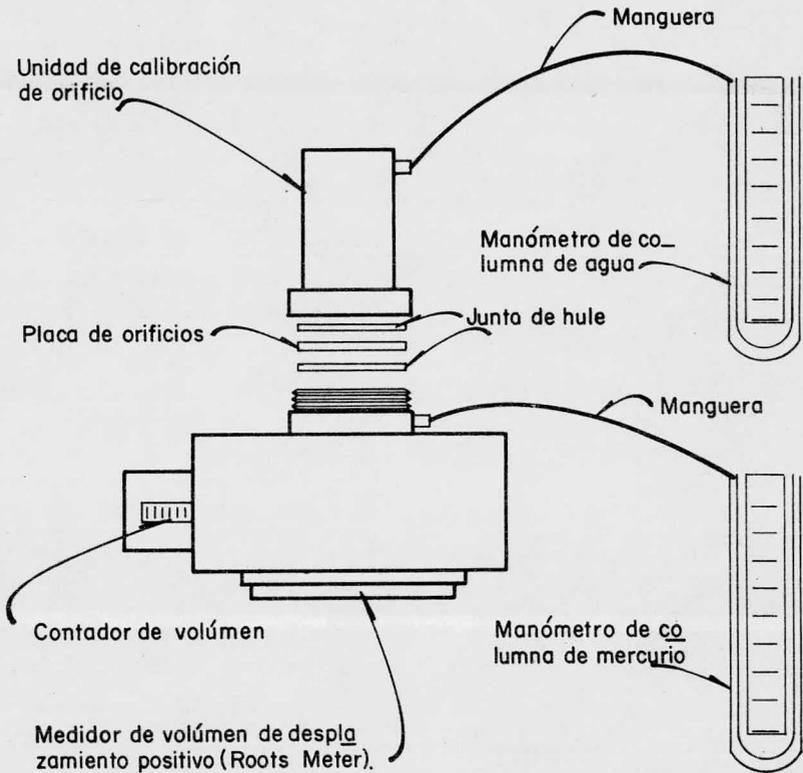


FIGURA No. 8

2°. Se enciende el medidor de desplazamiento positivo y se comienza a tomar el tiempo con un cronómetro; en el instante que aparece un nuevo número en el contado de volumen del medidor de desplazamiento positivo, se registra la lectura inicial de dicho con tador.

3°. Con el motor funcionando del medidor de desplazamiento positivo, anotar las lecturas de cada manómetro, manómetro de agua (M_1) y de mercurio (P_m), uno conectado a la unidad de orificio y el otro al motor de desplazamiento positivo, respectivamente; las lec turas de cada manómetro se obtienen sumando las distancias entre los meniscos del líquido de ambas columnas de cada uno de los ma nómetros, como se indica en la Fig (9).

4°. Después de que el motor ha funcionado aproximadamente 5 minutos, pare el cronómetro en el instante que aparece un nuevo número en el contador de volumen del medidor de desplazamiento positivo, se anota el tiempo transcurrido y la lectura final del con tador de volumen, en las columnas correspondientes de la forma - "PNUD-RMN-2, Fig.10 .

5°. El medidor de volumen de desplazamiento positivo, no-

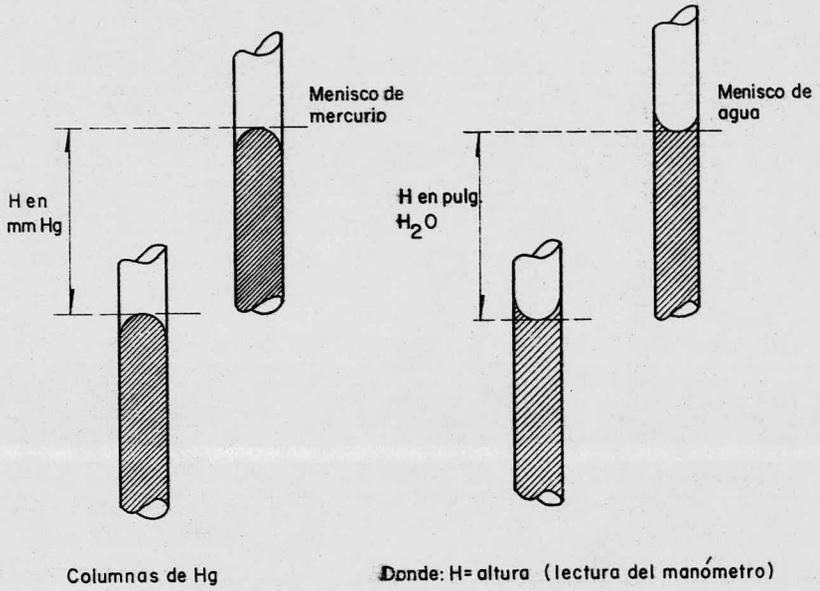


Figura No. 9

se puede considerar como una norma o patrón primario, sino como, una norma exacta secundaria, este instrumento es calibrado con un espirómetro cada seis meses aproximadamente y el error del medidor se ha establecido en 0.5%, mediante la citada inspección del calibrador cada seis meses.

6°. Se repiten los pasos del 1° al 4°, para cada placa con orificio de 13, 10, 7, y 5, se debe tener en cuenta en cada caso - las lecturas del cronómetro y del contador de volumen, (anotando para cada placa, las lecturas del cronómetro y del contador de volumen en la forma antes mencionada).

7°. Se anota fecha, temperatura ambiente T_1 (°C) y presión atmosférica P_1 en mm de Hg correspondiente a la hora de la calibración, y se registran en la forma de datos PNUD - RMN - 2 fig.10.

8°. Se determina el volumen indicado (V_m) (este volumen - no está corregido con la presión), que pasa a través, el medidor para cada una de las placas con orificios, posteriormente se resta la lectura inicial del medidor, de la lectura final del medidor, registrándola en una hoja de datos anterior.

CALIBRACION DE LA UNIDAD DE ORIFICIO CON EL MEDIDOR DE VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO
POSITIVO (ROOTS METER) PARA LOS MUESTREADORES DE AIRE DE ALTO VOLUMEN

75

Lugar: _____
Fecha: _____

Unidad de Orificio No. _____
Nombre calibrador _____

| Placa de Orificios No. | Lectura inicial del contador (pies ³) | Lectura final del contador (pies ³) | Volumen no corregido V_m (pies ³) | Lectura Man. H ₂ O M_1 (pulg. H ₂ O) | Lectura Man. Hg. P_m (mm Hg) | Tiempo t. (min) | Pres. Atm. P_1 (mm Hg) | Temp. T_1 (°C) | Volumen corregido V_1 pies ³ | Flujo corregido Q_a pies ³ /m |
|------------------------|---|---|---|--|--------------------------------|-----------------|--------------------------|------------------|---|--|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Cálculos:

Figura No. 10

9° Al colocar la unidad de orificio y la placa con orificios a la entrada del medidor de desplazamiento positivo la presión del flujo de aire en dicho medidor se abate hasta un valor inferior al de la presión atmosférica. Por lo tanto, es necesario hacer una corrección (por cambio de presión), al volumen indicado por el medidor, con el fin de determinar el volumen real o efectivo (V_r) que pasa por el medidor.

El volumen real o efectivo se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$V_r = \frac{P_1 - P_m}{P_1} V_m$$

Donde:

V_r = Volumen real o efectivo (ft^3)

P_m = Lectura tomada en el manómetro de mercurio del medidor de desplazamiento positivo (No en la unidad de orificio). (mm Hg)

P_1 = Presión atmosférica en mm Hg

V_m = Volumen Medido por el Medidor de Desplazamiento positivo.

10° Calcular el gasto real de la siguiente manera:

$$Q = \frac{V_r}{t}$$

V_r = Volumen real a presión atmosférica (ft^3)

t = Tiempo de la corrida en minutos (Cronómetro)

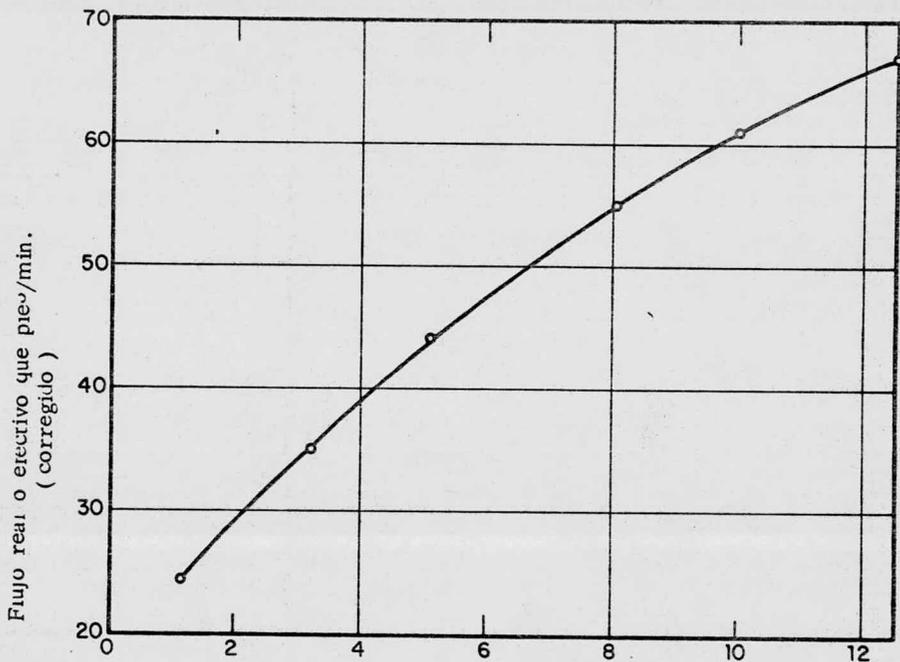
Q = Gasto real (ft^3/min).

11°. Trazar una curva usando los valores obtenidos para el -
gasto (Q) contra las lecturas de presión del manómetro de agua M_1
de la unidad de orificio. Usando la forma PNUD-RMN-2A Fig. (11)

Esta curva es válida únicamente para las condiciones de tem-
peratura y presión atmosféricas existentes a la hora en que se efec-
túa la calibración. Por lo cual, se deben anotar en las formas PNUD-
RMM-2 y PNUD-RMM-2A, ya que esos datos serán usados al ejecu-
tar la corrección por presión y temperatura del volumen indicado -
por el registrador de la carta de flujo, cuando se ocupe la unidad -
de orificio, en la calibración del muestreador de alto volumen.

(Curva) calibración -Unidad de Orificio

Flujo Real o Efectivo Q vs Presión diferencial M_1



Presión Diferencial M_1 in de H_2O

Figura No. 11

Procedimiento para la Calibración del Muestreador de Alto Volumen.

En la calibración del muestreador de alto volumen, se efectúa en forma similar a la calibración de la unidad de orificio, excepto que en el caso del muestreador, la unidad de orificio se usa como referencia, en lugar del medidor de desplazamiento positivo.

El equipo empleado, en la calibración del muestreador de alto volumen es el siguiente:

- a) Muestreador de alto volumen con registrador de flujo
- b) Placa adaptadora
- c) Unidad de orificio con:
 - i) Placas con orificios números (5,7,10,13 y 18)
 - ii) Curva de calibración de la unidad (forma PNUD-RMM-2A)
 - iii) Manómetro de tubo en "U" con agua como líquido manométrico
- d) Formas PNUD-RMM-1 Fig. 12 y PNUD-RMM-1A Fig. 13



Y el procedimiento de calibración tiene los siguientes pasos:

CALIBRACION DEL MUESTREADOR DE AIRE DE ALTO VOLUMEN

Fecha: _____

Muestreador No. _____

Nombre del calibrador: _____

Motor No. _____

Lugar: _____

Unidad de orificio No. _____

Presión atmosférica (P_1) _____ mm Hg.Temperatura ambiente (T_1) _____ °C.

(P_1 y T_1 se toman de la curva de calibración de la unidad de orificio que se vaya a utilizar).

Datos de la calibración del muestreador de alto volumen:

Presión atmosférica (P_2) _____ mm Hg.Temperatura ambiente (T_2) _____ °C

| Placa de orificios No. | Lectura del manómetro de columna de agua (M_2 en pulg. H_2O) | Flujo no corregido (pies ³ /min) de la curva de la unidad de orificio Q_1 | Flujo corregido (pies ³ /min) Q_2 | Flujo indicado por el registrador de flujo (de carta) del muestreador. (pies ³ /min) |
|------------------------|--|--|--|---|
| 18 | | | | |
| 13 | | | | |
| 10 | | | | |
| 7 | | | | |
| 5 | | | | |

Curva de Calibración-Muestreador de Alto Volumen

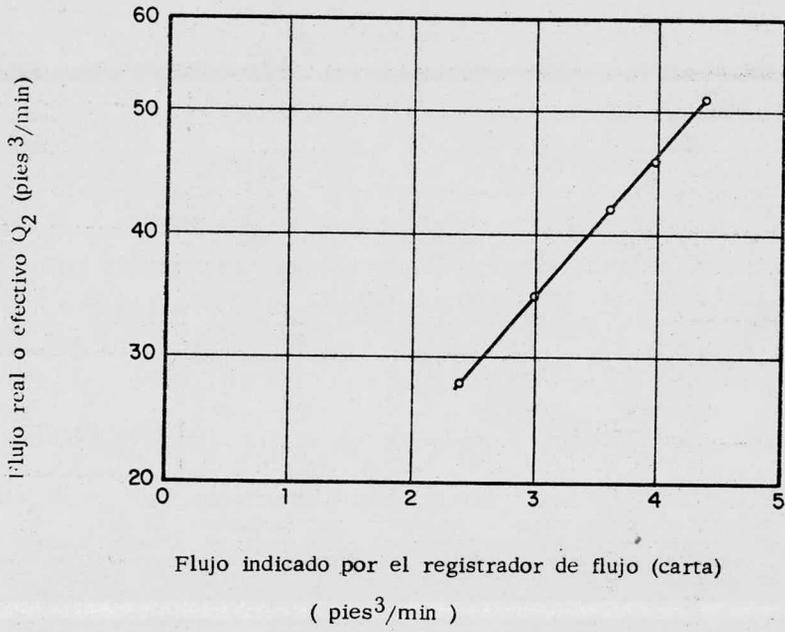


Figura No. 13

1° Se anota en la forma PNUD-RMM-1, la presión atmosférica (P_1) y la temperatura ambiente (T_1) tomadas para la normalización de la unidad de orificio (de su curva de calibración PNUD-RMM-2A), la presión atmosférica (P_2) y la temperatura ambiente (T_2) correspondientes a la hora de calibración del muestreador de alto volumen.

Las anotaciones de presión (P_2) y temperatura (T_2) se harán en mm de Hg y en °C, se pueden solicitar a una estación próxima o a un aeropuerto.

2° Se coloca la placa de orificios No. 18 en la unidad de orificio y se utiliza la placa adaptadora para conectar la unidad de orificio al portafiltro del muestreador de gran volumen. Si no se dispone de una placa adaptadora, se conecta la unidad de orificio directamente al motor, quitando el portafiltro. Se aprieta firmemente todas las conexiones de aire.

3° Se instala una carta limpia en el registrador de flujo del muestreador y cerciorándose que el trazador de dicho registrador esté en cero cuando el motor del muestreador está apagado. Si no está en cero, se ajusta a cero, haciendo girar con un desarmador, - -

unidad de orificios (que se está utilizando) para cada valor (M_2)

3. Corrija cada valor de (Q_1) como sigue:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{(T_2 + 273) P_1}{(T_1 + 273) P_2}}$$

Donde:

Q_2 = Flujo real o efectivo durante la calibración de muestreador de alto volumen (ft^3/min). (Corrección por presión y temperatura).

Q_1 = Flujo indicado por los valores de M_2 en la curva de calibración de la unidad de orificio (ft^3/min)

T_1 = Temperatura ambiente durante la calibración de la curva de calibración de la unidad de orificio

T_2 = Temperatura ambiente durante la calibración del muestreador de alto volumen ($^{\circ}\text{C}$)

P_1 = Presión atmosférica durante la calibración de la unidad de orificio (mm Hg). Valor tomado de la curva de calibración de la unidad de orificio.

P_2 = Presión atmosférica durante la calibración del muestreador de alto volumen (mm Hg).

Se nota cada flujo corregido (Q_2) en la forma PNUD-RMM-1

4. En la forma PNUD-RMM-1A (Fig.13 se grafica el flujo - de dicho muestreador, indicado en la carta de su registro. Se traza lo mejor posible una línea recta a través de los puntos.

PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DE LOS FILTROS

Los filtros de fibra de vidrio que tengan una eficiencia de colección, por lo menos de un 99% para partículas con un diámetro de 0.3 μ m, como son los del tipo "Gelman Tipo A" y "MSA 1106 BH" - son los usados y adecuados para los muestreos de partículas en el - aire ambiente. Se pueden usar otros tipos de filtros para muestras, donde las técnicas analíticas especiales se usen. También se usan a veces los filtros de celulosa.

Los filtros, ya sea de celulosa o fibra de vidrio (como en este estudio) se deben almacenar durante un período de tiempo mínimo de 24 horas bajo condiciones de humedad relativa de 50% y a una temperatura entre 15°C y 35°C, controladas antes de las pesadas inicial (antes de colocar el filtro en el muestreador de alto volumen) , -

y final (después de haber tomado las muestras de partículas del aire ambiente). Pues es importante que el contenido de humedad sea igual en los filtros durante las pesadas inicial y final, para que no exista una variación del peso en los filtros, por lo cual se meten al acondicionamiento de humedad, temperatura y tiempo.

Es necesario que al pesar un filtro, se haga en una balanza analítica, la cual tenga una cámara de pesado o un plato diseñado para manejar un filtro de 20 x 25 cm (8 x 10 in) sin doblar el filtro. La Balanza usada fue una Sartorius Company, cuando se usa otra balanza, la sensibilidad tendrá que ser de 0.1mg. Se usa una mesa iluminada para un exâmen visual de los filtros, para desechar los filtros con probables roturas y diferencias de grosor. Se usa también una máquina foliadora, útil para numerar e identificar los filtros.

Procedimientos de Muestreo.

Se define al aire ambiente como: "Aquella porción de la atmósfera, externa a los edificios, con la cual está en contacto el público en general".

De acuerdo a esta definición y con el fin de obtener muestras representativas, la Sub-Secretaría de Mejoramiento del Ambiente, recomienda evitar aquellas condiciones locales, que tengan influencia o modifiquen las muestras del aire ambiente.

Por lo anterior, el muestreador de alto volumen, se instala a un nivel entre 4.5 y 9 metros sobre el nivel del suelo, con el fin de reducir los efectos de las turbulencias locales de tierra.

Se debe evitar hasta donde sea posible todos aquellos obstáculos que ofrezcan restricciones al flujo de aire hacia la caseta del muestreador de alto volumen, como son: edificios adyacentes, árboles, - postes, carteles, etc.

La muestra que recoja el muestreador de aire, es de 24 horas y se lleva a cabo a partir de la media noche hasta la siguiente me - dia noche del día de muestreo señalado.

Todos los muestreadores de aire, están equipados con regis - tradores de carta "Dickson".

Para garantizar muestras válidas, se deberán seguir los pasos siguientes:

1°.- Levantar la tapa de la cubierta protectora, quitar la placa sujetadora del filtro y colocar un filtro en el centro del porta filtro. Se pone a funcionar el motor, para mantener el filtro en posición, se vuelve a instalar la placa para sujetar el filtro y apriete las cuatro tuercas mariposa (dándoles el mismo apriete), para evitar fugas de aire e igualar la presión (la secuencia del apriete de las tuercas deberá ser en forma diagonal), manéjese el filtro cuidadosamente, tomándolo únicamente por las orillas, si el filtro se ensucia, se rompe o daña antes del muestreo, desecharlo y colocar uno nuevo. No debe dejarse ningún objeto sobre la cubierta del muestreador, pues alterará el área de entrada del flujo, obteniéndose resultados incorrectos, por último, cerrar la tapa de la cubierta, asegurándola.

2°.- Abrir la tapa del indicador de tiempo "timer" y ajustar el "arranque" y "paro" con los disparadores de la hora y día en que el muestreo se va a efectuar, apretando los disparadores. Se debe asegurar que los disparadores del indicador de tiempo "timer" no tengan invertido el orden, pues si están mal colocados la muestra no será tomada.

3°.- Verificar que el interruptor del indicador de tiempo -

esté en posición apagado (off). Cerrar y asegurar la tapa.

4°.- Instalar una nueva carta de flujo, en el registrador, para lo cual hay que quitar la carta anterior, levantando de la carta el brazo marcador y tirar la carta, primero del centro, para desprenderla de la flecha central y posteriormente de los seguros. Se ejecuta este procedimiento en forma inversa al instalar una carta nueva.

Se debe ajustar la carta de manera tal que corresponda la hora de la carta con la flecha indicadora, lo que se lleva a cabo girando la flecha central con una moneda o desarmador. Se verifica que el trazador tenga tinta, y ésta fluya bien sobre la carta.

5°.- Después del período de muestreo de 24 horas, quitar cuidadosamente el filtro, doblarlo longitudinalmente a la mitad con el lado sucio hacia adentro y ponerlo dentro de un sobre con la carta registradora.

Si el filtro llegara a romperse durante el cambio, recoger e incluir cada pedazo de dicho filtro para que la muestra pueda aún ser usada.

6°.- Completar la información en la parte posterior del sobre de cualquier actividad no usual cerca del sitio de muestreo. Enviar el sobre con toda la información para su análisis.

DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO

Para determinar el volumen de aire muestreado y para convertirlo a condiciones normales, se deben efectuar las siguientes conversiones.

1. Entre a la curva de calibración del muestreador de aire, con la lectura promedio de la carta de registro de flujo registro " PNUD-RMM-1A" Fig. 13.

2. Si la temperatura o presión atmosférica durante el muestreo difieren más de 15°C o 35 mm Hg de las condiciones durante la calibración del muestreador de aire, aplicar la siguiente corrección.

$$Q_3 = Q_2 \sqrt{\frac{T_3 (P_2)}{T_2 (P_3)}}$$

Donde:

Q_3 = Flujo real durante el muestreo (Pies³/min)

Q_2 = Flujo corregido de los promedios (pies³/min)

(leído en la Fig. 13)

T_2 = Temperatura absoluta durante la calibración del muestreador de aire (°K) (Fig.13)

T_3 = Temperatura absoluta durante el muestreo (°K)

P_2 = Presión atmosférica durante la calibración (mm Hg)

P_3 = Presión atmosférica durante el muestreo (mm Hg)

3. Calcular el volumen en metros cúbicos como sigue:

$$V_3 = Q_3 t (0.0283)$$

Donde:

V_3 = Volumen del aire muestreado

t = Tiempo de duración del muestreo (min)

Q_3 = Flujo real durante el muestreo (pies³/min)

4. Corregir (V_3) a condiciones normales:

$$V_s = V_3 \frac{P_3}{T_3} (0.391)$$

V_s = Volumen de la muestra de condiciones normales (m^3)

V_3 = Volumen del aire muestreado (m^3)

P_3 = Presión atmosférica durante el muestreo (mm Hg)

T_3 = Temperatura durante el muestreo ($^{\circ}K$)

5. Determinar la concentración de partículas en $\mu g/m^3$ como sigue:

$$V_s = \frac{A_f - A_1}{V_s} \times 10^6$$

Donde:

A_f = Peso final del filtro (g)

A_1 = Peso inicial del filtro (g)

10^6 = Factor de conversión de g a μg

V_s = Volumen de la muestra en condiciones normales (m^3)

c) METODOS DE LABORATORIO

Al trabajar el motor del muestreador de alto volumen, se hace pasar una muestra del aire ambiente a través de un filtro previamente pesado, el incremento de peso sufrido por el filtro, estará en función del período de muestreo del flujo y de la cantidad de partículas suspendidas en el aire. Por lo cual la concentración en masa de las partículas suspendidas, se determinará después del período de muestreo (24 horas) por la diferencia en peso, del filtro, antes y después del muestreo. El tamaño de los filtros, es generalmente de 20.3 x 25.4 cm (8 x 10 in) y son de fibra de vidrio.

Se considera un muestreo promedio, cuando el promedio de flujo es de $1.42 \text{ m}^3/\text{min}$ ($50 \text{ ft}^3/\text{min}$) y durante un período de tiempo de 24 horas (1 440 min). El volumen promedio de aire muestreado es de $2\ 040 \text{ m}^3$ ($72\ 000 \text{ ft}^3$). Y en un caso típico las partículas colectadas en el filtro será menor a 500 miligramos.

Con esas condiciones la muestra tiene un tamaño suficiente para ser dividida en algunas fracciones que se destruyen al realizar el análisis.

En el presente trabajo, se han reunido y analizado un conjunto de muestras tomadas en la Ciudad Universitaria, con un muestreador de alto volumen que se encuentra instalado en la azotea del edificio de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería.

El equipo usado (muestreador de alto volumen), pertenece a la red de monitoreo manual, de la Sub - Secretaría de Mejoramiento del Ambiente y es la estación No. 15, de un total de 20 estaciones de monitoreo, distribuidas en toda el área metropolitana. El muestreador fue calibrado, siguiendo la metodología descrita en el capítulo referente a ello.

La toma de las muestras, se realizó, teniendo en cuenta el criterio de la Sub-Secretaría, que es el de tomar una muestra cada 6 días, con una duración de 24 horas.

El período de tiempo para la toma de muestras en este estudio fue de tres meses y las fechas de los muestreos fueron las siguientes:

| M E S | D I A | M U E S T R A |
|------------|-------|---------------|
| Julio | 13 | 1 |
| Julio | 19 | 2 |
| Julio | 25 | 3 |
| Agosto | 6 | 4 |
| Agosto | 12 | 5 |
| Agosto | 18 | 6 |
| Agosto | 24 | 7 |
| Agosto | 30 | 8 |
| Septiembre | 5 | 9 |
| Septiembre | 11 | 10 |
| Septiembre | 17 | 11 |
| Septiembre | 23 | 12 |
| Septiembre | 29 | 13 |

Todas estas fechas en el año de 1976.

Para la determinación de los contaminantes presentes en las -
muestras de aire, tomadas con el muestreador de alto volumen, se
han llevado a cabo las indicaciones y los métodos que sigue la Natio
nal Air Sampling Network (N. A. S. N.), pues tiene experiencia -
en estos tipos de muestreos y análisis.

Para este estudio los análisis, se han dividido en tres partes:

Análisis de Inorgánicos

Análisis de Orgánicos

Análisis Microbiológicos

En los análisis de inorgánicos se han determinado:

La concentración en masa de partículas suspendidas en el aire.

La concentración de nitratos y sulfatos

La de algunos metales pesados como:

Plomo, cobre, manganeso, zinc, arsénico, cadmio, fierro, manganeso.

Para los análisis orgánicos, sólo se realizó la determinación de los compuestos solubles en benceno.

Los análisis bacteriológicos, no fueron los recomendados por la (N. A. S. N.), pero se realizaron los siguientes:

Número de colonias de hongos
El número más probable de bacterias (NMP)
La cuenta en placa de colonias

La forma en que se dividió el filtro para los análisis, es la indicada en la figura () y sí lo recomienda la (N.A.S.N.). La excepción es que el 20% del filtro que se guarda para reserva, en el estudio fue ocupado (el 20%) para análisis bacteriológicos.

También se introdujo bajo el subtítulo de Análisis Inorgánicos, a la concentración en masa de partículas, pues este es un análisis físico puesto que se refiere únicamente al peso de las partículas y la técnica fue la recomendada por la Sub- Secretaría de Mejoramiento del Ambiente, ya descrita anteriormente.

ANALISIS DE INORGANICOS

Ya dividida y pesada la porción de filtro dedicada a los análisis inorgánicos se somete a un tratamiento con ácido nítrico, para que los metales contenidos en las partículas del polvo en el filtro, se conviertan en sus respectivas sales de nitratos. El método es - el siguiente:

REACTIVOS

Agua destilada

Acido nítrico grado analítico

Se prepara una solución de ácido nítrico 1:1

METODO

Se toma la parte del filtro dedicada a este análisis y se lleva a un vaso de precipitado de 500 ml, al que previamente se lavó y enjuagó, primero con mezcla crómica, posteriormente con agua destilada y se metió a secar a la estufa por espacio de 1 hora a 105°C posteriormente se pasa a un desecador para enfriarse . Se coloca el papel filtro dentro de un vaso de precipitado y se agregan 100 ml de la solución de ácido nítrico 1:1, se tapa con una cápsula de porcelana mayor que la boca del vaso (la cápsula sometida al mismo lavado que el vaso) y se le agrega agua destilada a la cápsula, llevando todo el aparato a una parrilla a una temperatura de 300°C, se deja cuatro horas, evitando que se evapore menos de la mitad de agua de la cápsula. Se quita del aparato y se enfría a la temperatura ambiente.

Se filtra en un embudo de cola larga (el embudo sometido al mismo lavado que el vaso de precipitado) y con un papel filtro watman No. 5.

El destilado se recibe en un matraz aforado de 100 ml, enjuagando el vaso y el fondo de la cápsula de porcelana unastres veces con agua destilada, las aguas del lavado se reciben en el matraz aforado y se ajusta el volumen del matraz a su aforo (100 ml), con - agua destilada.

El contenido del matraz ya se encuentra en la forma que se - puede analizar, por muy diversas técnicas como son:

Análisis polarográfico

Absorción atómica

Espectrofotometría

Absorción espectrofotométrica

La manera en que se llevó a cabo el análisis de esta parte del estudio, fue en un equipo de absorción atómica. El equipo se encuentra instalado en el " Centro de Investigación y Entrenamiento para - el Control de la Calidad del Agua" centro que depende de la Secreta

ría de Recursos Hidráulicos.

El estudio se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz, modelo número 403 de Perkin Elmer.

Se empleó una lámpara de cátodo hueco para cada elemento determinado, y se consultó el manual del aparato para los parámetros instrumentales tales como; longitud de onda, abertura - del paso de luz, tipos de combustible y oxidante, tipo de quemador, calibración del aparato y, fuente de energía usada en cada lámpara.

Por este tipo de análisis se detectaron los metales presentes en las partículas recolectadas por el muestreador de alto volumen.

La N.A.S.N. ha determinado, siguiendo el método de análisis por espectrografía los siguientes metales:

Cadmio, berilio, hierro, plomo, cromo, cobre, estroncio, antimonio, manganeso, níquel, bismuto, molibdeno, vanadio, titanio, -

zinc y cobalto.

Los metales más frecuentes, encontrados en las muestras de polvo suspendido en la Ciudad Universitaria fueron:

Cadmio, fierro, plomo, cobre, manganeso, níquel y zinc.

Todos ellos encontrados, por el método de análisis de absorción atómica.

Para la determinación de sulfatos y nitratos se ocupó la parte del filtro correspondiente a la extracción acuosa. Procediendo de la siguiente manera:

EQUIPO

1 vaso de precipitado de 500 ml

1 matraz aforado de 100 ml

1 cápsula de porcelana

1 Embudo de cola larga

1 piseta

Lavado el equipo a excepción de la piseta, se enjuaga con mezcla crómica, enseguida con agua destilada se seca en la estufa a 105°C por espacio de una hora, se pasa a un desecador hasta que se enfría.

REACTIVOS

Agua destilada

METODO

La parte correspondiente del filtro para este análisis se coloca en el vaso de precipitado, se agrega 100 ml de agua destilada, se tapa el vaso con la cápsula, y se le agrega a esta agua destilada, se pasa a la parrilla a 300°C por espacio de 4 horas (evitando que se evapore de la cápsula menos de la mitad del agua, agregando cuando le falte). Se filtra recibiendo el filtrado en el matraz aforado, el embudo con un papel filtro wathman No.5. Se enjuaga la cápsula y el vaso tres veces, con agua destilada recibiendo las aguas en el matraz aforado y se ajusta el volumen del matraz al aforo.

Del contenido del matraz se analizan sulfatos y nitratos, de la siguiente forma.

SULFATOS:

APARATOS:

- Agitador magnético
- Espectrofotómetro, con trayectoria de luz de 4-5 cm, para usarse a 420 m μ
- Cronómetro
- Cucharilla de medición

REACTIVOS:

- Solución acondicionadora, se prepara de la siguiente manera; se mezclan 50 ml de glicerina, con una solución que contiene, 30 ml de ácido clorhídrico concentrado, 100 ml de alcohol etílico al 95%, 75 g de cloruro de sodio y 300 ml de agua destilada.
- Cloruro de bario en cristales, grado analítico
- Se prepara una gráfica con una variación de patrones con valores de 0 a 40 mg/l de sulfatos en incrementos de 5 mg/l. Por encima de 40 mg/l disminuye la exactitud del método y los sulfatos pierden estabilidad.

Procedimiento

Se pone una alícuota de la muestra (40 ml o 50 ml de la extracción acuosa), en un matraz erlen meyer de 250 ml y se agregan 5 ml de la solución acondicionadora, pasando, enseguida el matraz a un agitador magnético, se mantiene en agitación constante, - se le agrega una pizca de cloruro de bario y desde el momento en que se agrega el cloruro de bario se cuenta un minuto con el cronómetro a velocidad constante, cuando pasa el período de agitación, - se vierte parte de la muestra agitada, en una celda del fotómetro y se mide su turbiedad a intervalos de 30 segundos durante 4 minutos a 420 m μ , se lee su absorbancia, extrapolando el valor obtenido - con la gráfica de calibración. Los cálculos se efectúan de la forma siguiente:

$$\text{mg/l de SO}_4 = \frac{\text{mg de SO}_4 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

El espectrofotómetro se somete a la estabilización y calibra-ción, antes de efectuar la lectura de sulfatos, el aparato empleado en esta medición fue un spectronic 20 .

NITRATOS

Equipo

Baño de agua para ser usado a 100 °C

Baño de agua para ser usado entre 10-20°C

Tubos de reacción de 2.5 x 15 cm RESISTENTES al calor.

Celda para leer en el espectrofotómetro.

Todo el equipo con excepción del espectrofotómetro se lava - con mezcla crómica y se seca en la estufa.

REACTIVOS

Solución patrón de nitratos.- Disolver 721.8 mg de nitratos - de potasio anhidro KNO_3 y diluir a 1000 ml con agua destilada. Esta solución contiene 100 mg/l, preservar con 2ml de cloroformo por litro. La solución es estable por lo menos durante 6 meses.

Solución de ácido sulfanílico - brucina - Disolver 1g de sulfato de brucina y 0.1g de ácido sulfanílico en aproximadamente 70 ml de agua destilada caliente, poner 3 ml de ácido clorhídrico concentrado y diluir a 100 ml. El color rosa que desarrolla no afecta su

uso.

Solución de ácido sulfúrico.- Adicionar con cuidado 500 ml de H_2SO_4 concentrado a 125 ml de agua destilada. Enfríar a temperatura ambiente y conservar herméticamente cerrado.

Solución de cloruro de sodio.- Disolver 300 g de $NaCl$ y diluír a 1000 ml con agua destilada.

Solución estándar de nitratos.- Diluír 10 ml de la solución patrón de nitratos a 1000 ml con agua destilada y 1 ml de esta solución en 1 μg de N.

Este método es para un intervalo de 0.1 -2mg/l y el método es el siguiente:

Colocar 10 ml de la muestra en un tubo de reacción. Adicionar 2 ml de la solución de cloruro de sodio cuando el tubo está en un baño de agua, se mezcla bien el contenido del tubo y se adicionan 10 ml de la solución de ácido sulfúrico, mezclar bien, invirtiendo y el tubo varias veces y dejarlo enfriar. Si se desarrolla turbiedad o color, en este paso leer la absorbancia a 410 m μ , con

un blanco para restar este valor posteriormente.

Dentro del baño de agua agregar 0.5 ml de la solución de ácido sulfanílico-brucina, agitar el tubo y llevar los tubos a un baño de agua a una temperatura no menor de 95°C por espacio de 20 - min, colocar los tubos a un baño de agua fría, hasta la temperatura ambiente y leer en el espectro fotómetro a 410 mμ.

$$\text{mg/l Nitrato N} = \frac{\mu\text{g NO}_3 - \text{N}}{\text{ml de muestra}}$$

$$\text{mg/l NO}_3 = \text{mg/l Nitrato N} \times 4.43.$$

ANALISIS ORGANICOS

Para este tipo de análisis, solamente se consideró el análisis global de todas las sustancias, que pueden ser disueltas en un solvente orgánico, este solvente puede ser acetona, benceno ó cloroformo, sin realizar un análisis cuantitativo o cualitativo.

Este método lo recomienda y efectúa la N. A. S. N., reportándolo, como solubles en el solvente orgánico empleado. El análisis de esta parte del estudio se realizó de la siguiente manera:

EQUIPO

Aparato de extracción Soxhlet

Desecadores

Equipo de destilación

Pinzas

Cartuchos de extracción

Reactivos

Benceno - grado analítico

Procedimiento

La porción del filtro del muestreador de alto volumen, ya pesada, se coloca dentro del cartucho de extracción y se coloca en la estufa a 103°C durante 15 min. Previamente se ha pesado el matraz de extracción de equipo soxhlet y secado en la estufa.

Hay que evitar tocar el matraz de extracción y el cartucho con las manos, se toma el matraz con las pinzas y se agregan 125 ml de solvente en este caso es benceno, se coloca en el equipo soxhlet y el cartucho con el papel filtro, se introduce donde se percibe el destilado y se termina de armar el equipo soxhlet Fig. . Se conecta el sistema de enfriamiento y se prende la parrilla y se deja durante 4 horas.

Una vez transcurrido el tiempo, se quita el matraz de extracción con las pinzas, se lleva al equipo de destilación, una vez destilado, el matraz es llevado a un desecador durante 30 minutos y se pesa, para que por diferencia de pesos obtener los solubles en benceno.

ANALISIS BACTERIOLOGICOS

Estos análisis se hicieron inmediatamente después del tiempo de reacondicionamiento del filtro, y se llevaron en forma muy similar a los análisis practicados al agua. Se efectuaron los análisis - de cuenta de colonias y el número más probable de bacterias (NM P)

Equipo para cuenta de colonias

Cajas Petrí de 100 mm de diámetro

Incubadora

Pipetas de 1 ml

Mechero

Licuadaora

Reactivos

Agua de dilución

Para la preparación del agua de dilución es necesario tener - una solución base, que se preparará de la siguiente manera:

Disolver 34g de fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4) en 500 ml de agua destilada, se ajusta el pH a 7.2 con una solución de hidroxido de sodio (NaOH) 1 N y se diluye a 1 litro con agua destilada. Para el agua de dilución, se toman 1.25 ml y se llevan a un litro con agua destilada y se pone a esterilizar 20 minutos en auto clave.

Medio de Cultivo

BACTO SABOURAUD DEXTROSE AGAR DESHIDRATADO
DIFCO LABORATORIOS

Para tener el medio en forma líquida se disuelven 65 g en 1000 ml de agua destilada, calentar a ebullición hasta disolver el medio completamente y esterilizar por 15 minutos a 121°C en una auto clave.

Procedimiento

Una vez pesada la parte del filtro, que corresponde a los análisis bacteriológicos, se coloca en el vaso de la licuadora (el vaso esterilizado previamente) y cerca de la flama del mechero y con 500 ml de agua de dilución, se licua durante 20 segundos.

En cajas de Petri estériles se vierte 1 ml de la muestra licuada y cerca de la flama del mechero, a continuación se vierten más o menos 10 ml de medio estéril y líquido. El medio y la muestra se deben mezclar perfectamente y distribuirse en forma uniforme en toda la caja.

Cuando las placas ya estén solidificadas, se pasan a una estufa de incubación y se incuban a 35°C por 48 horas. Las cajas de Petri se invierten durante la incubación. El recuento debe permanecer dentro de un límite de 30 a 300 colonias por placa y para este conteo se usa un contador de colonias "QUEBEC" o similar.

El medio usado es específico para hongos. S. realizó el mismo procedimiento para bacterias usando el cultivo bacto lactose agar.

Número más probable de bacterias. Se realiza con dos pruebas, la prueba Presuntiva y la Confirmativa, a continuación se describe la prueba presuntiva.

Equipo

Tubos de ensayo

Gradilla

Alambre de siembra

Incubadora

Mechero

Pipetas de (0.1, 1 y 10 ml)

Licuada

El medio usado en la prueba presuntiva es el de: Bacto Lactose Broth Deshidratado Difco Laboratorios y se prepara de la siguiente manera:

Disolver 13g de caldo lactosado en 1000 ml de agua destilada y se pone aproximadamente 10 ml en cada uno de los tubos de ensayo y se meten a la auto clave a 121°C por 30 minutos (los tubos de ensayo se les pone un tubo invertido pequeño para ver la formación de gas).

En el procedimiento se inoculan tres series de 5 tubos un 10 ml de la muestra licuada con 500 ml de agua destilada, otra serie con 1 ml y otra serie con 0.1 ml y se llevan a la incubadora a fermentar a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ de grado.

Se examinan cada tubo a las 24 horas y los tubos que presentan formación de gas se consideran positivos y los que no presenten

formación de gas, se ponen a la incubadora por 24 horas más.

La formación de gas dentro de las 48 horas, constituye una prueba presuntiva positiva y dará indicio de la presencia de bacterias.

PRUEBA CONFIRMATIVA

Reactivos

Medio bilis verde brillante merck laboratorio, se prepara de la siguiente manera:

Disolver 40g de medio verde brillante en un litro de agua y colocar aproximadamente 10 ml de ese medio en cada tubo de ensayo, llevarlo a la auto clave a esterilización por 15 minutos a 121°C.

En la prueba confirmativa, se resiembran los tubos positivos de la prueba presuntiva, con una asa de siembra y cerca de un mechero encendido, una vez inoculados la serie también de 5 tubos de medio verde brillante, se llevan a incubar a 35°C \pm 0.5°.

Se examinan los tubos a las 24 horas y los que presentan formación de gas se consideran positivos, los tubos que no presenten formación de gas en esta prueba se incuban otras 24 horas y se consideran positivos los que al final del período de 48 horas, presenten formación de gas.

Con los resultados de tubos positivos y negativos, se consulta la tabla No. () y se dá el resultado de esta prueba.

Índice del NMP y límite confiable de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan: 5 tubos con porciones de 10 ML en cada uno, 5 con porciones de 1 ML, y 5 con porciones de 0.1 ML.

| No. de tubos con reacciones positivas | | | Índice del NMP por 100 ML | Límite Confiable de 95% | | No. de tubos con reacciones positivas | | | Índice del NMP por 100 ML | Límite Confiable de 95% | |
|---------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|----------|---------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|----------|
| 5 tubos con 10 ML | 5 tubos con 1 ML | 5 tubos con 0.1 ML | | Inferior | Superior | 5 tubos con 10 ML | 5 tubos con 1 ML | 5 tubos con 0.1 ML | | Inferior | Superior |
| 0 | 0 | 0 | <2 | | | 4 | 2 | 1 | 26 | 9 | 78 |
| 0 | 0 | 1 | 2 | <0.5 | 7 | 4 | 3 | 0 | 27 | 9 | 80 |
| 0 | 1 | 0 | 2 | <0.5 | 7 | 4 | 3 | 1 | 33 | 11 | 93 |
| 0 | 2 | 0 | 4 | <0.5 | 11 | 4 | 4 | 0 | 34 | 12 | 93 |
| 1 | 0 | 0 | 2 | <0.5 | 7 | 5 | 0 | 0 | 23 | 7 | 70 |
| 1 | 0 | 1 | 4 | <0.5 | 11 | 5 | 0 | 1 | 31 | 11 | 89 |
| 1 | 1 | 0 | 4 | <0.5 | 11 | 5 | 0 | 2 | 43 | 15 | 110 |
| 1 | 1 | 1 | 6 | <0.5 | 15 | 5 | 1 | 0 | 33 | 11 | 93 |
| 1 | 2 | 0 | 6 | <0.5 | 15 | 5 | 1 | 1 | 46 | 16 | 120 |
| 2 | 0 | 0 | 5 | <0.5 | 13 | 5 | 1 | 2 | 63 | 21 | 150 |
| 2 | 0 | 1 | 7 | 1 | 17 | 5 | 2 | 0 | 49 | 17 | 130 |
| 2 | 1 | 0 | 7 | 1 | 17 | 5 | 2 | 1 | 70 | 23 | 170 |
| 2 | 1 | 1 | 9 | 2 | 21 | 5 | 2 | 2 | 94 | 28 | 220 |
| 2 | 2 | 0 | 9 | 2 | 21 | 5 | 2 | 1 | 79 | 25 | 190 |
| 2 | 3 | 0 | 12 | 3 | 28 | 5 | 3 | 0 | 110 | 31 | 250 |
| 3 | 0 | 0 | 8 | 1 | 19 | 5 | 3 | 1 | 140 | 37 | 340 |
| 3 | 0 | 1 | 11 | 2 | 25 | 5 | 3 | 3 | 180 | 44 | 500 |
| 3 | 1 | 0 | 11 | 2 | 25 | 5 | 4 | 0 | 130 | 35 | 300 |
| 3 | 1 | 1 | 14 | 4 | 34 | 5 | 4 | 1 | 170 | 43 | 490 |
| 3 | 2 | 0 | 14 | 4 | 34 | 5 | 4 | 2 | 220 | 57 | 700 |
| 3 | 2 | 1 | 17 | 5 | 46 | 5 | 4 | 3 | 280 | 90 | 850 |
| 3 | 3 | 0 | 17 | 5 | 46 | 5 | 4 | 4 | 350 | 120 | 1,000 |
| 4 | 0 | 0 | 13 | 3 | 31 | 5 | 5 | 0 | 240 | 68 | 750 |
| 4 | 0 | 1 | 17 | 5 | 46 | 5 | 5 | 1 | 350 | 120 | 1,000 |
| 4 | 1 | 0 | 17 | 5 | 46 | 5 | 5 | 2 | 540 | 180 | 1,400 |
| 4 | 1 | 1 | 21 | 7 | 63 | 5 | 5 | 3 | 920 | 300 | 3,200 |
| 4 | 1 | 2 | 26 | 9 | 78 | 5 | 5 | 4 | 1600 | 640 | 5,800 |
| 4 | 2 | 0 | 22 | 7 | 67 | 5 | 5 | 5 | 2400 | | |

III PARTE EXPERIMENTAL

a) ANALISIS DE INORGANICOS

En estos análisis se incluyen, los correspondientes a la parte física de las partículas como es la concentración en masa de las partículas de polvo suspendido.

En la tabla 1 se encuentran los datos más importantes relacionados con el muestreo que son:

Mes en que se tomó la muestra, los pesos en gramos de los filtros antes y después de efectuar las muestras de recolección, la diferencia de esas columnas da la cantidad de partículas recolectadas por el muestreador de alto volumen.

TABLA 1
FECHAS DE MUESTREO

| M e s | Día | Núm. de Muestra | Peso Inicial g. | Peso Final g. | Muestra g. |
|------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------|------------|
| Julio | Martes 13 | 1 | 3.6664 | 3.8667 | 0.2003 |
| Julio | Lunes 19 | 2 | 3.6643 | 3.8416 | 0.1773 |
| Julio | Domingo 25 | 3 | 3.6505 | 3.8457 | 0.1952 |
| Agosto | Viernes 26 | 4 | 3.5970 | 3.7721 | 0.1751 |
| Agosto | Jueves 12 | 5 | 3.8457 | 4.0336 | 0.1877 |
| Agosto | Miércoles 18 | 6 | 3.8644 | 3.9838 | 0.1194 |
| Agosto | Martes 24 | 7 | 4.2230 | 4.4173 | 0.1943 |
| Agosto | Lunes 30 | 8 | 4.2695 | 4.5046 | 0.2351 |
| Septiembre | Domingo 5 | 9 | 4.2234 | 4.3847 | 0.1613 |
| Septiembre | Sábado 11 | 10 | 4.9050 | 5.1055 | 0.2005 |
| Septiembre | Viernes 17 | 11 | 4.2234 | 4.6002 | 0.3768 |
| Septiembre | Jueves 23 | 12 | 4.1683 | 4.3553 | 0.1870 |
| Septiembre | Miércoles 29 | 13 | 4.6002 | 4.7937 | 0.1935 |

En los parámetros que se describen en la tabla 2 se dan las características del muestreador de alto volumen y en la columna final, la concentración en microgramos por metro cúbico.

TABLA No.2
CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

| No. de muestra | Operación min. | Volumen m ³ | Concentración µg/m ³ |
|----------------|----------------|------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1450 | 2459 | 82.46 |
| 2 | 1440 | 2520 | 70.35 |
| 3 | 1440 | 2356 | 82.85 |
| 4 | 1440 | 2265 | 77.30 |
| 5 | 1438 | 2467 | 76.08 |
| 6 | 1440 | 2284 | 52.27 |
| 7 | 1437 | 2296 | 84.62 |
| 8 | 1440 | 2476 | 94.95 |
| 9 | 1450 | 2520 | 64.00 |
| 10 | 1450 | 2341 | 85.64 |
| 11 | 1438 | 2350 | 160.34 |
| 12 | 1430 | 2435 | 76.79 |
| 13 | 1450 | 2524 | 76.66 |

Las ecuaciones siguientes son empleadas para obtener la concentración de cada uno de los contaminantes de la parte de análisis inorgánicos.

$$V_p = \frac{V A_p}{A} \text{ ----- (1)}$$

Donde:

V_p = Volumen de aire que pasa por la alícuota (fracción del filtro) sometido al análisis químico (m^3).

V = Volumen de aire que pasa por todo el filtro (m^3).

A_p = Alícuota fracción del filtro sometido al análisis químico (g).

A = Peso total del filtro con partículas (g)

$$C_p = A_f \text{ ----- (2)}$$

C_p = Concentración del contaminante, después de efectuado el análisis (mg).

= Aforo a que se llevó la alícuota para el análisis (1).

A_f = Concentración de contaminante en la alícuota (fracción del filtro) sometida al análisis (mg/l) para cada parámetro.

$$C_A = \frac{C_p}{V_p} \text{ ----- (3)}$$

C_A = Concentración de un contaminante en particular en todo el filtro (mg/m^3).

C_p = Concentración del contaminante (mg)

V_p = Volumen de aire que pasa por la alícuota (m^3)

Las ecuaciones anteriores, son empleadas en las tablas que aparecen a continuación.

En la tabla 3 aparecen los resultados de los sulfatos y nitratos, obtenido por análisis químico.

TABLA No. 3
SULFATOS Y NITRATOS

| | Ap (g) | Vp (m ³) | Af sulfatos (mg/l) | Af nitratos (mg/l) | C _a sulfatos (mg/m ³) | C _a nitratos (mg/m ³) |
|----|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--|
| 1 | 0.3678 | 731.046 | 41.28 | 18.02 | 0.0118 | 0.0078 |
| 2 | 0.1374 | 90.131 | 20.32 | 35.31 | 0.0225 | 0.0398 |
| 3 | 0.4724 | 289.407 | 55.24 | 28.71 | 0.0190 | 0.0099 |
| 4 | 0.2512 | 150.836 | 131.12 | 50.15 | 0.0869 | 0.0332 |
| 5 | 0.3755 | 229.660 | 29.66 | 43.22 | 0.0129 | 0.0188 |
| 6 | 0.3192 | 183.004 | 5.15 | 68.64 | 0.0028 | 0.0375 |
| 7 | 0.3355 | 174.384 | 27.31 | 25.17 | 0.0156 | 0.0144 |
| 8 | 0.2066 | 113.560 | 45.27 | 14.84 | 0.0398 | 0.0130 |
| 9 | 0.4834 | 277.822 | 30.12 | 38.63 | 0.0108 | 0.0139 |
| 10 | 0.3755 | 172.176 | 62.10 | 15.80 | 0.0360 | 0.0091 |
| 11 | 0.4834 | 246.943 | 29.30 | 12.65 | 0.0118 | 0.0051 |
| 12 | 0.2756 | 154.085 | 4.36 | 57.92 | 0.0028 | 0.0376 |
| 13 | 0.4821 | 253.840 | 3.36 | 60.70 | 0.0013 | 0.0238 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

C_a = Concentración total de contaminante en mg/m³

Las tablas 4,5,6,7,8 y 9 correspondientes a los análisis de metales de cobre, plomo, fierro, manganeso, zinc y níquel respectivamente.

TABLA No. 4
ANALISIS DE COBRE

| | Ap | Vx Ap | Vp | A _F | Ca |
|----|--------|---------|----------|----------------|----------|
| 1 | 0.9438 | 2292.49 | 592.8802 | 0.91 | 0.000153 |
| 2 | 0.9524 | 2400.05 | 624.7527 | 1.15 | 0.000184 |
| 3 | 0.8411 | 1981.63 | 515.2846 | 0.44 | 0.000085 |
| 4 | 0.9394 | 2117.74 | 564.0730 | 0.50 | 0.000089 |
| 5 | 0.8496 | 2095.96 | 519.6251 | 0.05 | 0.000010 |
| 6 | 0.4315 | 985 .55 | 247.3894 | 0.07 | 0.000028 |
| 7 | 0.4430 | 1017.13 | 230.2605 | 0.05 | 0.000022 |
| 8 | 0.9089 | 2250.44 | 499.587 | 0.05 | 0.000010 |
| 9 | 1.2215 | 3078.18 | 702.0275 | 0.05 | 0.000007 |
| 10 | 0.9394 | 2198.20 | 430.5552 | 0.44 | 0.000102 |
| 11 | 1.0624 | 2496.64 | 542.7242 | 0.48 | 0.000088 |
| 12 | 1.1110 | 2705.29 | 621.1489 | 0.05 | 0.000008 |
| 13 | 1.0031 | 2531.82 | 528.1557 | 0.05 | 0.000009 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

TABLA No. 5
ANALISIS DE PLOMO

| | Ap | Vx Ap | Vp | A _F | Ca |
|----|--------|---------|----------|----------------|-----------|
| 1 | 0.9438 | 2292.49 | 592.8802 | 2.0 | 0.000337 |
| 2 | 0.9524 | 2400.05 | 624.7527 | 11.5 | 0.001840 |
| 3 | 0.8411 | 1981.63 | 515.2846 | 0.5 | 0.000097 |
| 4 | 0.9394 | 2127.74 | 564.0730 | 0.5 | 0.000089 |
| 5 | 0.8496 | 2095.96 | 519.6251 | 0.5 | 0.000096 |
| 6 | 0.4315 | 495.55 | 247.3894 | 0.5 | 0.000202 |
| 7 | 0.4430 | 1017.13 | 230.2605 | 0.5 | 0.000217 |
| 8 | 0.9089 | 2250.44 | 499.5870 | 0.5 | 0.000100 |
| 9 | 1.2215 | 3078.18 | 702.0275 | 0.5 | 0.000071 |
| 10 | 0.9394 | 2198.20 | 430.5552 | 0.5 | 0.0000116 |
| 11 | 1.0624 | 2496.64 | 542.7242 | 5.4 | 0.000995 |
| 12 | 1.1110 | 2705.29 | 621.1489 | 5.0 | 0.000805 |
| 13 | 1.0031 | 2531.82 | 528.1557 | 0.5 | 0.000095 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

TABLA No. 6
ANALISIS DE FIERRO

| | Ap | V x Ap | Vp | A _F | Ca |
|----|--------|---------|----------|----------------|----------|
| 1 | 0.9438 | 2292.49 | 592.8802 | 5.34 | 0.000901 |
| 2 | 0.9524 | 2400.05 | 624.7527 | 5.70 | 0.000912 |
| 3 | 0.8911 | 1981.63 | 515.2846 | 12.00 | 0.002329 |
| 4 | 0.9394 | 2127.74 | 564.0730 | 17.70 | 0.003138 |
| 5 | 0.8496 | 2095.96 | 519.6251 | 1.04 | 0.000200 |
| 6 | 0.4315 | 985.55 | 247.3894 | 1.07 | 0.000433 |
| 7 | 0.4430 | 1017.13 | 230.2605 | 0.46 | 0.000200 |
| 8 | 0.9089 | 2250.44 | 499.5870 | 0.18 | 0.000036 |
| 9 | 1.2215 | 3078.18 | 702.0275 | 1.00 | 0.000142 |
| 10 | 0.9394 | 2198.20 | 430.5552 | 0.60 | 0.000139 |
| 11 | 1.0624 | 2496.64 | 542.7242 | 0.56 | 0.000103 |
| 12 | 1.1110 | 2705.29 | 621.1489 | 0.31 | 0.000050 |
| 13 | 1.0031 | 2531.82 | 528.1557 | 0.60 | 0.000114 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

A_F = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

TABLA No. 7
ANALISIS DE MANGANESO

| | Ap | V x Ap | Vp | A _f | Ca |
|----|--------|---------|----------|----------------|----------|
| 1 | 0.9438 | 2292.49 | 592.8809 | 1.65 | 0.000278 |
| 2 | 0.9524 | 2400.05 | 624.7527 | 1.52 | 0.000243 |
| 3 | 0.8411 | 1981.63 | 515.2846 | 0.96 | 0.000186 |
| 4 | 0.9394 | 2127.74 | 564.0730 | 0.79 | 0.000140 |
| 5 | 0.8496 | 2095.96 | 519.6251 | 0.06 | 0.000012 |
| 6 | 0.4315 | 485.55 | 247.3894 | 0.03 | 0.000012 |
| 7 | 0.4430 | 1017.13 | 230.2605 | 0.37 | 0.000161 |
| 8 | 0.9089 | 2250.44 | 499.5870 | 0.25 | 0.000050 |
| 9 | 1.2215 | 3078.18 | 702.0275 | 0.15 | 0.000021 |
| 10 | 0.9394 | 2198.20 | 430.5552 | 0.15 | 0.000035 |
| 11 | 1.0624 | 2496.64 | 542.7242 | 0.05 | 0.000009 |
| 12 | 1.1110 | 2705.29 | 621.1489 | 0.05 | 0.000008 |
| 13 | 1.0031 | 2531.82 | 528.1557 | 0.05 | 0.000009 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

TABLA No. 8
ANALISIS DE ZINC

| | Ap | V x Ap | Vp | A _F | Ca |
|----|--------|---------|----------|----------------|----------|
| 1 | 0.9438 | 2292.49 | 549.8802 | 2.50 | 0.000422 |
| 2 | 0.9524 | 2400.05 | 624.7527 | 1.80 | 0.000288 |
| 3 | 0.8411 | 1981.63 | 515.2846 | 4.54 | 0.000881 |
| 4 | 0.9394 | 2127.74 | 564.0730 | 4.02 | 0.000713 |
| 5 | 0.8496 | 2095.96 | 519.6251 | 12.30 | 0.002367 |
| 6 | 0.4315 | 985.55 | 247.3894 | 19.30 | 0.007801 |
| 7 | 0.4430 | 1017.13 | 230.2605 | 0.07 | 0.000030 |
| 8 | 0.9089 | 2250.44 | 499.587 | 0.06 | 0.000012 |
| 9 | 1.2215 | 3078.18 | 702.0275 | 0.12 | 0.000017 |
| 10 | 0.9394 | 2198.20 | 430.5552 | 0.11 | 0.000026 |
| 11 | 1.0624 | 2496.64 | 542.7242 | 2.01 | 0.000370 |
| 12 | 1.1110 | 2705.29 | 621.1489 | 1.84 | 0.000296 |
| 13 | 1.0031 | 2531.82 | 528.1557 | 0.23 | 0.000044 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

TABLA No. 9
ANALISIS DE NIQUEL

| | Ap | VxAp | Vp | A | C |
|----|--------|---------|----------|-----|----------|
| 1 | 0.9438 | 2292.49 | 592.8802 | 0.1 | 0.000017 |
| 2 | 0.9524 | 2400.05 | 624.7527 | 0.1 | 0.000016 |
| 3 | 0.8411 | 1981.63 | 515.2846 | 0.3 | 0.000058 |
| 4 | 0.9394 | 2127.74 | 564.0730 | 0.3 | 0.000053 |
| 5 | 0.8496 | 2095.96 | 519.6251 | 0.1 | 0.000019 |
| 6 | 0.4315 | 985.55 | 247.3894 | 0.3 | 0.000121 |
| 7 | 0.4430 | 1017.13 | 230.2605 | 0.1 | 0.000043 |
| 8 | 0.9089 | 2250.44 | 499.587 | 0.1 | 0.000020 |
| 9 | 1.2215 | 3078.18 | 702.0275 | 0.1 | 0.000014 |
| 10 | 0.9394 | 2198.20 | 430.5552 | 0.1 | 0.000023 |
| 11 | 1.0624 | 2496.64 | 542.7242 | 0.1 | 0.000018 |
| 12 | 1.1110 | 2705.29 | 621.1489 | 0.1 | 0.000016 |
| 13 | 1.0031 | 2531.82 | 528.1557 | 0.1 | 0.000019 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

B) ANALISIS DE COMPUESTOS ORGANICOS

Existen partículas suspendidas en el aire que pueden contener materia orgánica la cual puede ser extraída por medio de un disolvente orgánico, al evaporar este disolvente queda la materia orgánica que puede pesarse, y así obtener los componentes solubles en el disolvente orgánico empleado.

La siguiente tabla, muestra la forma en que fueron obtenidas las sustancias solubles en benceno, siendo éste, el disolvente usado.

TABLA No. 10

ANALISIS DE COMPUESTOS ORGANICOS
(Solubles en Benceno)

| | Ap | V x Ap | Vp | Af | Ca |
|----|--------|--------|----------|-------|----------|
| 1 | 0.9700 | 2429 | 609.3387 | 98.1 | 0.160994 |
| 2 | 0.9140 | 2520 | 599.5626 | 121.4 | 0.202481 |
| 3 | 0.9606 | 2356 | 588.4936 | 32.5 | 0.055226 |
| 4 | 0.9561 | 2265 | 574.0993 | 87.3 | 0.152064 |
| 5 | 0.6402 | 2467 | 391.5534 | 142.3 | 0.363424 |
| 6 | 0.3768 | 2284 | 216.0274 | 62.0 | 0.287000 |
| 7 | 0.8644 | 2296 | 449.2925 | 71.9 | 0.160029 |
| 8 | 1.2215 | 2476 | 671.4092 | 56.1 | 0.083556 |
| 9 | 1.0624 | 2520 | 610.5890 | 119.7 | 0.196040 |
| 10 | 0.5253 | 2341 | 240.9029 | 96.0 | 0.398501 |
| 11 | 0.9624 | 2350 | 491.6894 | 187.5 | 0.381377 |
| 12 | 0.5200 | 2435 | 290.7262 | 62.1 | 0.213603 |
| 13 | 0.3358 | 2524 | 176.8070 | 85.6 | 0.484144 |

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

Af = Concentración de contaminante en la alícuota

Ca = Concentración total de contaminante en mg/m³

C) ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Los análisis microbiológicos, son poco usuales en los análisis de partículas suspendidas, pero son comunes en el estudio de los gases atmosféricos.

En este estudio se realizaron análisis microbiológicos que comprenden:

- i) Número no probable de bacterias
- ii) El número de colonias de hongos
- iii) Cuenta en placa

Como los resultados de los análisis anteriores, proporcionan magnitudes escalares, en sólo una parte del filtro (con partículas) la correlación para todo el filtro, se lleva a cabo por una proporción simple:

$$X = \frac{X_1}{A_p} \dots \dots \dots (I)$$

Donde:

X = Resultado final (número de colonias)

X_1 = Es el parámetro obtenido en el análisis microbiológico
(Número de colonias y número más probable). (Af)

A_p = El peso de la fracción del filtro, usado en el análisis -
(en gramos).

A = Peso total del filtro (con partículas) en (grs).

En la tabla II se describe el resultado final para los 3 parámetros de los análisis microbiológicos.

TABLA No. II
ANALISIS MICROBIOLOGICOS

| | Ap | A _F N.M.P. | A _F N.de Col. Hongos | A _F N.de Col. Bacterias | C _A N.M.P. | C _A Col. de Hongos | C _A Col. de Bacterias |
|----|--------|--------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | 0.5471 | 5 | 13 | 3 | 35 | 90 | 20 |
| 2 | 0.1258 | 6 | 5 | * | 180 | 150 | — |
| 3 | 0.1715 | 5 | 16 | 4 | 110 | 360 | 90 |
| 4 | 0.1436 | 13 | 2 | 1 | 340 | 50 | 30 |
| 5 | 0.3200 | 12 | 3 | 16 | 150 | 40 | 200 |
| 6 | 0.5308 | 5 | 3 | 0 | 40 | 20 | 0 |
| 7 | 0.3075 | 17 | 50 | 70 | 240 | 720 | 1000 |
| 8 | 0.2399 | 12 | 18 | * | 230 | 340 | — |
| 9 | 0.1258 | 63 | 70 | 50 | 2190 | 2440 | 1740 |
| 10 | 0.2253 | 70 | 14 | 2 | 1590 | 320 | 50 |
| 11 | 0.2051 | 240 | 2 | 13 | 5380 | 40 | 290 |
| 12 | 0.3520 | 17 | 1 | 14 | 210 | 10 | 170 |
| 13 | 0.3120 | 34 | 6 | 8 | 520 | 90 | 120 |

* Aparece un número muy elevado de colonias y no fue posible contar.

Ap = Alícuota en (g)

Vp = Volumen de aire por la alícuota (m³)

A_F = Concentración de contaminante en la alícuota

C_A = Concentración total de contaminante en número

IV. ESTUDIO ESTADISTICO

Cuando se tiene un conjunto de datos, los cálculos efectuados en ese conjunto, son generalmente los valores centrales. Y el valor usado comunmente es el promedio aritmético ó media.

$$\bar{X} = \frac{\text{Suma de } X}{N}$$

Donde:

\bar{X} = Media de las observaciones

x = Una observación particular

N = Número de observaciones

Hay ocasiones en que los datos no tienen simetría, como en la curva de distribución normal (en su forma pura), y es deseable tener una evaluación de la medida del valor central y esta medida es la mediana ó simplemente valor medio de una distribución.

Si el número de datos es ordenado conforme a su magnitud entonces el valor numérico de la mediana es el valor medio, en tre los dos datos próximos a la mitad.

La mediana está menos influenciada por los valores extremos en una distribución, que la media.

Cuando la distribución es simétrica, la media y la mediana son iguales.

Otra medida de la tendencia central es la media geométrica y es el antilogaritmo de la media de los logaritmos de un conjunto de datos.

La media geométrica también se puede obtener, de una serie de observaciones ($X_1, X_2, X_3 \dots \dots X_m$), siendo la raíz N -ésima del producto de los números, así se tiene que:

$$G = \sqrt[N]{X_1 X_2 X_3 \dots \dots X_m}$$

$$\log G = \frac{\log X_1 + \log X_2 + \dots \dots \log X_m}{N}$$

Donde:

G = Media geométrica

X = Una observación particular

N = Número de observaciones

En ocasiones los datos pueden presentar una distribución simétrica, pero pueden ser más altas o más bajas, con respecto a una medida central, en estos casos se usa una medida de variabilidad que es la desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Donde:

- S = Es la desviación estándar
- x = Una observación particular
- \bar{X} = Media de las observaciones
- N = Número de observaciones

Hay una medida más de la variabilidad de una distribución que es el rango y es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de un conjunto de observaciones.

El rango en una curva de distribución simétrica es de menos infinito a más infinito en el eje de las observaciones.

La desviación estándar, por lo tanto, es una medida significativa relacionada con la curva de distribución normal. En la des-

viación estándar, hay límites que engloban datos que caen en determinados rangos, que de acuerdo a la investigación podrán caer o salir del rango previsto, esto es lo que se conoce como límites de confianza, y generalmente las tablas y libros de estadística mencionan tres, el de 68.2%, que es un valor de la desviación estándar arriba y abajo de la media. El límite de 95.4% que son dos valores arriba y abajo de la desviación estandar y el tercer límite de confianza que es de 99.7% que es 3 valores de la desviación estándar arriba y abajo de la media.

Estos límites de confianza dan áreas bajo la curva de distribución normal y seleccionando un límite de confianza, los valores que caen dentro de la curva son aceptados y los valores que salen del área marcada, por el límite de confianza, son rechazados.

Dentro del análisis estadístico de este estudio se han considerado, las medidas del valor central del conjunto de datos recolectados, para cada uno de los parámetros detectados, como son: la media, la media geométrica y la desviación estándar, se hace referencia a los valores mínimo y máximo de cada uno de los parámetros determinados.

Las gráficas que se muestran a continuación, son para cada contaminante en particular, y con las medidas centrales expresadas anteriormente.

ANALISIS ESTADISTICO DE PARTICULAS

| No. de datos N | (1) concen- tración X | LOG X | $(X - \bar{X})^2$ | $(X - \bar{X})$ |
|----------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 82.46 | 1.91624 | 3.20 | - 1.79 |
| 2 | 70.35 | 1.84726 | 106.50 | - 10.32 |
| 3 | 82.85 | 1.91829 | 4.76 | 2.18 |
| 4 | 77.30 | 1.88818 | 11.37 | - 3.37 |
| 5 | 76.08 | 1.88127 | 21.07 | - 4.59 |
| 6 | 52.27 | 1.71825 | 806.60 | - 28.4 |
| 7 | 84.62 | 1.92747 | 15.60 | 3.95 |
| 8 | 94.95 | 1.97749 | 203.92 | 14.28 |
| 9 | 64.00 | 1.80618 | 277.89 | - 16.67 |
| 10 | 85.64 | 1.93267 | 24.70 | 4.97 |
| 11 | 160.34 | 2.20412 | 6347.31 | 79.67 |
| 12 | 76.79 | 1.88530 | 15.05 | - 3.88 |
| 13 | <u>76.66</u> | <u>1.88457</u> | <u>16.08</u> | <u>- 4.01</u> |
| | 1 084.30 | 24.78728 | 7854.05 | |

(1) Todas las concentraciones de los contaminantes están en microgramos/metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$$\bar{X} = \frac{1084.30}{13} = 83.408$$

$$\log G = \frac{24.78728}{13} = 1.90671$$

$$G = \text{antilog } 1.90671 = 80.6696$$

$$S^2 = \frac{7854.05}{13 - 1}$$

$$S^2 = \frac{654.50416}{1}$$

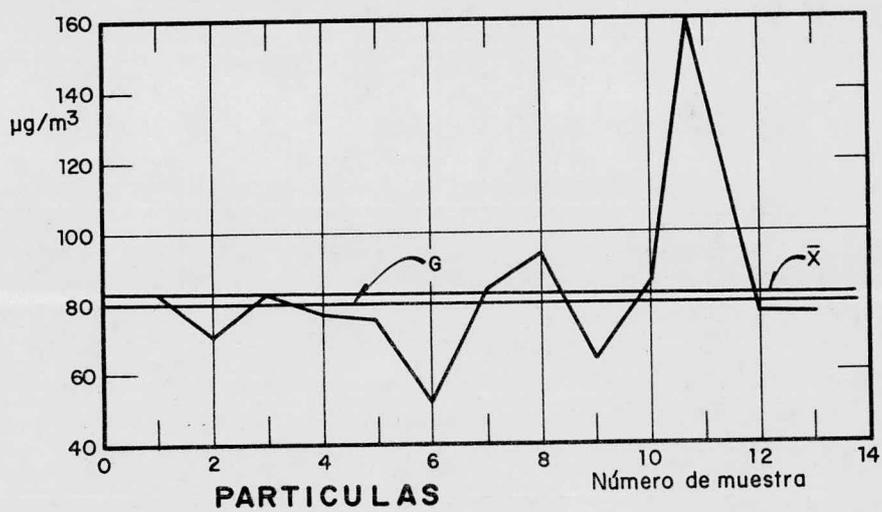
$$S = \sqrt{654.50416}$$

$$S = 25.58$$

$$\bar{X} = 83.41$$

$$G = 80.67$$

$$S = 25.58$$



ANALISIS ESTADISTICO DE SULFATOS

| N | X | LOG X | (X - \bar{X}) | (X - \bar{X}) ² |
|----|------|---------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | 11.8 | 1.0719 | - 9.277 | 86.06 |
| 2 | 22.5 | 1.3522 | 1.423 | 2.02 |
| 3 | 19.0 | 1.2786 | - 2.077 | 4.31 |
| 4 | 86.9 | 1.9390 | 65.823 | 4332.67 |
| 5 | 12.9 | 1.1106 | - 8.177 | 66.86 |
| 6 | 2.8 | 0.4772 | - 18.277 | 334.05 |
| 7 | 15.6 | 1.1931 | - 5.477 | 30.00 |
| 8 | 39.8 | 1.5999 | 18.723 | 350.56 |
| 9 | 10.8 | 1.0334 | - 10.277 | 105.62 |
| 10 | 36.0 | 1.5563 | 14.923 | 222.70 |
| 11 | 11.8 | 1.0719 | - 9.277 | 86.06 |
| 12 | 2.8 | 0.4472 | - 18.277 | 334.05 |
| 13 | 1.3 | 0.1139 | - 19.777 | 391.13 |
| | 274 | 14.2452 | | 6238.91 |

$$\bar{X} = \frac{274}{13} = 21.077$$

$$\log G = \frac{14.2452}{13} = 1.0958$$

$$G = \text{antilog } 1.0958$$

$$G = 12.468$$

$$S^2 = \frac{6238.91}{13 - 1}$$

$$S^2 = 519.9091$$

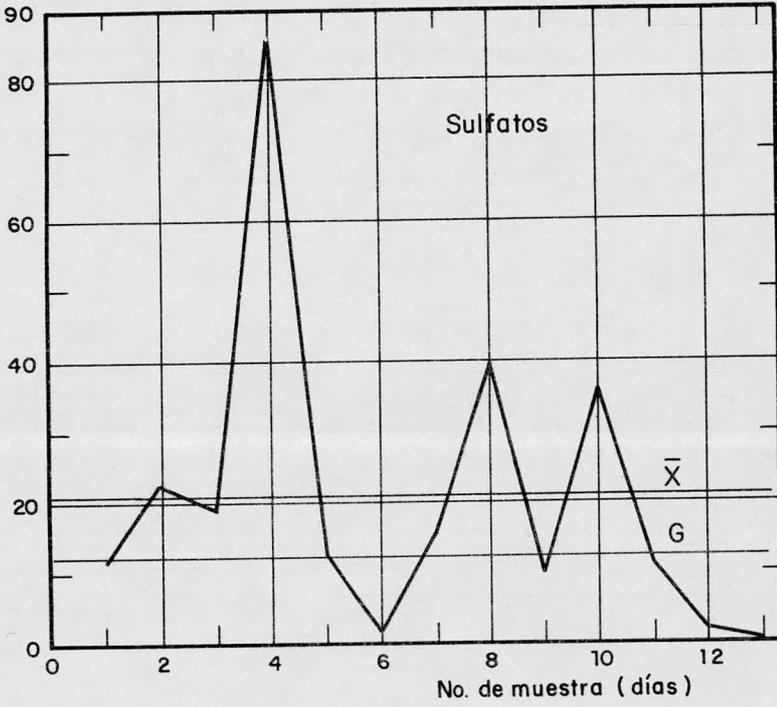
$$S = \sqrt{519.9091}$$

$$S = 22.80$$

$$\bar{X} = 21.08$$

$$G = 12.47$$

$$S = 22.80$$



ANALISIS ESTADISTICO DE NITRATOS

| N | X | LOG X | (X - \bar{X}) | (X - \bar{X}) ² |
|----|-------------|---------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | 7.8 | 0.8921 | - 12.5 | 156.25 |
| 2 | 39.8 | 1.5999 | 19.5 | 380.25 |
| 3 | 9.9 | 0.9956 | - 10.4 | 108.16 |
| 4 | 33.2 | 1.5211 | 12.9 | 166.41 |
| 5 | 18.8 | 1.2742 | - 1.5 | 2.25 |
| 6 | 37.5 | 1.5740 | 17.2 | 295.84 |
| 7 | 14.4 | 1.1584 | 5.9 | 34.81 |
| 8 | 13.0 | 1.1139 | - 7.3 | 53.29 |
| 9 | 13.9 | 1.1430 | - 6.4 | 40.96 |
| 10 | 9.1 | 0.9590 | - 11.2 | 125.44 |
| 11 | 5.1 | 0.7076 | - 15.2 | 231.04 |
| 12 | 37.6 | 1.5752 | 17.3 | 299.29 |
| 13 | <u>23.8</u> | <u>1.3766</u> | 3.5 | <u>12.25</u> |
| | 263.9 | 15.8906 | | 1906.24 |

$$\bar{X} = \frac{263.90}{13} = 20.30$$

$$\log G = \frac{15.8906}{13} = 1.2224$$

$$G = \text{anti log } 1.2224$$

$$G = 12.468$$

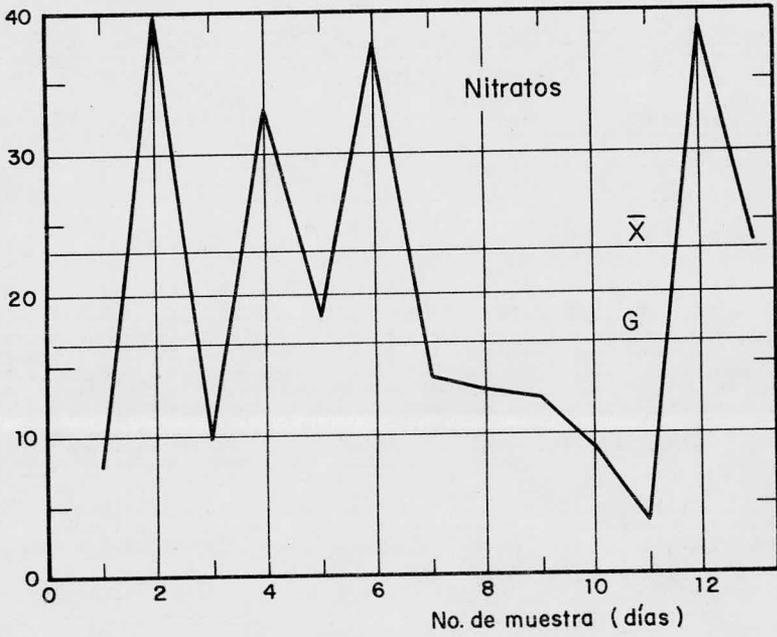
$$S^2 = \frac{1906.24}{13-1} = 158.86$$

$$S = 12.60$$

$$\bar{X} = 20.30$$

$$G = 12.47$$

$$S = 12.60$$



ANALISIS ESTADISTICO DE COBRE

| N | X | LOG X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0.153 | - 0.8153 | 0.0918 | 0.0084 |
| 2 | 0.184 | - 0.7352 | 0.1228 | 0.0151 |
| 3 | 0.085 | - 1.0706 | 0.0238 | 0.0006 |
| 4 | 0.089 | - 1.0506 | 0.0278 | 0.0008 |
| 5 | 0.010 | - 2.0000 | -0.0512 | 0.0026 |
| 6 | 0.028 | - 1.5528 | -0.0332 | 0.0011 |
| 7 | 0.022 | - 1.6576 | -0.0392 | 0.0015 |
| 8 | 0.010 | - 2.0000 | -0.0512 | 0.0026 |
| 9 | 0.007 | - 2.1549 | -0.0542 | 0.0029 |
| 10 | 0.102 | - 0.9914 | 0.0408 | 0.0017 |
| 11 | 0.088 | - 1.0555 | 0.0268 | 0.0007 |
| 12 | 0.008 | - 2.0970 | -0.0532 | 0.0028 |
| 13 | <u>0.009</u> | <u>- 2.0458</u> | -0.0522 | <u>0.0027</u> |
| | 0.795 | -19.2266 | | 0.0429 |

$$\bar{X} = \frac{0.795}{13} = 0.0612$$

$$\text{LOG } G = \frac{19.2266}{13} = -1.4790$$

$$G = \text{Antilog } -1.4790$$

$$G = 0.0332$$

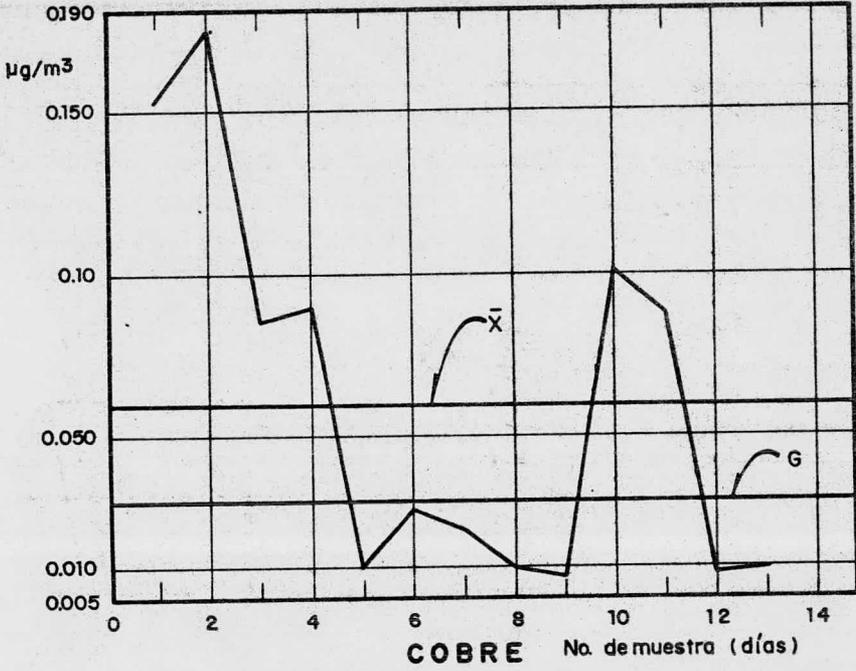
$$S^2 = \frac{0.0429}{13 - 1} = 0.0036$$

$$S = 0.0598$$

$$\bar{X} = 0.06$$

$$G = 0.03$$

$$S = 0.06$$



ANALISIS ESTADISTICO DE PLOMO

| N | X | LOG X | (X - \bar{X}) | (X - \bar{X}) ² |
|----|--------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | 0.337 | - 0.4728 | - 0.0522 | 0.0027 |
| 2 | 1.840 | 0.2643 | 1.4508 | 2.1047 |
| 3 | 0.097 | - 1.0132 | - 0.2922 | 0.0854 |
| 4 | 0.089 | - 1.0506 | - 0.300 2 | 0.0901 |
| 5 | 0.096 | - 1.0177 | - 0.2932 | 0.0860 |
| 6 | 0.202 | - 0.6946 | - 0.1872 | 0.0351 |
| 7 | 0.217 | - 0.6635 | - 0.1722 | 0.0297 |
| 8 | 0.100 | - 1.0000 | - 0.2892 | 0.0837 |
| 9 | 0.071 | - 1.1487 | - 0.3182 | 0.1013 |
| 10 | 0.116 | - 0.9355 | - 0.2732 | 0.0747 |
| 11 | 0.995 | - 0.00022 | 0.6058 | 0.3670 |
| 12 | 0.805 | - 0.0942 | 0.4158 | 0.1729 |
| 13 | <u>0.095</u> | <u>- 1.0223</u> | - 0.2942 | <u>0.0866</u> |
| | 5.060 | - 8.8502 | | 3.3197 |

$$\bar{X} = \frac{5.060}{13} = 0.3892$$

$$\text{Log } G = \frac{8.8502}{13} = - 0.6808$$

$$G = 0.2085$$

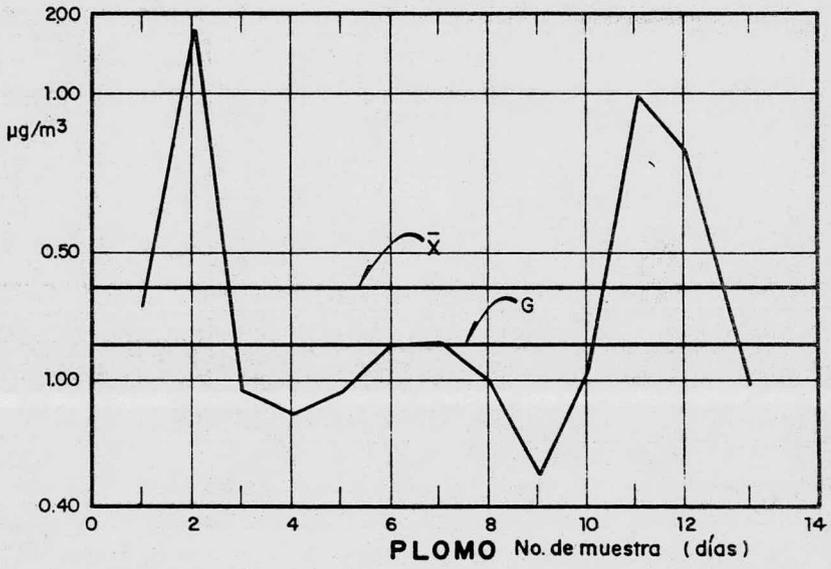
$$S^2 = \frac{3.3197}{13 - 1} = 0.2766$$

$$S = 0.5260$$

$$\bar{X} = 0.39$$

$$G = 0.21$$

$$S = 0.53$$



ANALISIS ESTADISTICO DE FIERRO

| N | X | LOG X | (X - \bar{X}) | (X - \bar{X}) ² |
|----|--------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | 0.901 | - 0.0453 | 0.2320 | 0.05381 |
| 2 | 0.912 | - 0.0400 | 0.243 | 0.0590 |
| 3 | 2.329 | 0.3672 | 1.66 | 2.7556 |
| 4 | 3.138 | 0.4967 | 2.469 | 6.0960 |
| 5 | 0.200 | - 0.6990 | -0.469 | 0.2200 |
| 6 | 0.433 | - 0.3635 | -0.236 | 0.0557 |
| 7 | 0.200 | - 0.6990 | -0.469 | 0.2200 |
| 8 | 0.036 | - 1.4437 | -0.633 | 0.4007 |
| 9 | 0.142 | - 0.8477 | -0.527 | 0.2777 |
| 10 | 0.139 | - 0.8570 | -0.53 | 0.2809 |
| 11 | 0.103 | - 0.9872 | -0.566 | 0.3204 |
| 12 | 0.050 | - 1.3010 | -0.619 | 0.3832 |
| 13 | <u>0.114</u> | <u>- 0.9431</u> | -0.555 | <u>0.3880</u> |
| | 8.697 | - 7.3626 | | 11.5110 |

$$\bar{X} = \frac{8.697}{13} = 0.6690$$

$$\text{Log } G = \frac{-7.3626}{13} = -0.5664$$

$$\text{Anti log } G = \text{Antilog } -0.5664$$

$$G = 0.2714$$

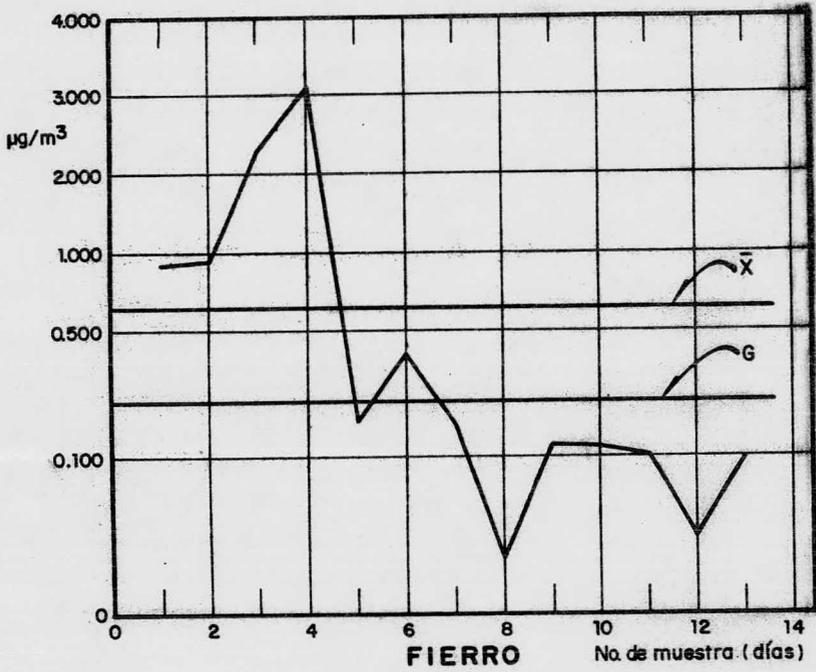
$$S^2 = \frac{11.5110}{13 - 1} = 0.9599$$

$$S = 0.9794$$

$$\bar{X} = 0.67$$

$$G = 0.27$$

$$S = 0.98$$



ANALISIS ESTADISTICO DE MANGANESO

| N | X | LOG X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0.278 | - 0.5560 | 0.1885 | 0.0353 |
| 2 | 0.243 | - 0.6144 | 0.1535 | 0.0236 |
| 3 | 0.186 | - 0.7305 | 0.0965 | 0.0093 |
| 4 | 0.140 | - 0.8539 | 0.0505 | 0.0026 |
| 5 | 0.012 | - 1.9208 | -0.0775 | 0.0060 |
| 6 | 0.012 | - 1.9208 | -0.0775 | 0.0060 |
| 7 | 0.161 | - 0.7932 | 0.0715 | 0.0051 |
| 8 | 0.050 | - 1.3010 | -0.0395 | 0.0016 |
| 9 | 0.021 | - 1.6778 | -0.0685 | 0.0047 |
| 10 | 0.035 | - 1.4559 | -0.0545 | 0.0030 |
| 11 | 0.009 | - 2.0458 | -0.0805 | 0.0065 |
| 12 | 0.008 | - 2.0969 | -0.0815 | 0.0066 |
| 13 | <u>0.009</u> | <u>- 2.0458</u> | -0.0805 | <u>0.0065</u> |
| | 1.164 | 18.0128 | | 0.1168 |

$$\bar{X} = \frac{1.164}{13} = 0.0895$$

$$\log G = \frac{-18.0128}{13} = 1.3856$$

$$G = \text{antilog } -1.3856$$

$$G = 0.0412$$

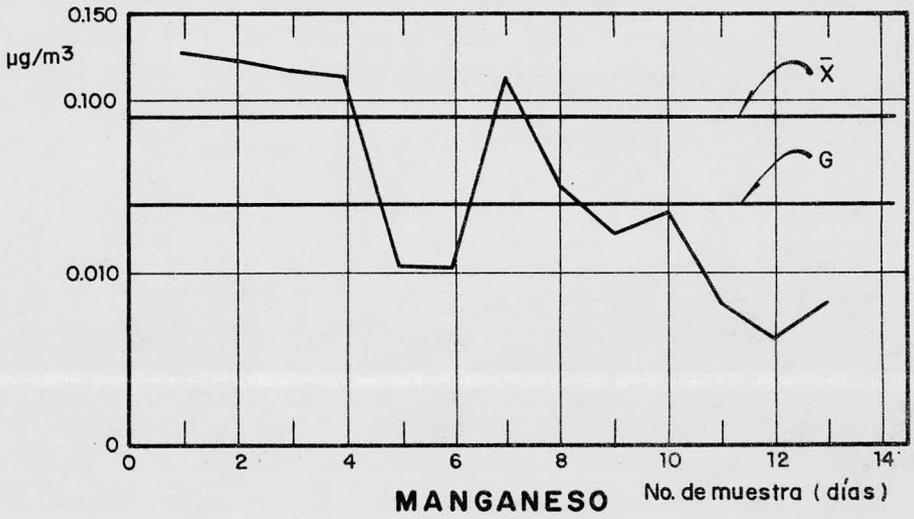
$$S^2 = \frac{0.1168}{13 - 1} = 0.0097$$

$$S = 0.0987$$

$$\bar{X} = 0.09$$

$$G = 0.04$$

$$S = 0.10$$



ANALISIS ESTADISTICO DE ZINC

| N | X | LOG X | (X - \bar{X}) | (X - \bar{X}) ² |
|----|--------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | 0.422 | - 0.3747 | - 0.5985 | 0.3582 |
| 2 | 0.288 | - 0.5406 | - 0.7325 | 0.5366 |
| 3 | 0.881 | - 0.0550 | - 0.1395 | 0.0195 |
| 4 | 0.713 | - 0.1469 | - 0.3075 | 0.0946 |
| 5 | 2.367 | 0.3742 | 1.3465 | 1.8131 |
| 6 | 7.801 | 0.8922 | 6.7805 | 45.9752 |
| 7 | 0.030 | - 1.5229 | - 0.9905 | 0.9811 |
| 8 | 0.012 | - 1.9208 | - 1.0085 | 1.0171 |
| 9 | 0.017 | - 1.7696 | - 1.0035 | 1.0070 |
| 10 | 0.026 | - 1.5850 | - 0.9945 | 0.9890 |
| 11 | 0.370 | - 0.4318 | - 0.6505 | 0.4232 |
| 12 | 0.296 | - 0.5287 | - 0.7245 | 0.5249 |
| 13 | <u>0.044</u> | <u>- 1.3565</u> | - 0.9765 | <u>0.9536</u> |
| | 13.267 | 8.9661 | | 54.6929 |

$$\bar{X} = \frac{13.2670}{13} = 1.0205$$

$$\log G = \frac{-8.9661}{13}$$

$$\log G = \frac{-0.6897}{1}$$

$$G = \text{antilog } -0.6897$$

$$G = 0.2043$$

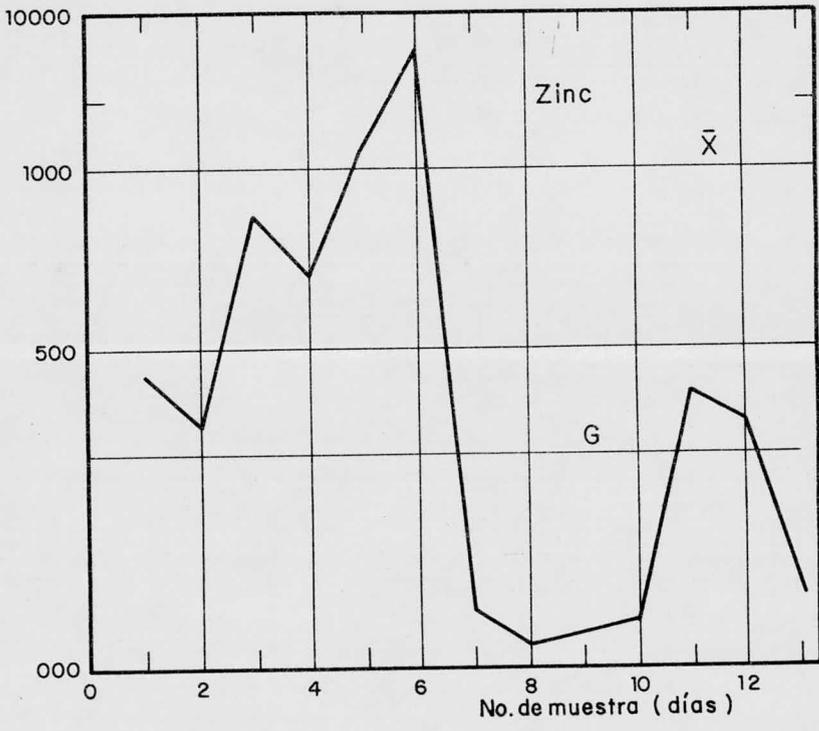
$$S^2 = \frac{54.6929}{13-1} = 4.5577$$

$$S = 2.1349$$

$$\bar{X} = 1.02$$

$$G = 0.20$$

$$S = 2.13$$



ANALISIS ESTADISTICO DE NIQUEL

| N | X | LOG X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0.017 | - 1.7696 | - 0.0166 | 0.0003 |
| 2 | 0.016 | - 1.7959 | - 0.0176 | 0.0003 |
| 3 | 0.058 | - 1.2366 | 0.0244 | 0.0006 |
| 4 | 0.053 | - 1.2757 | 0.0194 | 0.0004 |
| 5 | 0.019 | - 1.7212 | - 0.0146 | 0.0002 |
| 6 | 0.121 | - 0.9172 | 0.0874 | 0.0076 |
| 7 | 0.043 | - 1.3665 | 0.0094 | 0.0001 |
| 8 | 0.020 | - 1.6990 | - 0.0136 | 0.0002 |
| 9 | 0.014 | - 1.8539 | - 0.0196 | 0.0004 |
| 10 | 0.023 | - 1.6383 | 0.0106 | 0.0001 |
| 11 | 0.018 | - 1.7447 | - 0.0156 | 0.0002 |
| 12 | 0.016 | - 1.7959 | - 0.0176 | 0.0003 |
| 13 | <u>0.019</u> | <u>- 1.7212</u> | - 0.0146 | <u>0.0002</u> |
| | 0.437 | -20.5357 | | 0.0109 |

$$\bar{X} = \frac{0.4370}{13} = 0.0336$$

$$\bar{X} = 0.0336$$

$$\log G = \frac{-20.5357}{13} = -1.5787$$

$$\text{antilog } G = \text{antilog } -1.5797$$

$$G = 0.0263$$

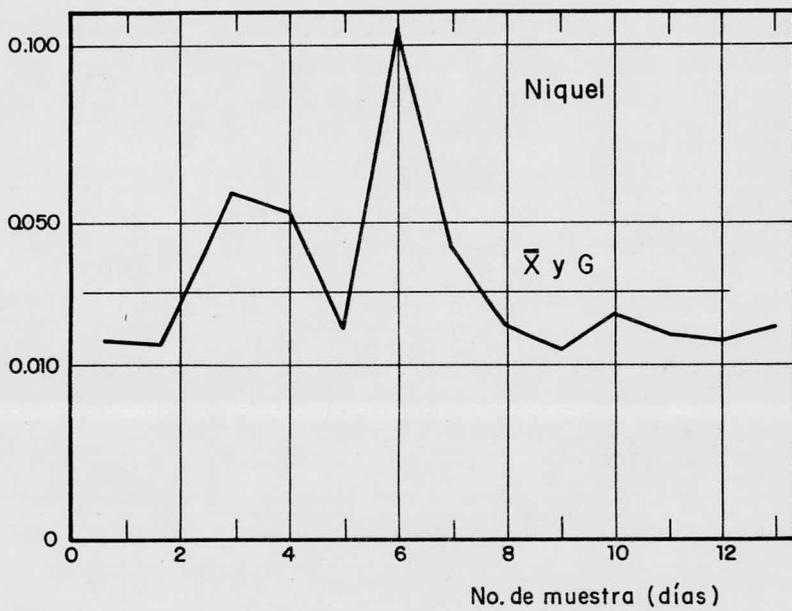
$$S^2 = \frac{0.0109}{13 - 1} = 0.0009$$

$$S = 0.0301$$

$$\bar{X} = 0.03$$

$$G = 0.03$$

$$S = 0.03$$



ANALISIS ESTADISTICOS DE MATERIA
ORGANICA

| N | X | LOG X | (X - \bar{X}) | (X - \bar{X}) ² |
|----|-----------|---------|-------------------|--------------------------------|
| 1 | 160.994 | 2.2068 | - 80.4244 | 6468.0841 |
| 2 | 202.481 | 2.3064 | - 38.9374 | 1516.1211 |
| 3 | 55.226 | 1.7221 | - 186.1924 | 34667.6090 |
| 4 | 152.064 | 2.1820 | - 89.3544 | 7984.2087 |
| 5 | 363.424 | 2.5604 | 122.0056 | 14885.366 |
| 6 | 287.000 | 2.4579 | 45.5816 | 2077.6822 |
| 7 | 160.029 | 2.2042 | - 81.3894 | 6624.2344 |
| 8 | 83.556 | 1.9220 | - 157.8624 | 24920.537 |
| 9 | 196.040 | 2.2923 | - 45.3784 | 2059.1991 |
| 10 | 398.501 | 2.6004 | 157.0826 | 24674.943 |
| 11 | 381.377 | 2.5813 | 139.9586 | 19588.409 |
| 12 | 213.603 | 2.3296 | - 27.8154 | 773.6965 |
| 13 | 484.144 | 2.6850 | 242.7266 | 58915.716 |
| | 3 138.439 | 30.0504 | | 205 155.78 |

$$\bar{X} = \frac{3138.439}{13} = 241.418$$

$$\log G = \frac{30.0504}{13} = 2.3116$$

$$G = \text{antilog } 2.3116$$

$$G = 204.924$$

$$S^2 = \frac{205155.78}{13-1}$$

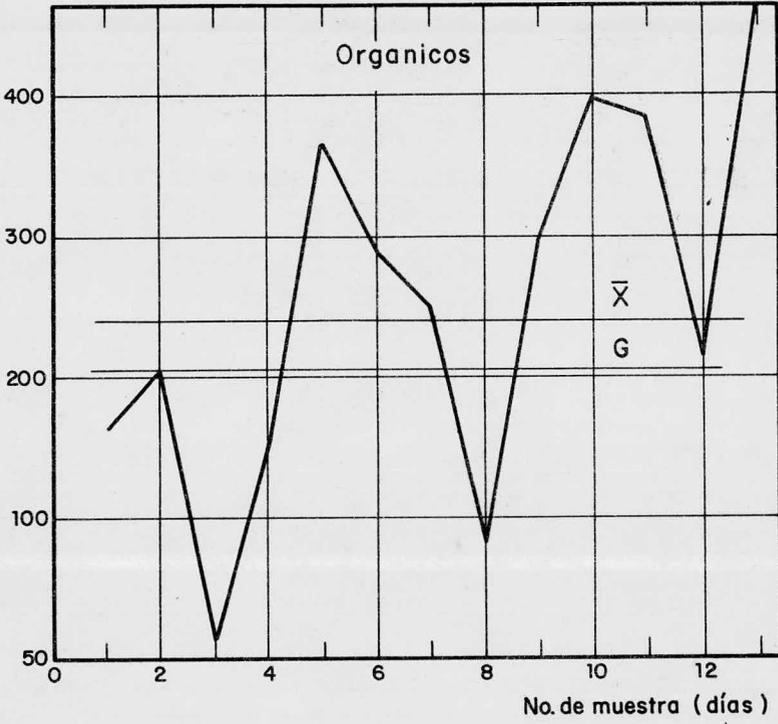
$$S^2 = 17096.315$$

$$S = 130.7528$$

$$\bar{X} = 241.42$$

$$G = 204.92$$

$$S = 130.75$$



ANALISIS ESTADISTICO DE N. M. P.
DE BACTERIAS

| N | X | LOG. X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 35 | 1.5441 | - 170.5 | 29070.3 |
| 2 | 180 | 2.2553 | - 25.5 | 650.3 |
| 3 | 110 | 2.0414 | - 95.5 | 9120.3 |
| 4 | 340 | 2.5315 | 134.5 | 18090.3 |
| 5 | 150 | 2.1761 | - 55.5 | 3080.3 |
| 6 | 40 | 1.6021 | - 165.5 | 27390.3 |
| 7 | 240 | 2.3802 | 34.5 | 1190.3 |
| 8 | 230 | 2.3617 | 24.5 | 600.3 |
| 9 | *2190 | _____ | _____ | _____ |
| 10 | *1590 | _____ | _____ | _____ |
| 11 | *5380 | _____ | _____ | _____ |
| 12 | 210 | 1.0792 | 4.5 | 20.3 |
| 13 | <u>520</u> | <u>2.7160</u> | 314.5 | <u>98910.3</u> |
| | 2055 | 20.6876 | | 18812.3 |

* Estos valores y los de las siguientes tablas, no fueron usados en los análisis estadísticos.

$$\bar{X} = \frac{2055}{10} = 205.50$$

$$\log G = \frac{20.6876}{10} = 2.0687$$

$$G = \text{antilog } 2.0687$$

$$G = 117.14$$

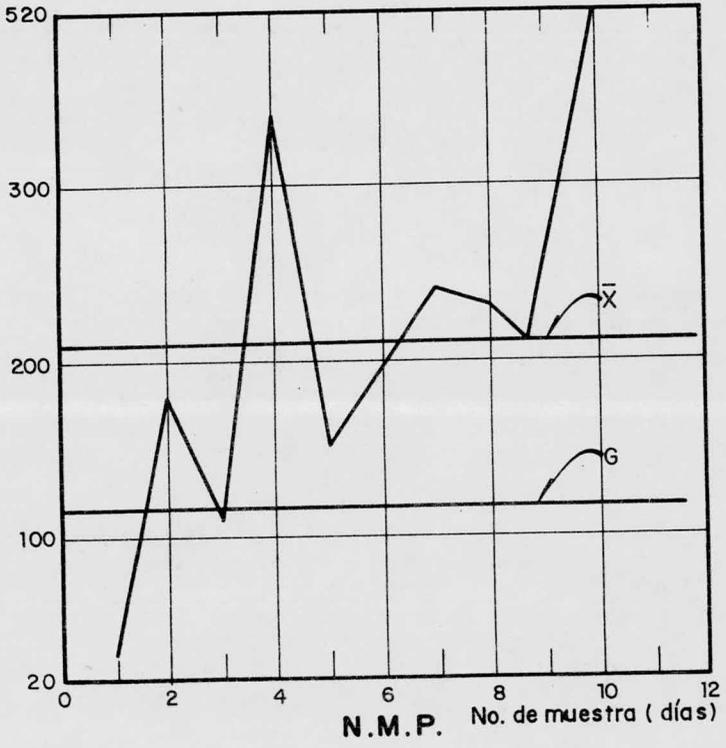
$$S^2 = \frac{188123}{10 - 1} = 20902.3$$

$$S = 144.60$$

$$\bar{X} = 205.50$$

$$G = 117.14$$

$$S = 144.60$$



ANALISIS ESTADISTICO DE COLONIAS DE HONGOS

| N | X | LOG X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|-----------|---------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 90 | 1.9542 | - 47.27 | 2234.50 |
| 2 | 150 | 2.1761 | 12.73 | 162.10 |
| 3 | 360 | 2.5563 | 222.73 | 49608.70 |
| 4 | 50 | 1.6990 | - 87.27 | 7616.10 |
| 5 | 40 | 1.6021 | - 97.27 | 9461.50 |
| 6 | 20 | 1.3010 | -117.27 | 13752.30 |
| 7 | *720 | _____ | _____ | _____ |
| 8 | 340 | 2.5315 | 202.73 | 41099.50 |
| 9 | *2440 | _____ | _____ | _____ |
| 10 | 320 | 2.5051 | 182.73 | 33390.30 |
| 11 | 40 | 1.6990 | - 97.30 | 9461.30 |
| 12 | 10 | 1.0000 | -127.30 | 16197.70 |
| 13 | <u>90</u> | <u>1.9542</u> | - 47.30 | <u>2234.50</u> |
| | 1510 | 20.9785 | | 185218.30 |

* Estos valores y los de las siguientes tablas, no fueron usados en los análisis estadísticos.

$$\bar{X} = \frac{1510}{11} = 137.27$$

$$\log G = \frac{20.9785}{11} = 1.9071$$

$$G = \text{antilog } 1.9071$$

$$G = 80.74$$

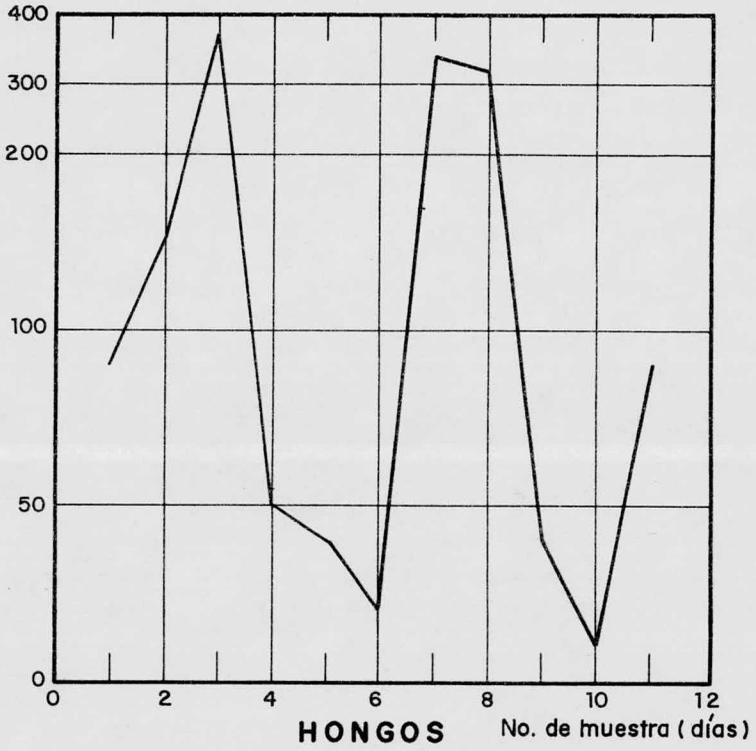
$$S^2 = \frac{185218.3}{11 - 1} = 18521.8$$

$$S = 136.1$$

$$\bar{X} = 137.27$$

$$G = 80.74$$

$$S = 136.10$$



ANALISIS ESTADISTICO DE COLONIAS DE BACTERIAS

| N | X | LOG X | $(X - \bar{X})$ | $(X - \bar{X})^2$ |
|----|-------|---------|-----------------|-------------------|
| 1 | 20 | 1.3010 | - 68.60 | 4709.4 |
| 2 | — | — | — | — |
| 3 | 90 | 1.9542 | 1.4 | 1.9 |
| 4 | 30 | 1.4771 | - 58.6 | 3436.9 |
| 5 | 200 | 2.3010 | 111.4 | 12404.4 |
| 6 | 0 | — | — | — |
| 7 | *1000 | — | — | — |
| 8 | — | — | — | — |
| 9 | *1740 | — | — | — |
| 10 | 50 | 1.6990 | - 38.6 | 1491.9 |
| 11 | 29 | 1.4624 | - 59.6 | 3555.1 |
| 12 | 170 | 2.2304 | 81.4 | 6621.9 |
| 13 | 120 | 2.0792 | 31.4 | 984.4 |
| | 709 | 14.5043 | | 33205.9 |

* Estos valores y los de las siguientes tablas, no fueron usados en los análisis estadísticos.

$$\bar{X} = \frac{709}{8} = 88.63$$

$$\log G = \frac{14.5043}{8} = 1.8130$$

$$G = \text{antilog } 1.8130$$

$$G = 65.01$$

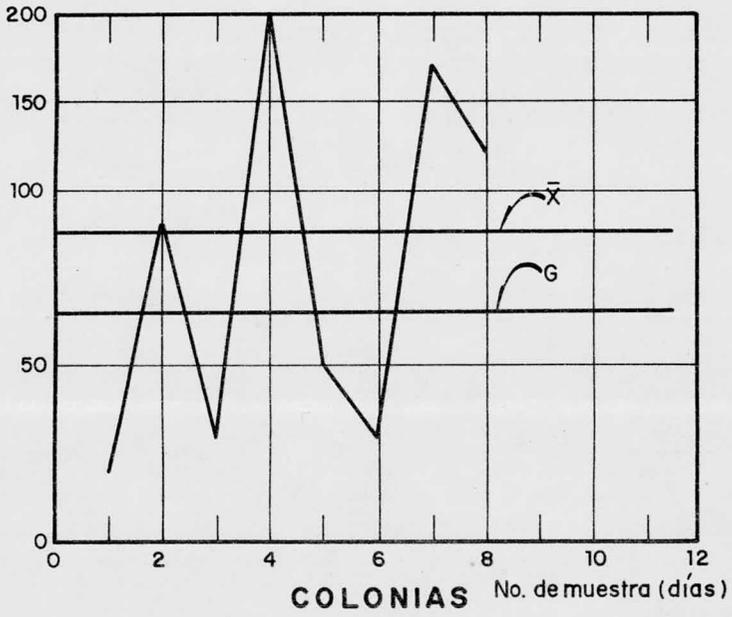
$$S^2 = \frac{33205.9}{8 - 1} = 4743.7$$

$$S = 68.9$$

$$\bar{X} = 88.63$$

$$G = 65.01$$

$$S = 68.9$$



RESUMEN DEL ANALISIS DE POLVO SUSPENDIDO EN CIUDAD UNIVERSITARIA EN 1976

(13 Muestras)

Todas las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *

| CONTAMINANTE | MEDIA | MEDIA GEOMETRICA | DESVIACION ESTANDAR | VALORES | |
|----------------------------------|--------|---------------------|------------------------|---------|--------|
| | | | | MINIMO | MAXIMO |
| 1 Partículas suspendidas | 83.40 | 80.67 | 25.58 | 52.27 | 160.34 |
| 2 Sulfatos | 21.08 | 12.47 | 22.80 | 1.30 | 86.90 |
| 3 Nitratos | 20.30 | 12.47 | 12.60 | 5.1 | 39.8 |
| 4 Cobre | 0.0612 | 0.0332 | 0.0598 | 0.007 | 0.184 |
| 5 Plomo | 0.3892 | 0.2085 | 0.5260 | 0.071 | 1.840 |
| 6 Fierro | 0.6690 | 0.2714 | 0.9794 | 0.036 | 3.130 |
| 7 Manganeso | 0.0895 | 0.0412 | 0.0987 | 0.008 | 0.278 |
| 8 Zinc | 1.0205 | 0.2043 | 2.1349 | 0.012 | 7.801 |
| 9 Níquel | 0.0336 | 0.0263 | 0.0301 | 0.014 | 0.121 |
| 10 Orgánicos solubles en benceno | 241.42 | 204.92 | 130.75 | 55.23 | 484.14 |
| 11 N.M.P. | 205.50 | 117.14 | 144.60 | 35 | 520 |
| 12 Colonias de hongos | 137.27 | 80.74 | 136.10 | 10 | 360 |
| 13 Colonias de bacterias | 88.63 | 65.01 | 68.90 | 0 | 200 |

* a excepción de los contaminantes (11,12 y 13) que están en número

V DISCUSIONES

a) Partículas

En la tabla del análisis estadístico de partículas, se observa que el dato número 11 es elevado y se sale del grupo de observaciones, es probable que se deba a que el muestreo se realizó en fecha subsecuente al 15 de septiembre en esta fecha en particular hay quemada de llantas en la vía pública, lo cual hay que combatir para no tener estos altos índices.

Se aprecia también que la media geométrica y la media aritmética son próximas.

El valor mínimo observado en esta tabla es de 52.27, es posible que se deba a una lluvia en ese día, por la noche o al viento que eliminó gran cantidad de partículas suspendidas.

Todos los demás valores, no presentan grandes diferencias en sus concentraciones. Pero son altas las concentraciones para esta zona donde, existen árboles y áreas verdes que no permiten que el viento levante partículas de polvo.

b) Sustancias inorgánicas

En la tabla donde se muestran los resultados del análisis químico de los sulfatos, hay un amplio intervalo de valores de concentración, y presentan un valor mínimo en la última determinación con una concentración de 86.9, todo en microgramos por litro.

La variación de los valores no es uniforme, presenta concentraciones altas y bajas, las dos medias no son próximas, la desviación estándar es mayor que las medidas centrales.

Los sulfatos, la mayoría de las veces forman parte del material de tamaño pequeño de partícula, se puede decir que el valor de concentración alto se debe a que la mayoría de las partículas son sulfatos solubles.

En los nitratos se observan, cinco valores con apreciables concentraciones, llegando a ser estos aproximadamente el 40% del total de muestras analizadas, las muestras con altas concentraciones de nitratos son; 2°, 4°, 6°, 12° y 13°.

Los nitratos también forman parte del material, lo mismo siendo estas partículas suspendidas nitratos solubles.

La determinación de sulfatos y nitratos se efectúa de la misma alícuota del filtro.

La media geométrica y la desviación estándar, tienen una varia
ción de décimas y la medida de tendencia central son menores que la
de los sulfatos.

Es difícil tratar de explicar las fuentes de estos dos contaminan
tes en particular, pues aunque por los escapes de los automóviles es
capan óxidos de nitrógeno (NO,NO₂) los cuales al mezclarse con aire,
humedad, luz y efectos climatológicos, pueden llegar a formar los áci
dos nitroso y nítrico, siendo estos absorbidos por las partículas en sus
pensión.

c) Metales

Se desconoce aún el efecto que puede tener, la acumulación de
los metales en el cuerpo humano, debido a la inhalación de partícu-
las de polvo que los contienen. Algunos de ellos han llegado a mos-
trar sus efectos sobre el cuerpo humano como son; el arsénico, mer-
curio, plomo, etc., los metales afectan también a los animales y a
las plantas.

En el estudio, fue necesario realizar un análisis cualitativo, pa
ra determinar cuáles eran los metales existentes en la muestra, con
la idea fundamental de determinar los posibles metales que causan in
toxicación como; el plomo, arsénico, etc., con el equipo de absorción
atómica sólo fue posible la identificación del plomo. Otro metal tóxico

que se buscó fue el arsénico y se realizó un análisis por vía húmeda, pero el resultado obtenido no dió cantidades significativas en la muestra, por lo cual, no se llevó a cabo esa determinación.

En el estudio realizado en Ciudad Universitaria a las partículas de polvo suspendidas, se encontraron los siguientes metales; cobre, plomo, fierro, manganeso, zinc y níquel. Los índices altos fueron - los siguientes: plomo $1.840 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fierro $3.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y zinc $7.801 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De los metales encontrados en el sitio de muestreo, el plomo es uno de los que se supuso factible de encontrar, debido a que es el - automóvil la fuente principal, pues la mayoría de éstos usa como - combustible gasolina, la cual contiene un compuesto de plomo. Se cita en una referencia que el plomo encontrado en muestras de hierba, obtenidas de una carretera con tráfico pesado en Denver es hasta - 3000 ppm como cenizas (8).

Todos los otros metales, su fuente son los diversos tipos de in dustrias que los pueden generar.

Se observa que en el sitio de muestreo se encuentran concentraciones (la mayoría baja) de metales en partículas de polvo y no hay fábricas en la cercanía que sean fuentes de contaminación de ese tipo de contaminantes. Es de suponerse que los vientos acarrean partículas con metales de fuentes lejanas al sitio de muestreo.

En lo referente al cobre los valores son bajos a excepción de 3 de ellos con concentraciones de 0.153, 0.184 y 0.102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pero aún estos valores son bajos. Los valores de las medidas centrales - del análisis estadístico son próximas y desviación estándar es aproximadamente igual a la media geométrica.

La concentración de plomo en las partículas recogidas con el - muestreador de alto volumen, muestran un ámbito amplio, pero la - concentración más alta de plomo, obtenida en la muestra número 2 y que es de 1.840 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no rebasa los estándares de calidad del aire de algunos estados de la Unión Americana como son los de Montana, New Mexico y Pennsylvania con una concentración máxima de 5.10,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente (8) .

Las medidas centrales del análisis estadístico de plomo son -- próximas y sólo 3 valores sobrepasan a la media aritmética, que es el valor más alto de las dos medidas centrales.

El hierro sólo tiene dos valores que están fuera de todos los de más valores: el máximo es de 3.138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el otro valor alto es de 2.329 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores hacen que las medidas centrales no estén próximas y la desviación estándar sea mayor que las medidas centrales, en la literatura revisada no se encuentra alguna enfermedad producida por este metal. En el agua potable se permiten 0.3 mg/l.

El manganeso es uno de los metales que han sido emitidos en cantidades pequeñas a la atmósfera, perdiendo significación desde el punto de vista de la salud. La literatura (15) indica como una concentración máxima permisible en la atmósfera de 6 mg/m^3 , en un lugar para apacentar ganado cerca de una fuente industrial.

En este caso no es alta la concentración, como se muestra en el análisis estadístico, donde las medidas centrales son próximas, aunque el ámbito es amplio, las concentraciones son bajas.

Para el zinc, la literatura sólo reporta un caso de envenenamiento (15) por zinc, sobre ganado en una granja, la autopsia reveló enfisema pulmonar en el ganado y los síntomas del inicio de envenenamiento fueron; incremento en la temperatura corporal, del pulso, la respiración y posteriormente la muerte.

La fuente era la soldadura de un tubo de hierro galvanizado que producía un humo blanco que se esparcía en el granero donde estaba el ganado, el humo contenía Zn. Estudios posteriores revelaron que una concentración máxima permisible de 15 mg/m^3 de Zn, como ZnO era el valor recomendable.

En el estudio estadístico se observa que el Zn tiene un amplio ámbito por lo cual las medidas centrales están separadas y la desviación es mayor que las dos medias, el máximo valor se presenta en la 6a. muestra, pero no se puede establecer una fuente puede ser que ese día se haya realizado un trabajo de soldadura en algún edificio -

próximo al sitio del muestreo.

Níquel es otro metal que se detecta en las muestras de polvo - suspendido. La principal fuente de este contaminante en el aire se de be a las industrias de fundición y galvanoplastia; en el sitio de mues treo no se localiza ninguna fuente cercana del contaminante, además - las concentraciones en el polvo son bajas, como se observa, otro pun to importante es que la máxima concentración de níquel se encuentra en la 6a. muestra, la cual es la máxima también para el zinc.

Con respecto al análisis estadístico se observa que las dos me didas centrales son las mismas.

d) Materia Orgánica

Las sustancias orgánicas presentes en el aire se deben a com bustiones incompletas, evaporación, líquidos, la combinación entre -- ellos, condiciones metereológicas, etc.

En el sitio donde se recolectaron las muestras de polvo, el trá fico de automóviles es abundante por lo cual estos son la fuente de - sustancias orgánicas en el aire, sobre todo de hidrocarburos.

En el cuadro del análisis estadístico de sustancias orgánicas - se observan, sólo dos valores por abajo de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y todos los de más arriba de 100, las medidas centrales son próximas, pero la des viación es alta. El máximo valor se presenta en el último muestreo

con 484.144 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La literatura (15) indica como valor umbral del olfato una concentración de 5 mg/m^3 de vapor de gasolina en el aire.

e) Microorganismos

En los análisis bacteriológicos se observa una gran discrepancia en cuanto a los resultados, pues existen valores que presentan cuentas altas y otras bajas, los valores altos no intervinieron en el estudio estadístico y los valores que si intervinieron, dan a los valores de las medidas centrales diferencias amplias, lo cual indica un ámbito amplio.

Estos análisis bacteriológicos no son recomendados en los análisis de partículas del aire suspendido, pues los filtros tienen que ser colocados en el muestreador de alto volumen como en las alícuotas - tomadas para las diferentes determinaciones.

Cuando los filtros son colocados en el muestreador seccionados para las diferentes determinaciones y análisis, se emplearon las medidas necesarias para no contaminarlos más, al tocarlos con las manos, aún así se observan cuentas altas en estas determinaciones.

Con estos valores no es posible establecer ninguna relación con gruente de los valores obtenidos, el aire no es un medio de crecimiento de microorganismos, sólo son estos transportados de un lugar a - otro por medio de corrientes.

Para este tipo de análisis, es necesario establecer criterios más firmes con la ayuda de una persona idónea, como la de un biólogo u otra persona afín con los microorganismos, para establecer los pasos y métodos adecuados en este análisis.

f) Valores Máximos y Mínimos

Dentro de las fechas de muestreo, se tomaron muestras dos veces los días; domingo, lunes, martes, miércoles, jueves y viernes, - sólo una muestra fue tomada el día sábado. Las muestras 3 y 4 fueron de domingos, 2 y 8 de lunes, 1 y 7 de martes, 6 y 13 de miércoles, 5 y 12 de jueves, 4 y 11 de viernes y la 10 del sábado.

Las partículas presentan un mínimo el día miércoles y un máximo el día viernes.

Los sulfatos, el mínimo es un día miércoles y un máximo el día viernes.

Los nitratos, el mínimo es un día viernes y un máximo el día lunes.

El cobre, su mínimo es un día domingo y su máximo un día - lunes.

El plomo, su mínimo es un día domingo y su máximo un día - lunes.

El fierro, su mínimo es un día lunes y su máximo un día viernes.

El manganeso, su mínimo es un día jueves y su máximo es un día martes.

El zinc, su mínimo es un día lunes y su máximo es un día - miércoles.

El níquel, su mínimo es un día domingo y su máximo es un - día miércoles.

Para el material orgánico, su mínimo es un día domingo y su máximo es un día miércoles.

De los 3 tipos de análisis microbiológicos que se realizaron, en este capítulo se incluyen los resultados de las trece muestras,

así tenemos que para el número más probable de organismos, presenta un mínimo el día martes y un máximo el día viernes.

En el número de colonias de hongos, el mínimo es un día jueves y el máximo el día domingo.

En la cuenta de número de colonias de bacterias, el mínimo es el día miércoles y el máximo es el día domingo.

En relación con los máximos y mínimos, tenemos que: El día domingo se presentan 4 mínimos los cuales son: cobre, plomo, níquel y materiales orgánicos, hay 2 máximos, siendo las colonias de hongos y las colonias de bacterias.

El lunes presenta dos mínimos en fierro y zinc y tres máximos los cuales son: nitratos, cobre y plomo. El martes tiene dos mínimos en colonia de bacterias y número más probable de bacterias, los máximos son: manganeso y materiales orgánicos. El día - miércoles hay dos mínimos en la concentración de polvo suspendido y en los sulfatos, los dos máximos de ese día corresponden a zinc y a níquel.

El jueves solamente presenta dos mínimos en manganeso y en colonias de hongos.

El viernes presenta un mínimo en nitratos y cuatro máximos en: concentración de polvo suspendido, sulfatos, fierro y número más probable de bacterias.

Con este somero análisis de los días se puede observar, que la mayor concentración de contaminantes es el día viernes y el día que tiene un número de alto de concentraciones mínimas es el domingo, que lógicamente debe de ser así, puesto que no hay actividades en - Ciudad Universitaria el día domingo.

CONCLUSIONES

1. Las muestras recolectadas, representan un intervalo de tiempo de 3 meses en un determinado sitio de muestreo.
2. Es necesario realizar el estudio por un período de tiempo más amplio, al menos por un año.
3. Realizar los muestreos en períodos más cortos, diario o por lo menos cada tercer día.
4. Los datos obtenidos de los análisis físico, químico y estadístico pueden servir como referencia en muestreos posteriores de partículas suspendidas, en el mismo sitio donde se realizó el estudio.
5. Paralelo a este estudio, es necesario observar los cambios meteorológicos del lugar para relacionarlos con los aumentos o disminuciones en los parámetros a analizar.
6. Se debe realizar también un conteo o inventario de las posibles fuentes de contaminación cercanas al lugar del muestreo, ya sea móviles o estacionarias.

7. Los resultados de las partículas suspendidas se compararon con estándares primarios y secundarios de los EE.UU obteniéndose el siguiente resultado:

Un solo dato supera el estándar nacional secundario de calidad de aire, que es de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración máxima en 24 horas y no debe exceder este valor una vez al año.

Todos los demás datos estan por debajo del estándar secundario.

8. Los resultados de plomo son comparados únicamente con los estándares estatales de los Estados de: Montana, Nuevo México y Pensilvania, y en ningún caso los resultados sobrepasan los estándares estatales.
9. En el análisis de substancias orgánicas, se debe realizar también en forma cuantitativa.
10. Los resultados de los análisis bacteriológicos no son confiables, por las situaciones de muestreo, equipo, manipulación de la muestra manipulación en el análisis y recolección de la misma.

11. Realizar con una persona idónea, un estudio para hacer confiables los análisis bacteriológicos de partículas suspendidas en el aire.

12. Revisar continuamente las estadísticas y los resultados de los análisis fisicoquímicos y bibliografía para establecer estándares de la calidad del aire en la ciudad de México.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA., AWWA., WPCF.
Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water
13a. Edition, 1971.
2. Bennett, Carl. A., and Franklin, Norman. L.
Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry
Limusa-Wiley., N. Y., 1954.
3. Dixon, Wilfrid, J., and Massey, Frank J. Jr.
Introduction of Statical Analysis
Mc. Graw-Hill, N.Y., 1957
4. Environmental Protection Agency
Atmospheric Sampling
Office of Manpower Devenlopment
Institute for Air Pollution Training = S.A. =
5. Environmental Protection Agency
Control of Particulate Emissions
Control Programs Development Division
Air Pollution Training Institute,
North Carolina, 1973.

6. Magell, P.L., Holden F., and Ackley C.
Air Pollution Handbook
Mc. Graw-Hill, N.Y., 1956

7. Perry, J.H., Chilton. C.H., and Kirkpatrick, S.D.
Chemical Engineers Handbook
14a. Edition.- Mc Graw-Hill

8. Ross, R.D. (Recopilación de)
La Industria y la Contaminación del Aire
Diana.- México, 1974.

9. Spiegel, M.R.
Estadística (Serie Schaum)
Mc Graw-Hill de México, 1970

10. S.S.A., Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente
Instructivo para el Manejo del Muestreador de alto Volúmen pa
ra el Muestreo de Partículas Suspendidas en el Aire Ambiente.
(Boletín).- Programa de Mejoramiento del Ambiente.
México-PNUD.- Junio, 1975.

11. S.S.A., Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente
Procedimiento para la Calibración del Muestreador de Alto Volumen (Boletín)
Programa de Mejoramiento Ambiental
México-PNUD, Junio, 1975.

12. S.S.A., Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente
Procedimiento para la Calibración de la Unidad de Orificio
Programa de Mejoramiento Ambiental
México-PNUD. -Junio, 1975.

13. STERN, A.C.
Air Pollution, Vol. I, II, III
Academic Press, N.Y., 1968.

14. UNAM., Centro de Educación Continua
Control de la Contaminación Atmosférica (Curso)
Noviembre, 1971.

15. U.S. Department of Agriculture., Agricultural
Research Service.

Air pollutants affecting the performance of domestic animals

Animal Science Research Division

Washington, D.C.

enero, 1972.