

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS DE GRADO

CONTAMINACION ATMOSFERICA POR DIOXIDO DE AZUFRE EN LIMA
METROPOLITANA

JUAN EDGARDO HARCISO CHAVEZ
CODIGO No. 801936E

LIMA, 1992

Al Ing. Reynaldo Avila Botto por
el asesoramiento brindado.

Al Ing. Gerardo Finzás Benites, al
Quim. Manuel A. Vizcarra Andreu,
Ing. Miriam Fanduro Rengifo y a la
Sra. Elena Sander Mejía por el apoyo
técnico brindado.

Dedicado a mis padres, hermanas y
amigos.

INDICE

CONTAMINACION ATMOSFERICA POR DIOXIDO DE AZUFRE EN LIMA METROPOLITANA

INTRODUCCION

CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
SECCION I. HISTORIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA	2
1. ANTECEDENTES A NIVEL MUNDIAL	2
2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL	11
SECCION II. ESTUDIOS REALIZADOS EN LIMA METROPOLITANA EN RELACION A LA CONTAMINACION ATMOSFERICA	16
CAPITULO II. DEFINICIONES TECNICAS	26
CAPITULO III. CARACTERISTICAS DEL DIOXIDO DE AZUFRE	34
SECCION I. CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS	35

SECCION II. DISPERSION	37
SECCION III. TRANSFORMACION Y DEGRADACION	42
SECCION IV. CONCENTRACIONES EN EL AMBIENTE	43
SECCION V. EFECTOS EN LA SALUD	46
CAPITULO IV. UBICACION GEOGRAFICA	50
SECCION I. UBICACION GEOGRAFICA	51
SECCION II. TOPOGRAFIA DE LA CIUDAD	53
SECCION III. CRECIMIENTO POBLACIONAL	56
CAPITULO V. PARAMETROS METEOROLOGICOS	62
SECCION I. TEMPERATURA	64
1. TEMPERATURA A NIVEL HORIZONTAL	64
2. TEMPERATURA A NIVEL VERTICAL	66
SECCION II. HUMEDAD RELATIVA	67
SECCION III. VIENTO	68
SECCION IV. RADIACION SOLAR	68
SECCION V. PRECIPITACION PLUVIAL	69
CAPITULO VI. PROBLEMATICA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LIMA METROPOLITANA	70
CAPITULO VII. FUENTES DE CONTAMINACION	77

SECCION I. FUENTES NATURALES	79
SECCION II. FUENTES ARTIFICIALES	80
1. FUENTES ESTACIONARIAS	82
2. FUENTES MOVILES	83
CAPITULO VIII. MONITOREO	85
SECCION I. DETERMINACION DEL NUMERO DE ESTACIONES	86
SECCION II. SELECCION DEL LUGAR DE MUESTREO	87
1. SELECCION DE LA ZONA	87
2. SELECCION DEL SITIO DE MUESTREO	89
SECCION III. FRECUENCIA DEL MUESTREO	91
SECCION IV. DESCRIPCION FISICA DE LA ESTACION	91
1. CABINA DE MUESTREO	91
2. EQUIPO DE MUESTREO	92
CAPITULO IX. METODOS DE MUESTREO Y ANALISIS	93
SECCION I. DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE	94
1. RESUMEN DEL METODO	94
2. INSTRUMENTAL	95
3. REACTIVOS Y SOLUCIONES	96
4. CURVA DE CALIBRACION	98
5. SELECCION DEL SITIO DE MUESTREO Y MONTAJE DE LOS INSTRUMENTOS	99

6. TOMA DE MUESTRAS	101
7. ANALISIS	102
8. CALCULO DE LOS RESULTADOS	104
9. EXPRESION DE RESULTADOS	106
SECCION II. BREVE DESCRIPCION DE OTROS METODOS	106
1. METODOS DE ANALISIS PARA EL DIOXIDO DE AZUFRE	106
CAPITULO X. RESULTADOS DEL MONITOREO	115
CONCENTRACION DE DIOXIDO DE AZUFRE	117
CAPITULO XI. PLAN DE ADMINISTRACION DEL RECURSO AIRE	121
SECCION I. SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE	123
1. CIRCULACION DE CONTAMINANTES	123
2. CIRCULACION DE LA INFORMACION	125
SECCION II. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE	135
CONCLUSIONES	140
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	146

INTRODUCCION

La ciudad de Lima Metropolitana, situada en una zona cuyas características topográficas y meteorológicas permiten que los contaminantes derivados de la actividad desarrollada por casi 6 millones de habitantes que no efectúan un adecuado control de efluentes, impulsó el desarrollo del presente estudio, cuyo objeto primordial es poder determinar el grado de contaminación atmosférica existente debido a fuentes artificiales que producen Dióxido de Azufre, de tal forma de expresar estos datos como indicadores de contaminación atmosférica para intentar efectuar un control, y corregir sus efectos nocivos.

La atmósfera, que está formada por una masa gaseosa con partículas de diferentes materiales que ejerce influencia directa en el comportamiento de los elementos que forman el medio en que nos desenvolvemos, es decir el agua, suelo y aire por lo que consideramos de importancia desarrollar un estudio que permita obtener muestras que sean representativas durante tres años y por ello iniciamos nuestra tarea de recolección de muestras atmosféricas con una periodicidad de 6 días.

Debido a la falta de equipos muestreadores, solamente se pudo montar 1 de las 13 estaciones que se necesitarían para monitorear toda la metrópoli, la misma que se ubicó en zona comercial, contándose con el apoyo técnico de la Dirección Ejecutiva de Vigilancia y Control de la Contaminación del Aire de la Dirección Técnica de Salud Ambiental, entidad del Sector Salud encargada de vigilar y controlar la calidad del medio ambiente a nivel nacional.

Los resultados hallados mostraron que los niveles de contaminación de dióxido de azufre, se encuentran aún muy por debajo de los límites de calidad del aire.

La contaminación atmosférica en Lima Metropolitana se debe mayormente a fuentes artificiales ó antropogénicas de contaminantes atmosféricos, los gases y partículas emanados por la actividad industrial, que es el 80% de la nacional, la actividad comercial y por los vehículos, aumenta día a día agudizando el problema de polución en la gran metrópoli por lo que se hace necesaria la ejecución de un Plan de Administración del Aire que no es más que un conjunto organizado de pasos cuyo objetivo es la protección del hombre, de los animales y cultivos a la exposición nociva de la contaminación atmosférica mediante el cuidado del aire, el cual es planteado como alternativa de solución en el presente trabajo.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

CAPITULO I

ANTECEDENTES

SECCION I. HISTORIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

1. Antecedentes a Nivel Mundial

La contaminación atmosférica ocasionada por la actividad humana existe desde varios siglos atrás. Esta fuente artificial de contaminación va de la mano con el avance de la tecnología y la civilización, así tenemos que en la Edad Media el trabajo era realizado por los siervos, que a cambio de protección de los señores feudales producían obras

artesanales de alta especialización. Sus lugares de trabajo eran compartidos generalmente con sus hogares y la energía provenía de combustión de la madera, de la fuerza hidráulica y de la fuerza eólica. En esta época la producción era limitada, además que los centros de trabajo **estaban** dispersos. Esta característica se ve modificada por la Revolución Industrial, que se inicia con el perfeccionamiento de la máquina a vapor aproximadamente en el año 1750; las máquinas en continuo perfeccionamiento son emplazadas en áreas definidas dando origen a los centros de trabajo, denominados comunmente fábricas. Su aparición genera ofertas de trabajo que motivan el desplazamiento de grupos humanos de las aldeas comunales hacia las zonas industriales en expansión. Los complejos fabriles cuyo objetivo principal es transformar la materia prima y producir un determinado bien de consumo van a causar la aparición de residuos, generalmente inservibles e incluso nocivos, estos residuos al comienzo se integraban a los procesos de la naturaleza, restableciéndose el equilibrio por la acción de sus leyes, pero la capacidad de autodepuración fué saturándose lentamente debido al crecimiento y conglomeración de las fábricas, y al aumento de la producción.

En el presente siglo, el avance tecnológico y la tendencia mundial hacia el desarrollo urbano e industrial ha traído como consecuencia el incremento de la contaminación atmosférica debido a la mayor liberación de desechos gaseosos, aerosoles y particulados. Esto fué especialmente notorio durante los últimos 60 años, cuando ocurrieron los conocidos casos del Valle Meuse (Bélgica) en 1930, Donoro-Pennsylvania (USA) en 1948 y Londres (Inglaterra) en 1952 que a continuación detallamos, así como otros casos ocurridos hasta la actualidad.

1.1 Bélgica, Valle Meuse

En Diciembre de 1930, el estrecho valle del río Meuse fué cubierto durante una semana por el smog originado de las emisiones de muchas fábricas, incluyendo plantas que procesan zinc, fierro y acero, vidrio, carbón y ácido sulfúrico. Un gran número de personas sufrieron enfermedades respiratorias al tercer día, y aproximadamente sesenta (60) murieron durante la semana. Las personas de mayor edad con historial de deficiencias del corazón y pulmones sufrieron las mayores consecuencias, aunque también personas de todas las edades llegaron a enfermar. El dióxido de azufre, nieblas de ácido

sulfúrico y fluoruros fueron los principales contaminantes, sin embargo es posible que además la combinación de otros contaminantes en estrecha relación con las severas y prolongadas condiciones meteorológicas produjeran el desastre. (5)

1.2 Japón

1.2.1 Yokohama

En 1946, en la gran ciudad industrial de Yokohama fué reportado un incremento en la frecuencia de irritaciones al tracto respiratorio entre trabajadores norteamericanos y sus familiares. los ataques fueron asociados a los altos niveles de contaminación del aire con movimientos lentos de masa de aire se consiguió alivio temporal del llamado "Asma de Yokohama" cuando en un avión sobrevolaron en la atmósfera contaminada. Las partículas y el dióxido de azufre estuvieron comprometidos en forma general, pero no exclusivamente como los contaminantes que ocasionaron este problema. (5)

1.2.2 Yokkaichi

En enero de 1972, en la ciudad de Yokkaichi, 817

personas fueron reconocidas como víctimas de emanaciones de gas sulfuroso, provenientes de un complejo industrial de seis fábricas. Se tuvo que pagar alrededor de tres millones de dólares americanos, como compensación a familiares de 12 víctimas del episodio. (5)

1.3 Estados Unidos de Norte América

1.3.1 Donora-Pennsylvania

En octubre de 1948, Donora, una ciudad situada en el valle del río Monongahela, productora de acero, zinc y ácido sulfúrico, fué cubierta por smog durante varios días. Una gran cantidad de personas llegaron a enfermar cerca del segundo día. Aproximadamente el 43% del total de la población de 14,000 estuvo enferma y 20 personas murieron. Eran comunes las enfermedades del tracto respiratorio, y la gravedad de las enfermedades fué mayor entre la gente de mayor edad y aquellas que sufrían de enfermedades cardíacas y **pulmonares**. El dióxido de azufre y los productos de su oxidación, sales sulfatadas y materiales particulados fueron considerados los principales contaminantes causantes del episodio. (5)

1.3.2 New York

En noviembre de 1966, durante la semana del "Día de Gracias" se produjo una inversión de masas atmosféricas en Nueva York. La capa de inversión bajó a no más de 164 metros. La concentración horaria de dióxido de azufre se incrementó en 0.97 partes por millón (ppm), los materiales particulados alcanzaron 390 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Se informó de un incremento de 168 defunciones, sobre la tasa de mortalidad normal. Hubo una condición favorable que aminoró los efectos negativos e indeseables y fué la de coincidir con una semana de feriados, periodo durante el cual el tránsito y las actividades se mantuvieron disminuidas incluso la calefacción, pues fueron días calurosos. La cantidad de muertes es relativamente pequeña si se considera la gravedad del episodio, se comenta que si las condiciones señaladas se hubiesen presentado en semana de trabajo normal los daños a la salud habrían sido más graves y acaso mayor el número de muertes. (5)

1.4 Mexico, Poza Rica

En noviembre de 1950, una planta nueva para la recuperación de sulfuros a partir de gas natural fué

parcialmente activada en Poza Rica. El proceso requería la combustión de Hidrógeno Sulfurado, el gas fué liberado accidentalmente cuando una densa neblina cubría la zona. Los residentes vecinos a la planta fueron afectados inmediatamente. Aparecieron síntomas en el sistema respiratorio y el sistema nervioso central entre 320 personas, de las cuales 22 murieron, personas de todas las edades fueron afectadas. En este episodio, el hidrógeno **sulfurado** fué el contaminante específico causante de enfermedades agudas y muertes. (5)

1.5 Inglaterra

1.5.1 Londres

En diciembre de 1952, la niebla cubrió la mayor parte de Inglaterra, afectando particularmente Londres y el Valle del Río Támesis. Muchos habitantes de estas áreas enfermaron repentinamente en el tercer y cuarto día de la niebla. Las personas mayores de edad llegaron a enfermar seriamente con síntomas de deficiencias cardíacas y pulmonares, las causas de las muertes incluían bronquitis crónica, bronconeumonía y deficiencia cardíaca. El episodio duró solo unos cuantos días, pero la mortalidad continuó para aumentar por semanas

posteriores. Las muertes resultantes del episodio fueron estimadas de 3,500 a 4,000. El dióxido de azufre y los humos de combustión del carbón, en combinación con la niebla fueron relacionados con el episodio. (5)

1.6 Francia

1.6.1 Lacq

En junio de 1961, ocurrió el primer incidente atribuible indiscutiblemente al dióxido de azufre. El centro fabril de Lacq trata gas natural del que resultan de 300 a 400 toneladas métricas de dióxido de azufre diariamente. Se dañaron alrededor de 2,000 a 3,000 hectáreas de vegetación alrededor de la fábrica, que estuvieron constituidas por sembríos de tabaco, los daños tuvieron que ser indemnizados.

El segundo incidente ocurrió en octubre de 1972, la contaminación por dióxido de azufre tuvo una duración de 4 días, alcanzando niveles de hasta 0.74 ppm, en esa oportunidad los seres humanos fueron los mas afectados, presentando fenómenos alérgicos, problemas digestivos y manifestaciones importantes al tracto respiratorio, los cuales desaparecieron al disminuir la contaminación. (5)

1.7 Otros Incidentes

En la población de la ciudad de New Orleans se presentaron cuadros agudos de asma, aunque no se ha determinado con exactitud la causa de este incremento, se ha señalado que tiene estrecha relación con la contaminación atmosférica. Existen sospechas que la combustión de productos de desechos, particularmente ciertos componentes de polvo, pueden ser directamente asociados con estos episodios.

Los Angeles, California y otras ciudades en Estados Unidos ha registrado en su población irritaciones en los ojos asociados con la presencia de smog. Han existido varios casos de irritación de los ojos en ciudades donde la altura de los edificios y la estrechez de las calles atrapan los gases de escape de los vehículos por algún periodo de tiempo.

Para terminar con este punto citaré una publicación de la revista "Despertad" del 8 de junio de 1990, la cual tiene como título "La Enfermedad del Siglo Veinte" en la cual nos dice:

"La contaminación del día moderno ha producido una rara y nueva enfermedad. Se alude a ella como enfermedad ecológica, hipersensibilidad ambiental o enfermedad del siglo veinte, y se dice que, tan solo en Ontario (Canadá), afecta a unas treinta mil personas. La gente que padece esta enfermedad es sensible en extremo a un exceso de sustancias químicas y contaminantes artificiales, que van desde el humo de los cigarrillos hasta la tinta de una página impresa. En casos extremos, esas personas se convierten en enfermos confinados en sus casas y que para respirar necesitan una máscara de oxígeno. Según Toronto Star, algunos expertos opinan que el padecimiento de estas pocas personas es una advertencia de que algo ha ido muy mal".
(13)

2. Antecedentes a Nivel Nacional

Al igual que los demás países del mundo, la contaminación atmosférica en el Perú se inicia con la revolución industrial, debido sobre todo a la explotación y transformación de sus recursos naturales. (Ver fig. 1.1)

Para suerte nuestra no hemos tenido aún episodios de contaminación atmosférica que hayan causado la muerte de personas, pero sí la muerte de animales y daños a la vegetación. Entre estos podemos citar:

2.1 Junín, La Oroya

La fundición de La Oroya, se ubica en el Departamento de Junín a 4,200 metros sobre el nivel del mar y aproximadamente



FIGURA 1.1 Ubicación Geográfica de las ciudades de nuestro país que presentan problemas de contaminación atmosférica.

a 200 km. al Nor-Este de Lima. Esta fundición inicia sus actividades a fines del año 1922, produciéndose minerales de **cobre**, plomo y zinc. Existen informes de esa época que señalan emisiones de partículas y humos metálicos al medio ambiente de 120 ton/día, así como de 2000 ton/día de dióxido de azufre. Los efectos no se hicieron esperar, los cerros situados frente a la fundición se encontraban sembrados con cebada, los cuales por acción de los humos y gases fueron quemados, además, la Sociedad Ganadera de Junín informó de 18% de casos de muerte de su ganado. (18)

2.2 Valle de Ilo

Este valle queda situado en el Departamento de Moquegua con una longitud aproximada de 30 km, la extensión cultivada del valle alcanza las 443 hectáreas, siendo el cultivo predominante el olivo, cuando las condiciones meteorológicas lo permiten estos sembríos son alcanzados y afectados por los humos de la fundición de cobre, compuestos en su mayoría por gases sulfurosos, cuya emisión es del orden de 700 toneladas métricas por día, aunque estos fenómenos meteorológicos son esporádicos, causan daños visibles a la agricultura del valle. Los montos indemnizatorios alcanzan un promedio de 120,000 dólares por campaña agrícola. (36)

2.3 Lima

La fabricación de harina de pescado tiene a partir de 1957 un crecimiento realmente explosivo nunca presentado en el historial industrial del país. El índice de crecimiento de este producto nos lo dá las cifras de harina de pescado exportada, que en 1957 ascendieron a 64,465 toneladas métricas y subieron en 1961 a 863,766 toneladas, llegando a ser el primer productor en el mundo. El 41.2% de la producción total del país se concentraba en Lima, en la zona del Callao (1961). La producción de harina de pescado provocaba la emanación de partículas, gases y sobre todo de olores nauseabundos que cubrían toda la metrópoli. La reacción del público no se hizo esperar pues la molestia era realmente insoportable, dando lugar a quejas de la población y campañas periodísticas de gran magnitud. (ver fig. 1.2)

(36)

2.4 Ancash, Chimbote

La ciudad de Chimbote es actualmente una de las ciudades con mayor contaminación en el país, la presencia de olores nauseabundos debido a la actividad pesquera e industrial

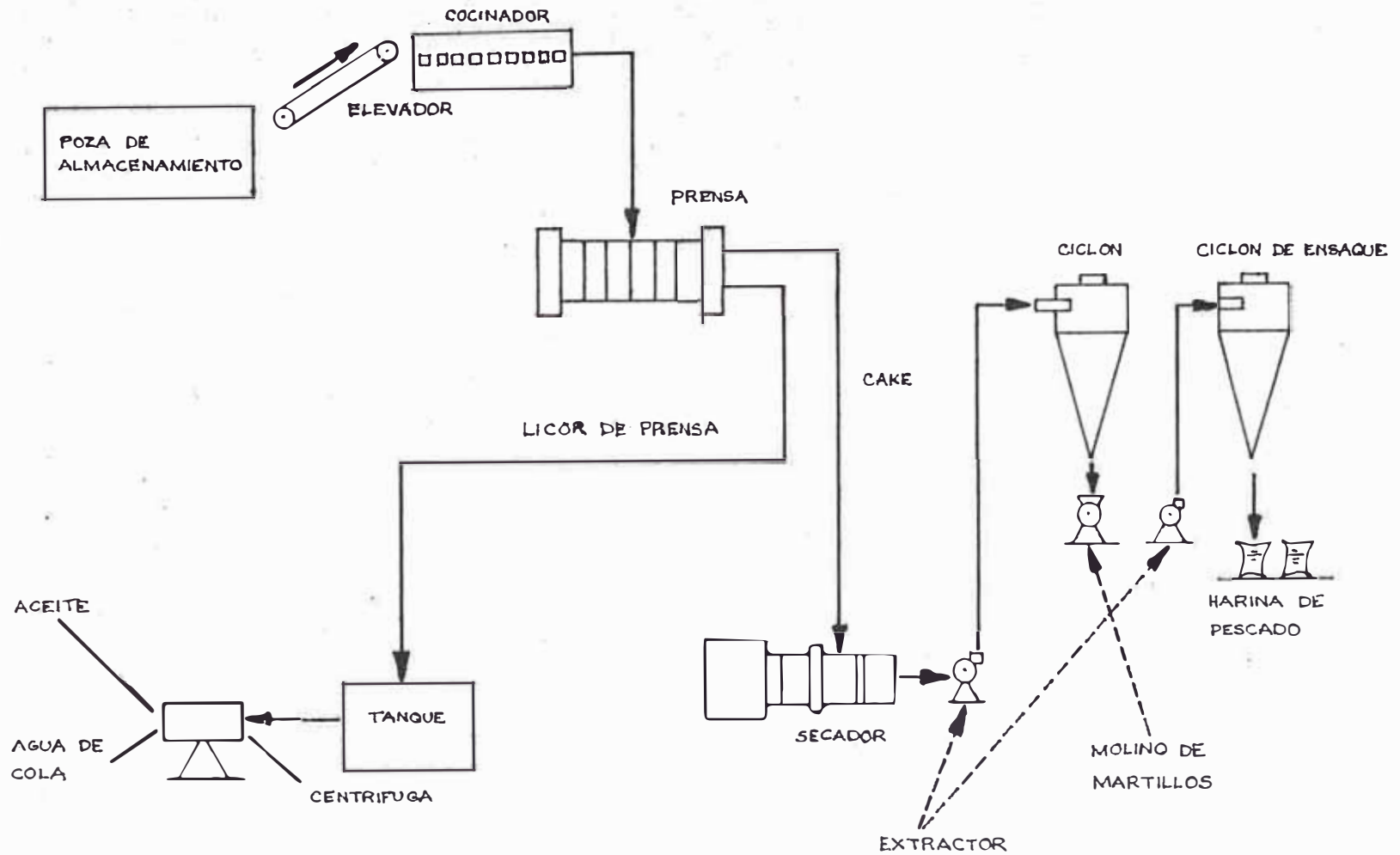


FIG 1.2 Diagrama de flujo de la Fabricación de Harina de Pescado.
 (Fuente: Revista de Salud Ocupacional, Vol VII #2, 1982)

resulta realmente insoportable, además de esto se agrega la contaminación producida por la siderúrgica de Chimbote. Estos problemas hasta el momento no han podido ser solucionados debido quizás a la falta de interés prestado por las autoridades locales y del Gobierno Central. (18)

SECCION II. ESTUDIOS REALIZADOS EN LIMA METROPOLITANA EN RELACION A LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

1. Contaminación Atmosférica en el Área de Lima por los Efluentes de Fábricas de Harina de Pescado. (14)

En febrero de 1961 se creó la "Comisión Técnica para Plantas de Harina de Pescado", organismo estructurado frente al episodio inusitado de olores desagradables causados por las fábricas de harina de pescado. En este estudio no se llega a determinar con exactitud la naturaleza y composición química de los efluentes, pero se llegó a comprobar la presencia de anhídrido carbónico, monóxido de carbono, hidrógeno sulfurado, anhídrido sulfuroso, amoníaco, trimetil amina, aldehidos y cetonas, además de partículas de harina de diferentes diámetros de los que el 90% eran menores o iguales a 3.5 micrones, constituidos por material protéico, huesos y

escamas, así como sustancias grasas. La comisión fué multisectorial con presupuesto propio y con potestad de estudiar y dictaminar las medidas correctivas necesarias. Esta comisión tuvo gran éxito en su cometido ya que se encontró la forma técnica de controlar estos olores, y a partir de este estudio se derivan los documentos:

- Resolución Ministerial No. 201 (14-03-61) que obliga a las fábricas de harina de pescado a instalar equipos lavadores de gases.
- Resolución Ministerial No. 320 (22-04-61) que obliga a las fábricas de harina de pescado a instalar equipos registradores de temperatura.
- Decreto Supremo No. 24 (22-08-61), que aprueba el Reglamento Sanitario para el transporte de materia prima a las fábricas de harina de pescado y conserveras.
- Resolución Ministerial No. 452 (08-07-63), que establece que las fábricas de harina de pescado ubicadas fuera de Lima y están obligadas a instalar equipos registradores de temperatura, equipos deodorizantes y colectores de polvo.

Todos estos dispositivos permitieron la disminución de la contaminación por olores.

2. Red Panamericana de Monitoreo de la Contaminación del Aire

(Red Panair) (25)

Una de las actividades importantes iniciadas por la Organización Panamericana de la Salud en el campo de la contaminación del aire fué la implementación de una Red de Estaciones de Muestreo, las cuales trabajaron con métodos estandarizados que permitían comparaciones entre las principales ciudades de la región. El proyecto tuvo dos objetivos fundamentales:

a) Cubrir la ausencia de información cuantitativa para la colección de datos que permitiría un estudio comparativo de la situación en las ciudades incluidas y ayudar a determinar la tendencia del problema.

b) Despertar mayor interés entre las ciudades participantes, buscando el establecimiento en cada uno de ellos de una estructura administrativa bien organizada con el personal entrenado necesario para el manejo de actividades para evaluación, prevención y control.

La cantidad de contaminantes atmosféricos que se

muestrearon en esta Red fué de tres (3) contaminantes, los cuales se consideraron buenos indicadores de la existencia de contaminación. Estos tres contaminantes fueron:

a) Material Particulado Sedimentable.

b) Material Particulado en Suspensión

c) Dióxido de Azufre.

Los métodos de muestreo y análisis usados fueron básicamente los siguientes:

a) Material Particulado Sedimentable.

Una jarra de plástico es dejada expuesta a la atmósfera por un mes entero, después del cual es llevada al laboratorio. El polvo es colectado, secado y pesado. Los resultados son expresados en miligramos por centímetro cuadrado por 30 días.

b) Material Particulado en Suspensión.

El aire es pasado durante 24 horas a través de un papel filtro por un sistema el cual incluye una bomba y un medidor de gas seco. La pérdida de reflectividad del papel filtro

es medido fotoeléctricamente. La concentración de las partículas en suspensión es determinado mediante la utilización de una curva estandarizada y sus resultados se expresan en microgramos por metro cúbico.

c) Dióxido de Azufre.

Un frasco Dreschel es adicionado al equipo usado en la colección de partículas en suspensión. Después que el aire es pasado a través del filtro de papel, es burbujeado a través de una solución de peróxido de hidrógeno, el cual retiene el dióxido de azufre y lo oxida a ácido sulfúrico. El incremento de la acidez es determinado volumétricamente. Los resultados son expresados en microgramos por metro cúbico o partes por millón.

La institución que se encargó de realizar estos trabajos en nuestro país era el Instituto de Salud Ocupacional. En el período de 1967-1970 el Perú contaba con una sola estación de muestreo la misma que se incrementó a tres (3) el año 1972, las cuales según el reporte de resultados June-67 Dec-80 publicado por la Organización Panamericana de Salud obtuvo los siguientes resultados:

a) Material Particulado Sedimentable.

Alcanzó un promedio máximo de 0.55 mg/cm²/30 días y el nivel referencial era de 0.50 mg/cm²/30 días es decir que sobrepasabamos este nivel, lo cual nos ponía en alerta con respecto a este contaminante que podría estar ocasionando molestias a la población (ver Fig. 1.3).

b) Material Particulado en Suspensión.

La concentración máxima promedio de las estaciones fué de 27.7 microgramos por metro cúbico, cuando el nivel referencial era de 100 microgramos por metro cúbico, lo cual nos revelaba que no existía problemas con respecto a este contaminante (ver. fig. 1.4).

c) Dióxido de Azufre.

En lo que respecta a este contaminante, la concentración máxima de las medias anuales de las 4 estaciones fué de 1.33 microgramos por metro cúbico (0.00046 p.p.m.), con un nivel referencial de 70 microgramos por metro cúbico (0.025 p.p.m.) El problema que presentaba la ciudad de Lima era la presencia considerable de amoníaco en su atmósfera, el cual interfería negativamente en el método usado por las estaciones de la red

para la determinación de dióxido de azufre, mostrando desviaciones de los valores reales. Según el reporte esta presencia se debía a la gran cantidad de plantas de harina de pescado ubicadas dentro del área metropolitana de Lima, dando como resultado altos niveles de amoníaco. Sin embargo, las mediciones tomadas durante la temporada que no se realizaba pesca, cuando la producción de harina de pescado de las plantas paraba, no mostraba incrementos significativos de las concentraciones de dióxido de azufre en el aire. Con lo que se pudo observar que no existían problemas con este contaminante que pueda afectar la salud de la personas (ver fig. 1.5).

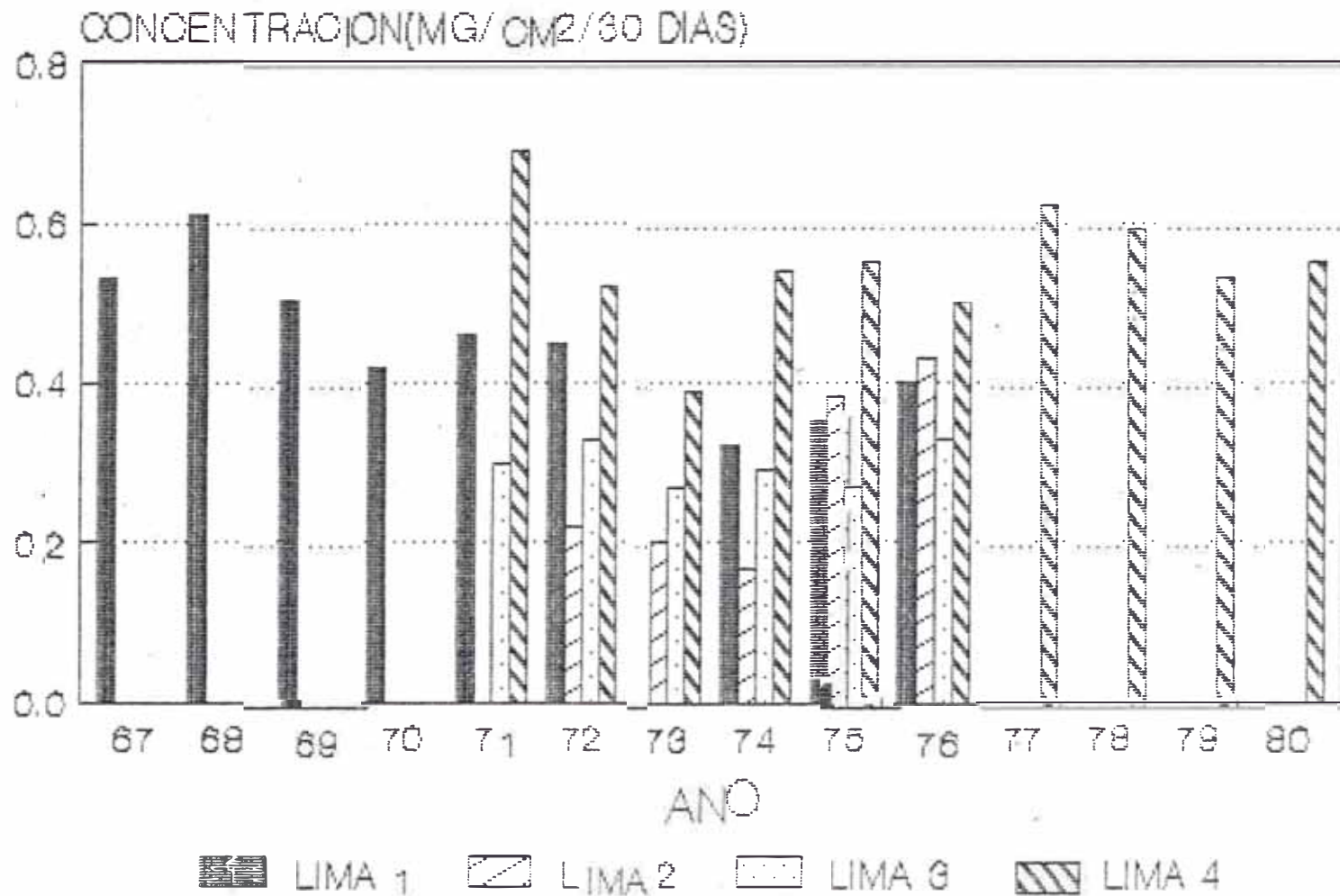


FIG 1.3 Concentraciones Promedio de Material Particulado Sedimentable en LIMA-PERU Período 1967 - 1980

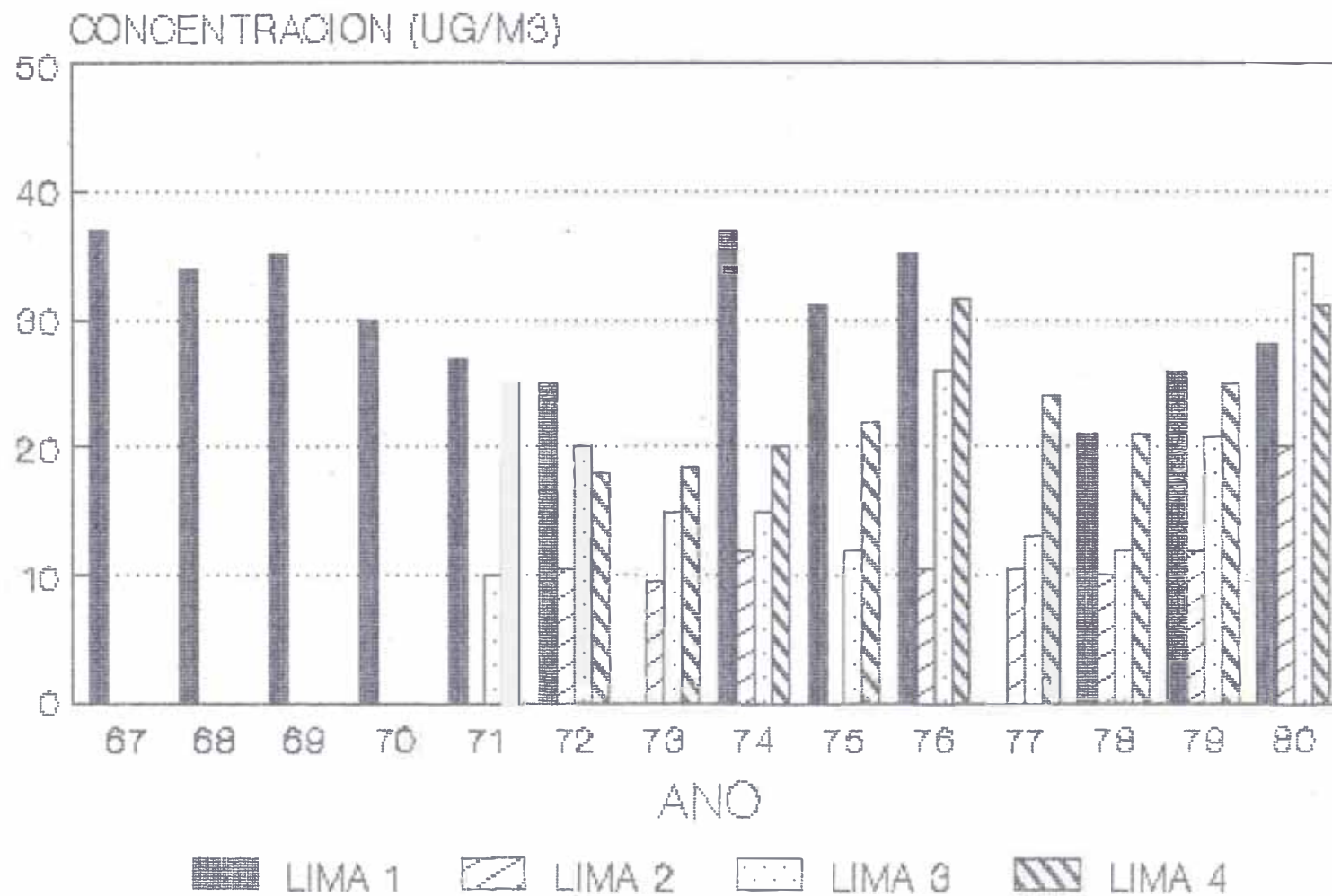


FIG 1.4 Concentraciones Promedio de Material Particulado en Suspensión en LIMA - PERU Período 1967 - 1980

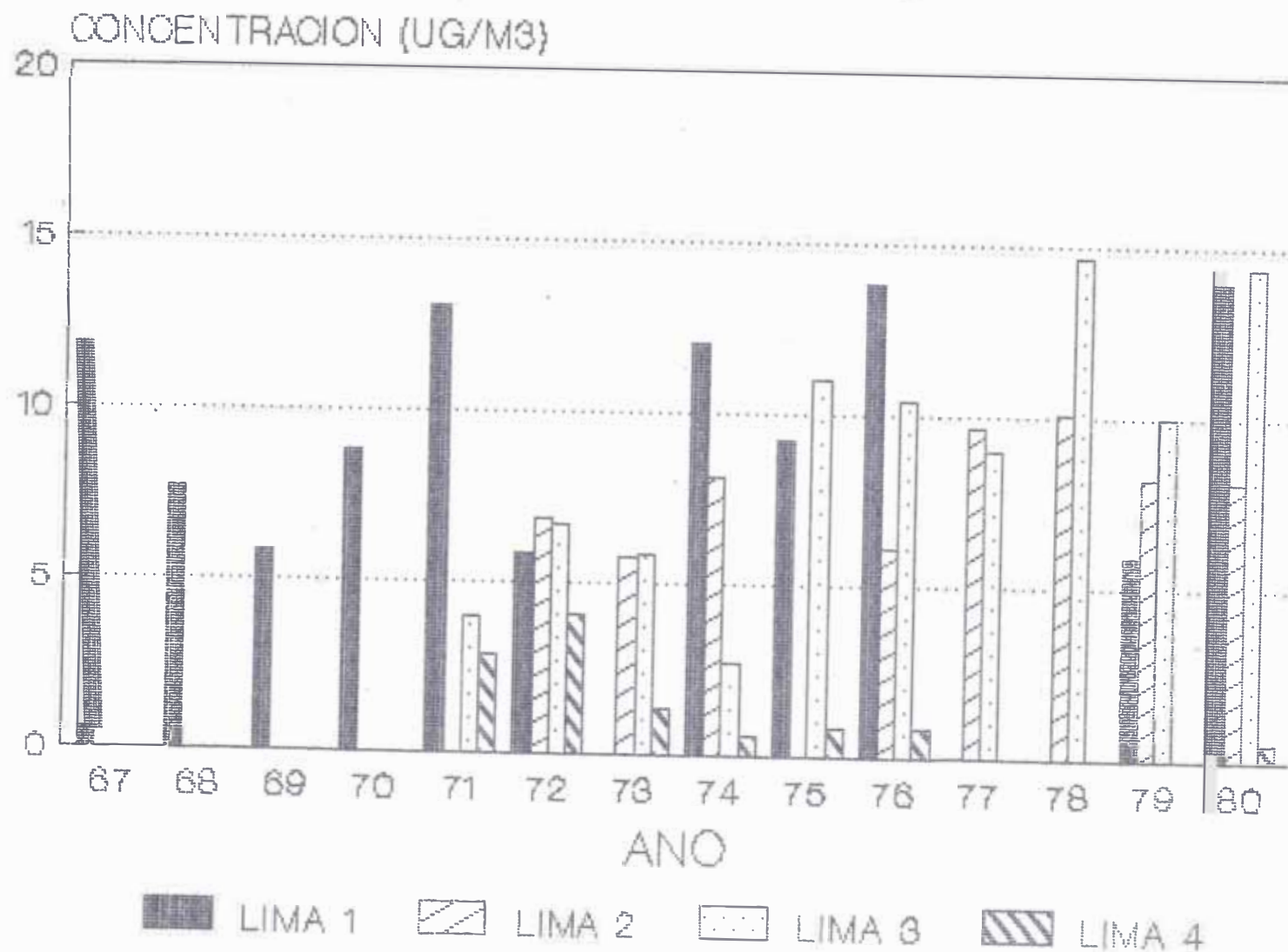


FIG 1.5 Concentraciones Promedio de
 Dióxido de Azufre en LIMA - PERU
 Período 1967 - 1980

CAPITULO II
DEFINICIONES TECNICAS

CAPITULO II

DEFINICIONES TECNICAS

Aerosol. Gotas líquidas o partículas sólidas de un tamaño significativamente pequeño que permanece dispersa en el aire durante un periodo prolongado.

Atmósfera. Masa gaseosa que envuelve la tierra, que está unida a ella por la fuerza de gravedad.

Aluvial. Producto de un aluvión, material arcilloso o arenoso que queda después de retirarse las aguas.

Carcinógenas. Sustancia comprobada médicamente que origina un tipo de neoplasia.

Características Edáficas. Estructura de una zona o terreno.

Concentración Instantánea. Cantidad de contaminantes obtenidos en una muestra de aire en un periodo corto de duración.

Contaminación Máxima Permisible. Es el valor indicativo recomendado de concentraciones límites que al ser sobrepasados amenazan con provocar episodios agudos de contaminación.

Contaminación Ambiental. Elemento presente en el ambiente que por su concentración puede ser nocivo para la vida animal y vegetal, para las estructuras y medio que nos rodea.

Contaminación Atmosférica. Presencia en la atmósfera de cualquier agente físico, químico o biológico o de combinación de los mismos cuya forma y concentración pueden alterar la salud, seguridad o bienestar de la población o ser perjudiciales para la vida animal y vegetal, degradando el ambiente.

Contaminante Aéreo. Todo elemento, combinación de elementos o formas de energía que puede producir alteración o degradación del medio ambiente.

Estación de Muestreo. Lugar establecido para la medición y/o colección de muestras con fines de estudio o investigación de la calidad de un elemento.

Emisión. Descarga directa o indirecta de toda sustancia que no sea agua en su forma combinada, incluyendo pero no limitándose a olores, partículas sólidas, vapores, gases o cualquiera de sus combinaciones.

Fuente de Contaminación. Término empleado para precisar el origen de los contaminantes liberados al medio ambiente.

Fuente Zonal. Material (sólido, líquido o gaseoso que tiene acción o incidencia en una área de dimensiones zonales.

Gas Reactivo. Sustancia que por sus características físico-químicas es capaz de reaccionar al ponerse en contacto con otros cuerpos o sustancias.

Higroscópico. Capacidad de absorción de humedad de un cuerpo.

Humedad del Aire. Porcentaje de agua existente en el aire. Se mide con el hidrómetro o el psicrómetro.

Medio Ambiente. Compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinados que influye en la vida material y psicológica del hombre.

Métodos de Evaluación. Conjunto de procedimientos sistemáticos que tienen como fin determinar la concentración de los contaminantes en el ambiente.

Monitoreo. Es el sistema de observación sinóptica regular en series de tiempo y espacio designados a dar información del medio ambiente de modo que las condiciones existentes y del pasado se evalúen para precedir futuros cambios que pudieran tener significación.

Norma de Calidad. Cantidad o medida definida de un contaminante del aire que ha sido adoptada por un órgano gubernamental con la intención de exigir la limitación de los efectos dañinos de la contaminación.

Norma de Emisión. Patrón o límite de emisión que establece la cantidad máxima de contaminante que puede ser descargado al medio ambiente desde una fuente de contaminación.

Oxidación. Proceso por el cual los cuerpos o sustancias se combinan con el oxígeno dando como resultado de otros productos y generando también energía.

Parámetros Meteorológicos. Variables que identifican los diversos fenómenos originados por la dinámica de la atmósfera.

Particulados en Suspensión. Material sólido o líquido que por sus dimensiones y velocidades (particulares) se encuentra suspendido en el ambiente atmosférico por algún tiempo. Están comprendidos los polvos, humos, aerosoles y nieblas.

Penachos. Formaciones que se originan en la salida de las chimeneas por la emisión de partículas, gases o vapores.

Recurso Aire. Mezcla de varios gases que desempeñan un papel muy importante en la naturaleza, es indispensable para la vida del hombre, los animales y las plantas, permite la combustión y la respiración.

Red de Estaciones de Muestreo. Lugares establecidos para la medición y/o colección de muestras con fines de estudio e investigación de la calidad del medio que nos rodea.

Resistencia Pulmonar. Es lo que podría llamarse volumen ventilatorio máximo.

Resistencia Respiratoria. Capacidad aeróbica o consumo máximo de oxígeno.

Presencia Respiratoria. Manifestación psicológica de que se está consumiendo oxígeno, para realizar las diferentes funciones orgánicas entre las que se destaca la actividad metabólica.

Trióxido. Estado particular de un elemento resultado de la oxidación de su dióxido.

Volúmen Ventilatorio. Cantidad de aire que penetra a los pulmones con cada inspiración o la cantidad que sale con cada expiración.

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DEL DIOXIDO DE AZUFRE

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DEL DIOXIDO DE AZUFRE

SECCION I. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS

El dióxido de azufre es un gas incoloro que puede ser detectado por su sabor, por la mayor parte de personas, en concentraciones que oscilan entre las 0.35 y 1.05 ppm. En concentraciones superiores a 3.5 ppm presentan un olor caústico, irritante. Es soluble en agua y forma el ácido sulfuroso (H_2SO_3), en solución pura este último se oxida lentamente y forma ácido sulfúrico con el oxígeno del aire.

Esta acción es acelerada con la presencia de impurezas catalizadoras, tales como sales de manganeso o hierro. El dióxido de azufre también puede reaccionar catalítica o fotoquímicamente en fase gaseosa con otros contaminantes atmosféricos, para formar trióxido de azufre, ácido sulfúrico y sulfatos.

El trióxido de azufre (SO_3) es un gas reactivo que, con la humedad atmosférica, se hidrata rápidamente para formar ácido sulfúrico. En consecuencia, en el aire, se encuentra más ácido sulfúrico que trióxido de azufre en forma de aerosol, asociado en general con otros contaminantes en gotitas o partículas con una amplia gama de tamaños. Puede ser directamente emitido a la atmósfera o puede ser el resultado de diversas reacciones antes mencionadas. El ácido sulfúrico también puede formarse mediante la oxidación del sulfuro de hidrógeno que está en el aire. El ácido es muy higroscópico y las gotitas que lo contienen fácilmente absorben más humedad del aire hasta alcanzar el equilibrio con el medio. Si está presente el amoníaco, reacciona rápidamente con el ácido sulfúrico y forma sulfato de amonio, que se mantiene en forma de aerosol (en gotitas o en forma cristalina, según la humedad).

El ácido sulfúrico puede además reaccionar con compuestos que existen en el aire y producir otros sulfatos. Algunos sulfatos llegan directamente al aire desde las fuentes de combustión o las emisiones industriales y en la proximidad del mar; el sulfato de magnesio se presenta en el aerosol producido por el rocío marino.

En la compleja mezcla de los contaminantes de la atmósfera urbana está representada una amplia gama de compuestos de azufre, pero desde un punto de vista práctico, solo importan el dióxido de azufre gaseoso, el ácido sulfúrico y los sulfatos como componentes de las partículas en suspensión.

SECCION II. DISPERSION

La conservación del medio ambiente en rangos tolerables en las ciudades modernas depende directamente de la presencia de vientos y turbulencias que dispersen los contaminantes con rapidez, a medida que se producen las emisiones. Entre los factores que afectan la dispersión del dióxido de azufre y las partículas que provienen de las fuentes de combustión se incluyen:

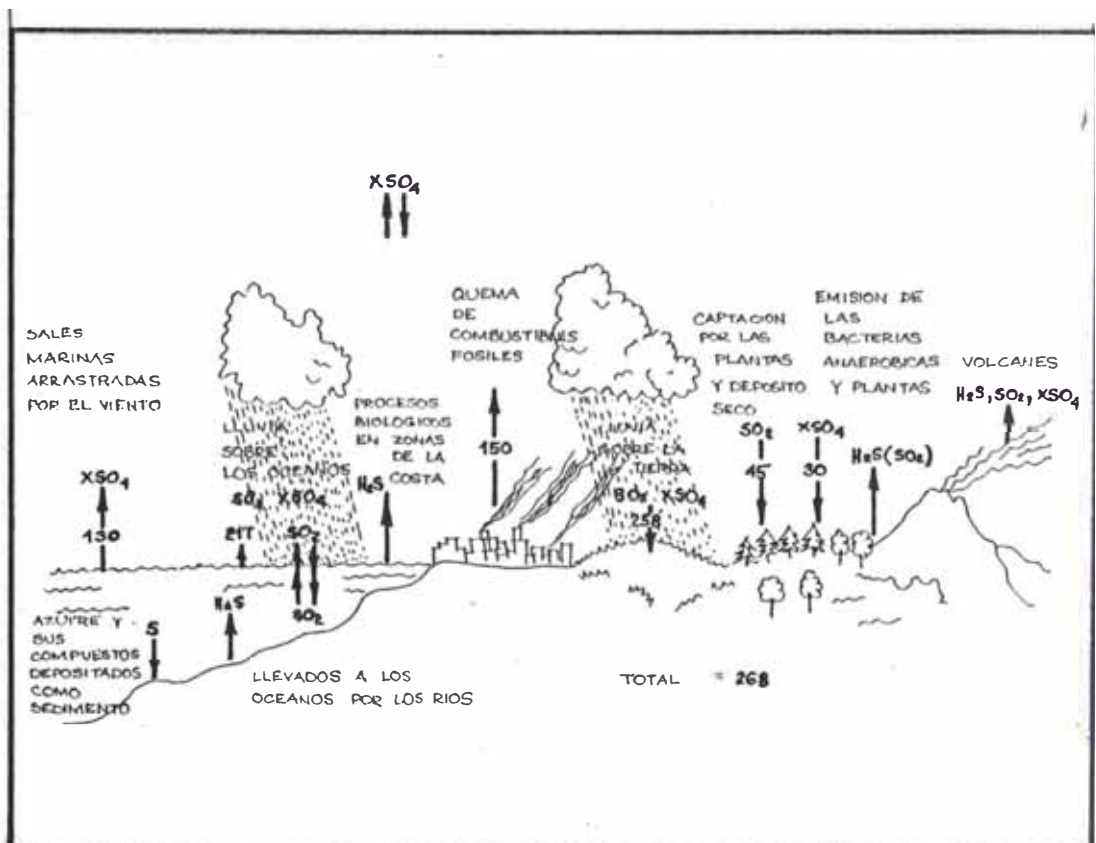


FIGURA 3.1 Fuentes y lugares de evacuación de los componentes de azufre atmosférico. Las unidades se expresan en toneladas x 10, calculadas como sulfatos por año.

(Fuente: Criterios de Salud Ambiental 8 - OPS, 1982)

1. La Temperatura y Velocidad de salida de los gases

Las emisiones originadas en fuentes pequeñas, tales como fuegos domésticos o incineradores, tienden a mostrar su mayor efecto en las cercanías inmediatas, debido a que tienen una fuerza ascendente relativamente escasa, en razón de que la temperatura en el foco de emisión no supera en mucho a la temperatura ambiente del aire; por el contrario, las emisiones que provienen de instalaciones industriales en gran escala, pueden tener temperaturas más elevadas e inducir su ascenso con mayor rapidez mediante el tiro forzado, de tal forma que se puede evitar cualquier efecto importante en las proximidades, pero probablemente se pueda producir efectos débiles sobre una zona más extensa.

2. La Altura de las Chimeneas

El uso de chimeneas de gran altura, también contribuye a la dispersión de gases y partículas sobre una zona de gran extensión. Por medio de la aplicación de técnicas con modelos matemáticos, asociados a la observación en las cercanías, estudiados por Briggs en 1945, Pasquill en 1971 y Turner en 1968, se ha logrado un buen conocimiento de las relaciones entre la intensidad de las fuentes, la altura de

las chimeneas y la concentraciones de los contaminantes en el nivel del suelo. También es factible elaborar modelos para pronosticar las concentraciones de dióxido de azufre en las zonas urbanas, estudiado por Fortak en 1970, sobre la base de las emisiones de fuentes múltiples.

La altura de la emisión del dióxido de azufre y las partículas que provienen de fuentes domésticas, es fundamentalmente función de la altura del edificio mismo. Así el efecto sobre las concentraciones en el nivel del suelo en los alrededores tiende a ser mayor en las zonas donde hay muchas casas de uno o dos pisos junto a otra, que en los sitios donde existen altos edificios de departamentos. Las chimeneas elevadas se usan mucho en las plantas generadoras de energía y en otras fuentes industriales importantes, pero en esos casos la contaminación puede trasladarse a grandes distancias, en Europa inclusive la contaminación vá mas allá de las fronteras del país generador a depositarse finalmente en otro país, lejos de su origen.

3. Topografía y la Proximidad de otros Edificios

La presencia de cerros o edificios altos, y muchas otras

características del paisaje, tienen importantes efectos sobre la dispersión de los penachos de las chimeneas, o de la contaminación de una fuente zonal considerada en su conjunto, debido a que pueden impedir una dispersión de gases y partículas en forma horizontal. Muchas ciudades industriales han crecido en los valles de los ríos por distintos motivos, en general, la dispersión de los contaminantes en esos casos es menor que en otras ubicaciones.

4. La Meteorología

Es tal vez el factor más importante en la dispersión de gases y partículas, que nos permite determinar la distribución total de la contaminación en el espacio y en el tiempo. La influencia general del clima local, la variabilidad extrema de las condiciones meteorológicas en un lugar puede **provocar** cambios considerables en las concentraciones de dióxido de azufre. Las inversiones de la temperatura pueden atrapar esos contaminantes, que así llegan a alcanzar concentraciones muy superiores a los valores habituales.

SECCION III. TRANSFORMACION Y DEGRADACION

Parte del dióxido de azufre que se emite al aire es eliminado como tal por diversas superficies, como el suelo, el agua y la vegetación en general. El resto se transforma en ácido sulfúrico o sulfatos mediante una serie de procesos, en presencia de humedad, y esos cuerpos son luego en su mayor parte arrastrados por la lluvia. Si bien este proceso de autodepuración limita la acumulación de compuestos de azufre en el aire, y por lo tanto disminuye los efectos sobre la salud, produce la "lluvia ácida", que en ciertas zonas del orbe, son un grave problema del medio ambiente en general. Por ejemplo se ha calculado que en el Reino Unido cerca del 25% del dióxido de azufre se elimina en el suelo, el agua y la vegetación, denominados también depósitos secos.

Entre los procesos con mayor importancia para la transformación y eliminación del dióxido de azufre, tenemos las reacciones en las gotitas de agua con amoníaco, y la oxidación catalítica en presencia del hierro o manganeso, pueden existir limitaciones en estos procesos catalíticos debido a la restringida presencia de óxidos metálicos

reactivos, partículas catalíticas y compuestos neutralizantes en el aire. La conversión del dióxido de azufre en sulfatos es un proceso muy complejo con muchas variables relacionadas entre sí, como el índice de absorción de dióxido de azufre, tamaño de partículas o gotitas que intervienen, su composición química, el índice de difusión de los reactivos en el aerosol y tal vez el factor mas importante, la humedad relativa. Los productos finales son similares en todas las reacciones, es decir, se forman aerosoles, inicialmente de tamaños inferiores a un micrón que consisten en una mezcla de sulfatos y ácido sulfúrico. En general se calcula que la vida media del dióxido de azufre en el aire es de tres a cinco horas. (fig.3.2)

SECCION IV. CONCENTRACIONES EN EL AMBIENTE

El dióxido de azufre se mide habitualmente en muchas regiones del mundo, las concentraciones halladas varían mucho de una zona a otra de acuerdo con la mezcla e intensidad de las fuentes locales, y según factores tales como la topografía, las condiciones meteorológicas generales y la probabilidad de que se produzcan inversiones de la

temperatura. Aún en una misma ciudad pueden presentarse grandes diferencias en las concentraciones. Cuando existen suficientes estaciones de vigilancia, puede que sea posible trazar **isopletas**, que muestren las "curvas" de las concentraciones iguales.

Al momento de establecer comparaciones entre ciudades, se debe tener mucha cautela, ya que los lugares pueden ser representativos únicamente de sus alrededores inmediatos, además las concentraciones pueden haber sido obtenidas con métodos distintos. Por lo general se reúnen muestras integradas durante períodos de 24 horas para obtener los valores medios mensuales, estacionales y anuales. Sin embargo es posible usar períodos de muestreo cortos y, en los casos en que se emplean instrumentos informáticos de funcionamiento continuo, se pueden obtener valores virtualmente instantáneos. Las concentraciones halladas en el ambiente pueden también ser comparados con patrones de calidad o también denominados "Concentraciones Máximas Permisibles" los cuales tienen el objetivo de identificar un punto en la escala de dosis del agente causante, por encima del cual hay una probabilidad creciente de lesión, enfermedad

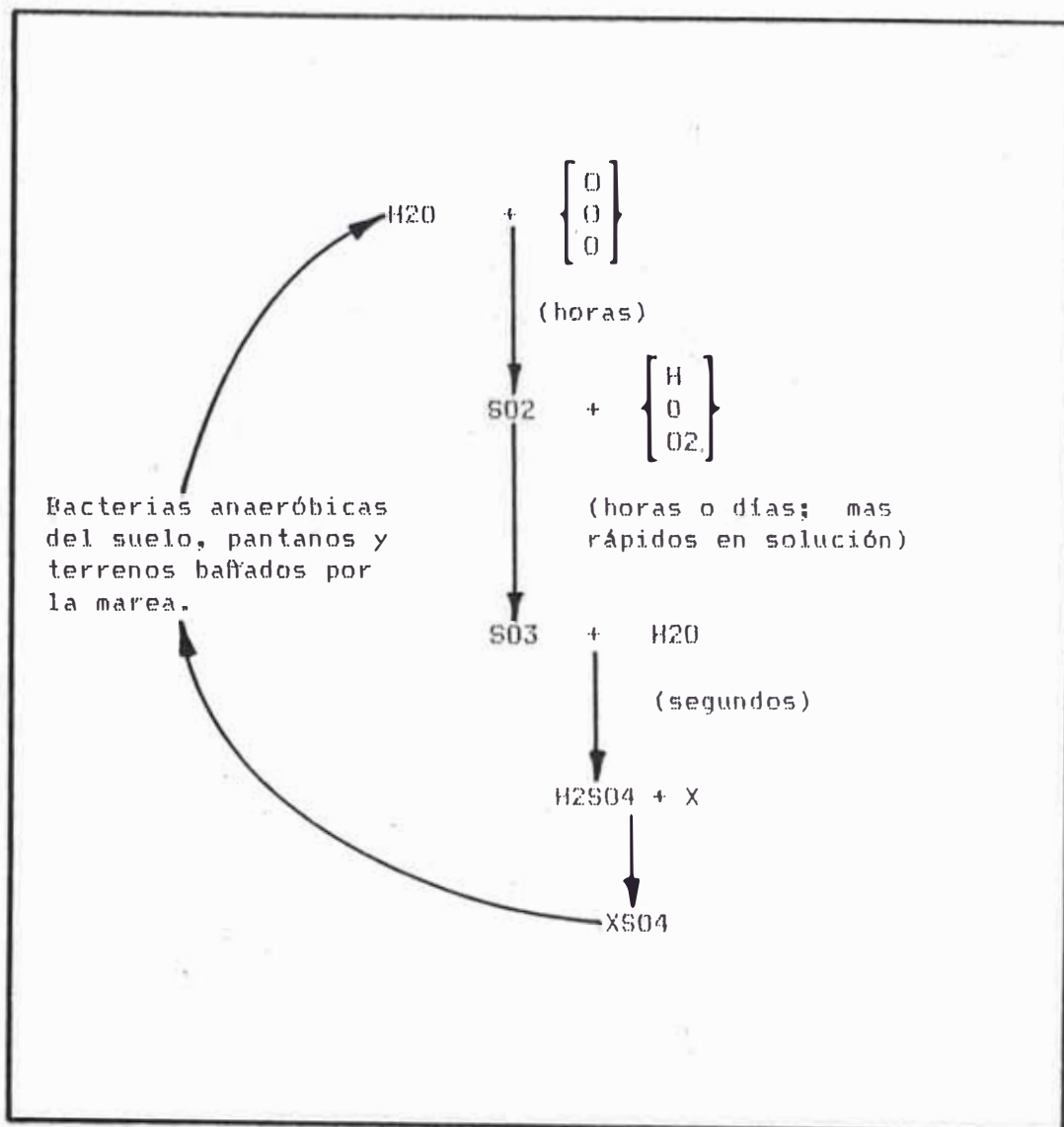


FIGURA 3.2 Representación de los procesos químicos que afectan al azufre del medio ambiente; se indica el promedio de vida de cada compuesto en las capas inferiores de la atmósfera.

(Fuente: Criterios de Salud Ambiental 8 - OPS, 1982)

clínica o muerte, pero por debajo del cual el riesgo es tan limitado que no supone ninguna amenaza grave para la salud, por prolongada que sea la exposición. En la Tabla 3.1 se muestran concentraciones máximas permisibles para el dióxido de azufre en diferentes países.

SECCION V. EFFECTOS DE LA SALUD

Debido a la doble aptitud oxidante y reductora del dióxido de azufre, éste tiene una actividad química continua. En cuanto a sus efectos nocivos, se conoce en principio su irritabilidad para la mayoría de los tejidos animales. A concentraciones bajas (0.5 partes por millón) el olor de este gas es ya perceptible aunque parece no ser todavía irritante. A concentraciones de 1 ppm se hace notoria la disminución de secreción nasal y de la anchura de las fosas nasales, además de presentarse aumento de la resistencia respiratoria y aumento de la resistencia pulmonar. A concentraciones de 1 a 8 ppm se produce aumento de la frecuencia del pulso, disminución del volumen respiratorio y aumento de la presencia respiratoria. Todos estos efectos se presentaron en grupos de personas sanas, si las personas tienen algún

tipo de afecciones respiratorias los efectos mostrados anteriormente se presentan con mayor gravedad a menores concentraciones de dióxido de azufre. Tambien vale mencionar la tesis de medición del Dr. M. E. Ortal, que explica la patología del episodio del centro fabril de Lacq en Francia, ocurrida en octubre de 1972, en donde la contaminación por dióxido de azufre alcanzó niveles de 0.74 ppm, durante 4 días, dando por resultado los siguientes efectos en la población humana:

- Fenómenos alérgicos (vértigos, cefaléas)
- Problemas digestivos (náuseas, vómitos, diarreas y dolores abdominales, de modo alarmante)
- Manifestaciones (afectaciones) en el árbol respiratorio (rinofaringitis, traqueo bronquitis, bronquitis asmático) que desaparecieron al disminuir la contaminación.

Tabla 3.1 Concentraciones Máximas Permisibles de Dióxido de Azufre en Distintos Países del Mundo

PAISES	CONCENTRACION		LIMITE		OBSERVACIONES
	ug/m ³	ppm.	TIEMPO MUEST.	CONCENTRAC. EN % TIEMPO	
HOLANDA	150	0.06	24 h	50%	con humo: 30ug/m ³
	350	0.15	24 h	98%	con humo: 90ug/m ³
	125	0.05	24 h	50%	con humo: 40ug/m ³
	275	0.11	24 h	98%	con humo: 120ug/m ³
FINLANDIA	125	0.05	1 mes	100%	No sobrepasar
	250	0.10	24 h	100%	No sobrepasar
	625	0.25	30 min	100%	No sobrepasar
FRANCIA	250	0.10	24 h		Valor base para cálculo de altura de chimenea.
	750	0.30	24 h	97.8%-1año	No más de 8 días consecutivos por año.
	1000	0.4	24 h		Alerta en la prox de centrales eléctricas.
ITALIA	400	0.15	24 h	50%	
	800	0.30	30 min	94%-8hor.	Una vez en 8 h.
JAPON	125	0.05	01 h	media	
	250	0.10	01 h	88%-1año	
	500	0.20	01 h	99%-1año	
	125	0.05	24 h	70%-1año	
	500	0.20	2h.cons.		Alerta
	800	0.30	2h.cons.		No mas de 3% del total días año.
	1250	0.50	01 h		No más de 3 días consecutivos.
	350	0.15	48 h		

PAISES	CONCENTRACION		TIEMPO DE MUEST.	LIMITE CONCENT. % TIEMPO	OBSERVACIONES
	ug/m ³	ppm.			
REPUBLICA ALEMANA	500	0.20	30 min		Exposición de larga duración
	750	0.30	30 min	75%-2h.	No más de una vez en dos horas.
	2500	1.00	30 min		Alerta de smog (Rin Norte y Westfalia).
	500	2.00	30 min		Restitución de combustiones y circulación de automóviles.
RUSIA	50	0.02	24 h	100%	Máximo admisible
	500	0.20	30 min	100%	Máximo admisible
BELGICA	150	0.06	24 h	50%-1año	Promedio anual.
USA	80	0.03			Promedio aritm. Norma 1 (Salud)
	365	0.14	24 h	99.7%-(1)	1 vez por año (Aplicación antes de 1971).
	60	0.02			Promedio aritmet. en un año.
	260	0.10	24 h	99.7%-(1)	Una vez por año Norma 2 (Flora, fauna, materiales)
	1300	0.50	03 h	99.6%-(1)	Una vez por año.
BRASIL	365	0.128	24 h.		No debe ser exced. mas que una vez al año.
	80	0.03			Media aritmética anual.
PERU	150	0.06	24 h		Media aritmética anual.

(1) un año.

CAPITULO IV
UBICACION GEOGRAFICA

CAPITULO IV

UBICACION GEOGRAFICA

SECCION I. UBICACION GEOGRAFICA

Lima Metropolitana está situada en la parte oeste central del Departamento de Lima, a 77 grados 02' 14" de longitud oeste y 12 grados 03' 02" de latitud sur, limita por el Este con los contrafuertes de la Cordillera Occidental ya que ciudades como Vitarte, Chaclacayo, Chosica, Ricardo Palma y Santa Eulalia están unidas urbanística y comercialmente en una extensión de más de 40 km desde la

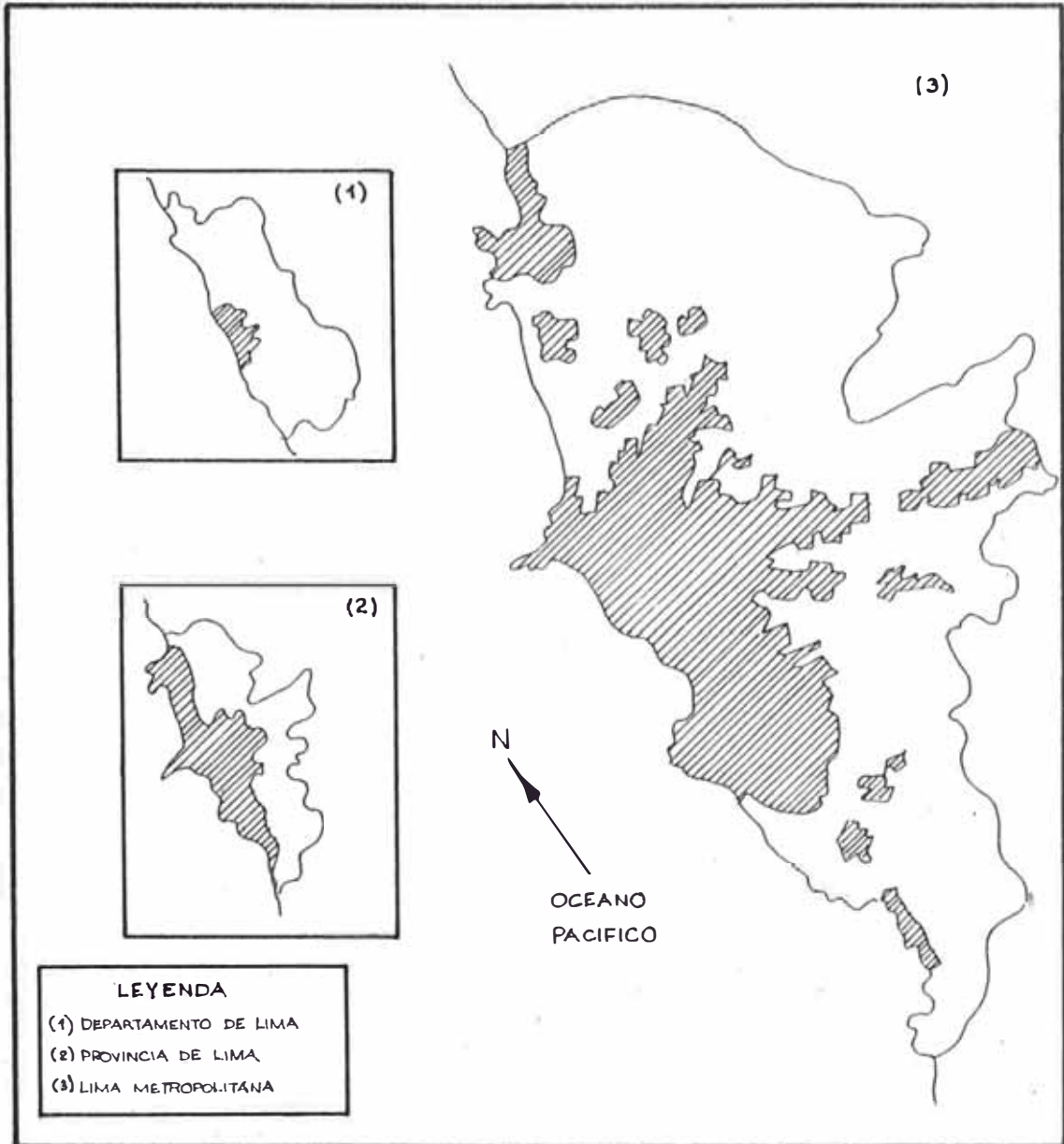


FIGURA 4.1 Ubicación geográfica de la ciudad de Lima Metropolitana

Plaza de Armas de la Capital. Por el oeste hasta el mar, formando una sola urbe con el Callao. Por el Norte hasta Ancón, una hermosa autopista va generando zonas aledañas muy populosas. Por el sur con el Océano Pacífico, limitando con hermosos balnearios como San Bartolo, Pucusana, etc..

TABLA 4.1 AREA DE EXTENSION URBANA DE LA CIUDAD DE LIMA METROPOLITANA 1571 A LA FECHA

ANOS	EXTENSION
1571	400 Hectáreas
1852	592 Hectáreas
1931	2037 Hectáreas
1940	2274 Hectáreas
1955	6440 Hectáreas
Actualmente	36000 Hectáreas

SECCION II. TOPOGRAFIA DE LA CIUDAD

En los balnearios sureños entre Pucusana y Punta Negra, los cerros llegan al mar y forman pequeñas playas protegidas y amplios acantilados y boquerones. Desde allí a Lima, la **costa** es desértica, llana o alta; ha sido ocupada

recientemente por balnearios, algunos de los cuales han obtenido agua subterránea. El desierto de Conchán y el médano de Lomo de Corvina se encuentran en proceso de ocupación económica, pues las amplias playas de arena ofrecen balnearios a la ciudad de Lima y permiten el establecimiento de centros de recreación, debido a la importante napa freática de agua dulce que poseen.

La ciudad de Lima ocupa una extensa llanura aluvial formada por el río Rimac, es una planicie con una ligera inclinación de Norte a Sur y con mayor inclinación de Este a Oeste que parece connatural con el declive de la faldas de la Cordillera de los Andes, pues las aguas escurren hacia el Océano por esos desniveles. Lima está rodeada por cerros de mediana altitud: al sur el cerro aislado conocido como Morro Solar; al oriente, los cerros, especie de cadena que vá hasta Ancón y que se conoce como los cerros Chillón o Challán entre cuyas entrantes y salientes se han instalado balnearios como Ventanilla, Santa Rosa, Playa Hermosa y Ancón. Después de la llanura desértica de Ancón irrumpe en la costa el médano de Pasamayo con paredes de gran inclinación que suben más arriba de los 300 metros. sin dejar playas. No es una

planicie completa la que ocupa el casco urbano, pues los lechos del antiguo delta que formaba el río Rimac se reconocen en la actualidad en los cauces secos de antiguos brazos fluviales, hoy extinguidos que se conocen como "Bajadas", tales como la Bajada de Armendariz, la de Miraflores y la de Magdalena.

Otro detalle topográfico de la geografía de la ciudad es la presencia de algunos desniveles en los llamados Barrios Altos, como en Carmen Alto y la Peña Horadada.

Desde La Perla (cerca a la Península de La Punta) hasta Chorrillos hay un sugestivo acantilado, con una altura media de 80 metros, debajo de la cual existen playas como Agua Dulce y La Herradura. La construcción de espigones y el almacenamiento de tierras llevadas del "Zanjón" (al construirse la Vía Expresa) han hecho posible la formación de mas playas en la base de los barrancos, originándose un circuito de playas en la parte occidental de Lima, llamada la Costa Verde".

En lo que respecta a las características edáficas, Lima

tiene suelos pedregozos y aluviales, entre las características geomorfológicas es zona plana, conformada por dioritas y granodioritas que generan buenos suelos.

SECCION III. CRECIMIENTO POBLACIONAL

Para hablar del crecimiento poblacional de Lima Metropolitana necesariamente se tiene que comentar la situación a nivel nacional. La población peruana al 30 de junio de 1989 fué de 21 millones 791 mil habitantes, esta estimación realizada por el Instituto Nacional de Estadística sobre la base de resultados censales y de encuestas especializadas, muestra una tasa anual de crecimiento geométrico de 2.6%. La población en el año 2000 llegaría a 27 millones 952 mil personas.

La ciudad de Lima y el Callao concentran aproximadamente el 28.6% de la población nacional, en ella residen 6 millones 233 mil habitantes. En el censo de población de 1981, teniendo como referencia a Junio de 1976 se determinó que 1'108,393 personas cambiaron de departamento de residencia, de esta cantidad, Lima y Callao atrajo 35.4%.

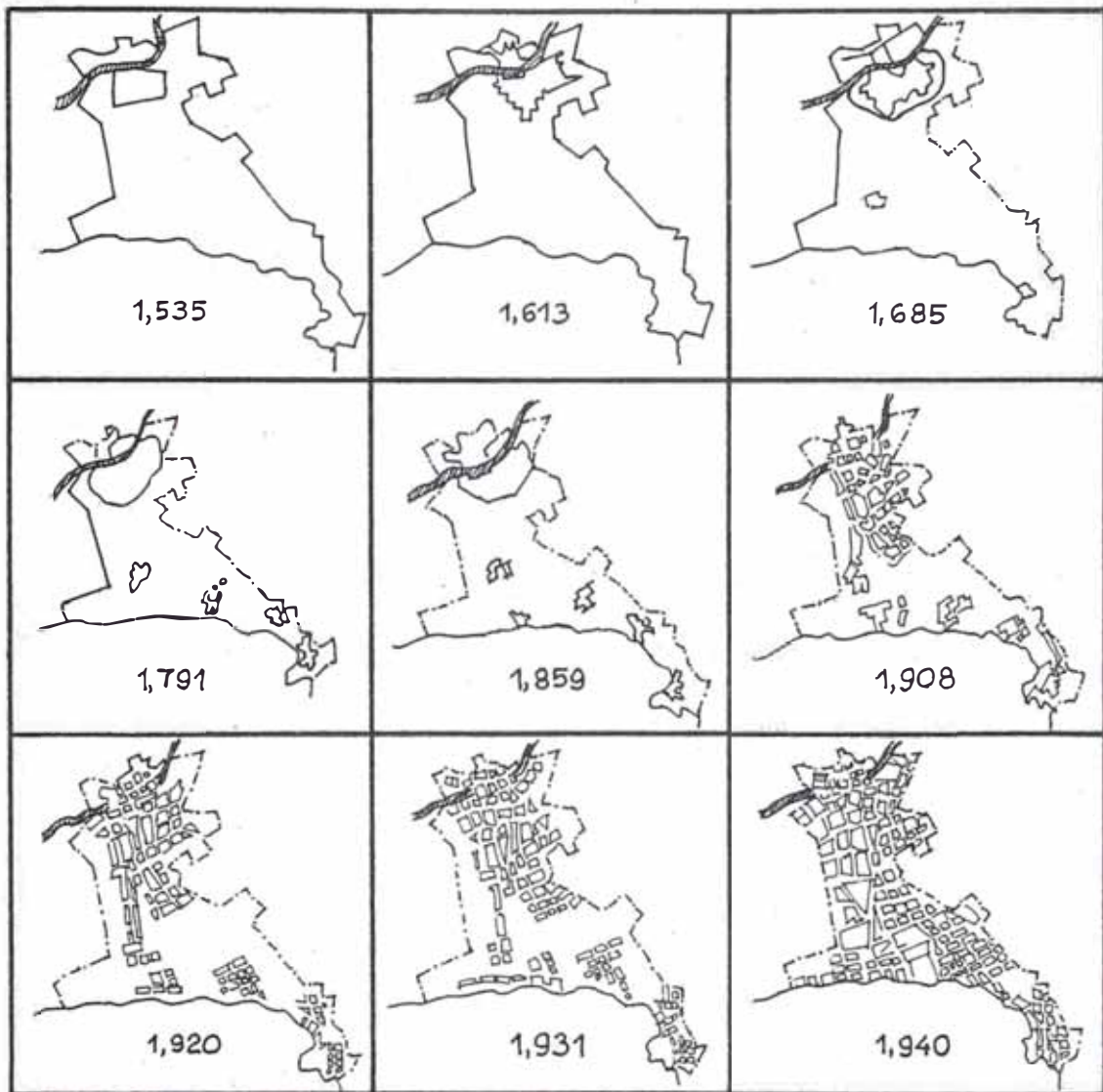


FIGURA 4.2 Evaluación Histórica de la ciudad de Lima desde su fundación.

(Fuente: Atlas Geográfico Histórico "Perú y el Mundo". Julio Villanueva Sotomayor).

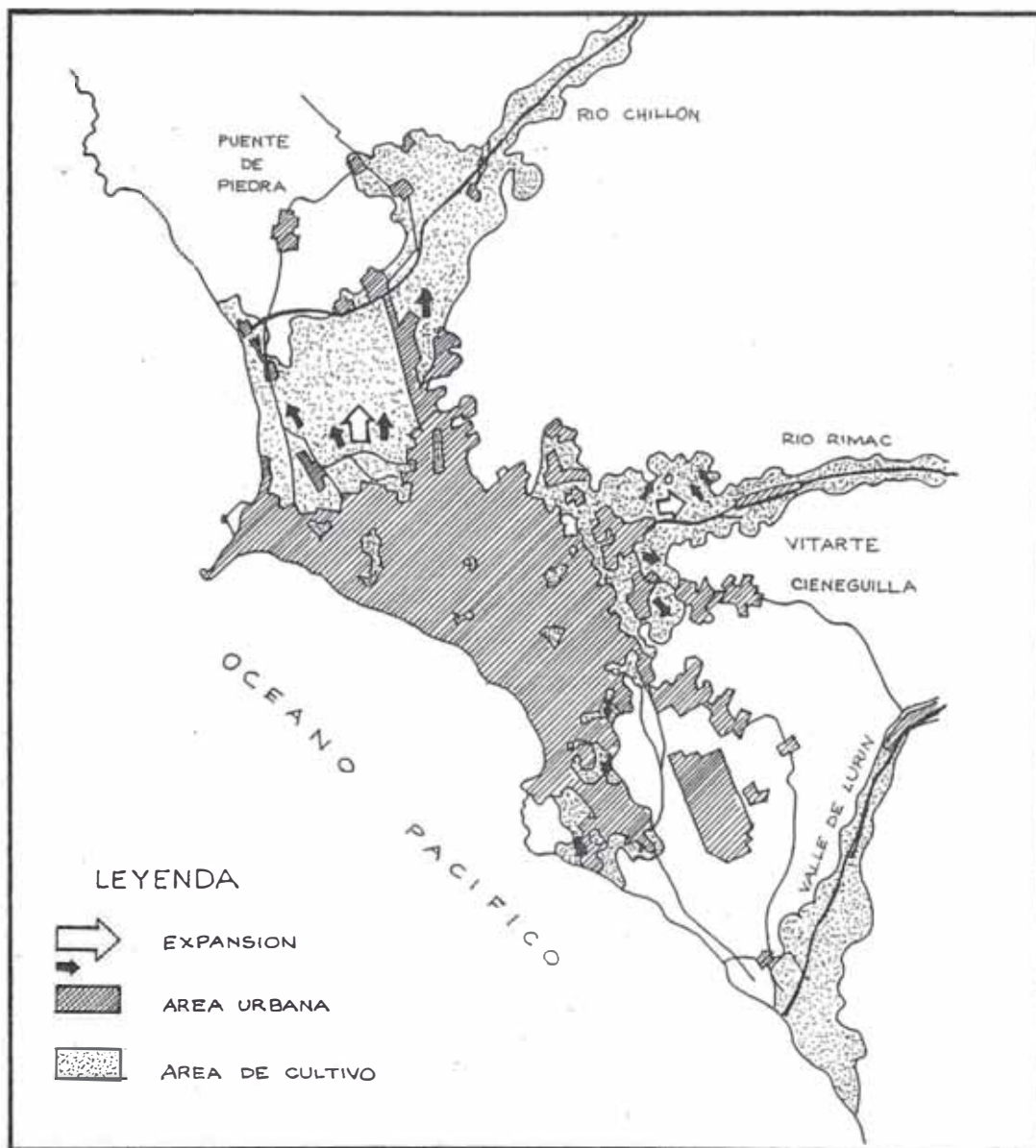


FIGURA 4.3 Areas Urbanas y Areas de Cultivo de la ciudad de Lima Metropolitana.

Esto pues demuestra como la política centralista del Gobierno Peruano influye en el explosivo crecimiento de la población en Lima Metropolitana.

A continuación se muestra en la Tabla 4.2, las poblaciones proyectadas al 30 de junio de cada año, según departamento.

TABLA 4.2 POBLACIONES POYECTADAS ANUALMENTE POR DEPARTAMENTOS

DEPARTAMENTOS	POBLACION (en miles)							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	2000
TOTAL								
AMAZONAS	296	304	311	319	327	335	376	418
ANCASH	907	921	936	951	967	983	1067	1155
APURIMAC	354	358	361	364	368	371	389	407
AREQUIPA	833	858	884	910	937	965	1110	1263
AYACUCHO	543	548	553	557	562	566	585	599
CAJAMARCA	1157	1178	1200	1222	1246	1270	1407	1563
CALLAO	515	530	545	560	574	588	654	713
CUSCO	942	961	980	1000	1020	1041	1156	1280
HUANCAVELICA	368	369	371	372	374	375	381	384
HUANUCO	548	559	571	583	596	609	679	756
ICA	486	497	508	519	531	542	606	674
JUNIN	988	1012	1037	1062	1087	1113	1246	1379
LA LIBERTAD	1094	1121	1150	1180	1211	1243	1418	1614
LAMBAYEQUE	803	828	854	881	907	935	1079	1229
LIMA	5731	5922	6116	6313	6510	6707	7693	8652
LORETO	574	590	605	621	637	654	737	822
MADRE DE DIOS	41	43	44	46	47	49	56	64
MOQUEGUA	116	119	123	126	130	134	152	170
PASCO	252	258	264	270	276	282	312	340
PIURA	1297	1335	1374	1413	1453	1494	1707	1926
PUNO	959	971	984	997	1010	1023	1088	1149
SAN MARTIN	385	399	414	429	444	460	539	619
TACNA	174	181	188	195	202	209	245	278
TUMBES	123	127	131	135	140	144	165	187
UCAYALI	200	205	211	217	223	230	263	299
LIMA METROP.	5008	5169	5330	5493	5659	5825	6683	7586

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística - Dirección General de Demografía.

TABLA 4.3 CIUDADES MAS POBLADAS 1940, 1991

CIUDAD	1940		1991	
	POBLACION (MILES)	LUGAR	POBLACION (MILES)	LUGAR
LIMA METROPOLITANA	645.2	1	6,459.0	1
AREQUIPA	80.9	2	634.2	2
CUSCO	40.7	3	288.0	7
TRUJILLO	37.0	4	534.4	3
IQUITOS	31.8	5	284.8	8
CHICLAYO	31.5	6	426.4	4
HUANCAYO	26.7	9	244.6	9
PIURA	27.9	7	306.6	5
CHIMBOTE	4.2	36	299.4	6

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

CAPITULO V

PARAMETROS METEOROLOGICOS

CAPITULO V

PARAMETROS METEOROLOGICOS

La estructura y dinámica de la atmósfera baja determinan la forma en que los contaminantes emitidos por los diversos focos se dispersarán sobre las estructuras urbanas o serán absorbidos por las altas capas de la atmósfera, para determinar esta estructura y dinámica nos valemos de los parámetros meteorológicos, entre los cuales tenemos a la presión atmosférica, temperatura ambiental, vientos, etc.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SENAMHI en el año 1979, según el método de clasificación climática de Thornthwaste (1948), ubicó a Lima Metropolitana y el Callao dentro de la clasificación tipo E(d)B;H3, que se caracteriza por ser árido, con deficiencia de lluvias, semi-cálido y húmedo. En el año 1977 estudios realizados por el Ministerio de Agricultura, según la clasificación de W. Hoppen, el clima de la costa está ubicada dentro de 2 tipos, el primero del clima estepa, y el segundo el clima de desierto, que comprende casi a toda la costa y cuya característica es la escasez de lluvias, dentro del cual está ubicada Lima Metropolitana y el Callao, esto se debe básicamente a la influencia de las corrientes de agua fría que bañan la costa y al anticiclón del Océano Pacífico Sur.

SECCION I. TEMPERATURA

1. Temperatura

1.1 A Nivel Horizontal

Las curvas isotérmicas de temperaturas máximas absolutas, presentan un cierto paralelismo a la línea de la

costa y decrecen a medida que se acercan al Océano Pacífico. Presenta una lengua de menor temperatura que disminuye de 28 grados centígrados en Pueblo Libre hasta 26 grados centígrados en La Punta, Callao. La llamada "Isla de Calor" se ubica sobre los distritos de El Agustino, La Victoria, San Luis, El Cercado y Rimac, con valores mayores a 29.9 grados centígrados para el mes de marzo.

El comportamiento de las isotermas de temperaturas mínimas absolutas, en el mes de agosto, aumentan a medida que se acercan al Océano Pacífico. La "Isla Caliente" se ubica dentro de los 14. grados centígrados y sobre los mismos distritos antes mencionados. La disminución de la temperatura hacia el mar, se debe al efecto termoregulador que produce el Océano Pacífico, en cuanto a la presencia de la lengua de menor temperatura, la explicación estaría en la penetración del continente hacia el mar en el sentido NE y W y en los vientos predominantes de S y SW, siendo estos vientos los que transportan masas de aire marítimas húmedas y de menor temperatura, lo que da una característica climática diferente a esta zona, con respecto a los demás distritos de Lima Metropolitana. Los distritos que toman

estas características son: La Punta, Bellavista, La Perla, San Miguel, Pueblo Libre, el SE del Cercado de Lima, Magdalena del Mar, el SW de San Isidro, Miraflores y por último Barranco.

1.2 A Nivel Vertical

En contaminación atmosférica es muy importante conocer la variación de la temperatura en la atmósfera en función de la altitud ya que tiene una gran influencia en el movimiento de los contaminantes aéreos. Según estudios de la United States Standard Atmosphere, normalmente por cada 100 metros de altura la temperatura decrece en 0.65 grados centígrados, cuando la temperatura aumenta conforme aumenta la altitud nos encontramos con un caso de inversión térmica, debido a este fenómeno capas de aire caliente se sitúan sobre capas de aire frío, impidiendo que ésta ascienda, esta capa es conocida como capa de inversión térmica.

Albrecht (1981) al estudiar la atmósfera sobre Lima en el período 1957-1978 encuentra que el promedio de sondajes en los 20 años indica que una inversión térmica está presente

todo el año, es más fuerte en invierno y más débil en verano.

Prohaska (1973) encontró que la base promedio de la inversión térmica en Lima se encuentra alrededor de los 700 metros de altura, mientras que el tope de la inversión promedio se encuentra cerca de los 1,500 metros de altura. El incremento de la temperatura promedio a través de la inversión es de 8 grados centígrados. Durante el verano la inversión de temperatura es diariamente más débil y fluctuando en sus intensidades, con un promedio de altura de la base inferior de la inversión de 350 m., mientras que el tope se encuentra cerca a los 600 metros.

SECCION II. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa media anual, disminuye a medida que se aleja del Océano Pacífico, de un 86% en La Punta a un 80% hacia La Molina y la zona de El Agustino. Se observa igualmente la presencia de una lengua húmeda que penetra por la zona de Pueblo Libre y se desplaza hacia la desembocadura del Río Rimac en el Callao, debido a razones cuya explicación se ha dado anteriormente.

SECCION III. VIENTO

Los vientos que predominan son del S y SW a excepción de La Molina, que debido a su topografía son del W y SW, N y NW. A las 07.00 horas predominan las calmas (0 m/s a 0.25 m/s), a las 13.00 horas vientos fuertes (4.5 m/s) y moderados (2.3 - 4.5 m/s), a las 19.00 horas predominan vientos débiles (0.26- 2.24m/s) y moderados del SW y SE.

Debido al conglomerado urbano en el centro de Lima Metropolitana la velocidad del viento promedio es 2 m/s.

SECCION IV. RADIACION SOLAR

El máximo porcentaje de horas de sol se dá en el mes de abril con 64.4%, se aprecia que los menores valores se encuentran hacia la zona del mar y que aumentan hacia el continente, los menores valores, se deben a la presencia de un mayor porcentaje de nubosidad estratiforme a medida que uno se acerca al mar. Los mínimos valores se dan entre los meses de julio y agosto con 13 y 12% respectivamente con un comportamiento similar al de abril.

SECCION V. PRECIPITACION FLUVIAL

La precipitación promedio máxima se presenta en el mes de agosto con 2.9 mm/mes y la mínima en mayo con 0.42 mm/mes.

CAPITULO VI

PROBLEMATICA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LIMA
METROPOLITANA

CAPITULO VI

PROBLEMATICA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LIMA METROPOLITANA

Podemos decir que el problema de la contaminación atmosférica en Lima Metropolitana no es mas que el reflejo de lo que acontece en materia de polución atmosférica a nivel nacional, de la mala y precaria política ambiental que se viene desarrollando actualmente en nuestro país debido a la falta de interés de parte del gobierno que hace que éste no tome las medidas convenientes del caso. Se le presta mucha mayor atención y recursos al control de la contaminación del

agua, sin darse cuenta de que tanto la contaminación de aire, del agua y del suelo son responsables del estado de salud de una comunidad, cualquiera que sea su magnitud.

La decisión política es de suma importancia en el control de la contaminación atmosférica, ya que de ella dependerán una serie de medidas de tipo administrativo, legal y económico. Cuando hablamos de algún organismo del Estado que se encargue de ver los problemas de contaminación ambiental, observamos que se encuentran involucrados los Ministerios: Salud, Industria, Pesquería, Transportes, Energía y Minas y los Gobiernos Locales, inclusive se ha podido observar que dos instituciones pertenecientes a un mismo Ministerio realizan aisladamente estudios de contaminación atmosférica; todo esto nos da una idea del actual desorden que existe en el aspecto administrativo; de todos ellos, el Ministerio de Salud a través de la Dirección Técnica de Salud Ambiental, es quien viene realizando una labor más efectiva, pero debido a que no se tiene claras las competencias de las instituciones se presentan problemas de superposición u omisiones desagradables, esto es inconveniente debido a que las medidas de control que

pueda dictar una institución a alguna empresa infractora es objetada por otra, lo cual genera desconcierto e incumplimiento de las medidas de control; es por esto que una de las medidas urgentes a adoptarse es la de fijar las competencias que le corresponden a cada institución.

Otro de los puntos en el cual la decisión política es fundamental, es la promulgación de leyes contra la contaminación atmosférica y que solo puede ser tomada después de considerar muchos factores; una de las dudas principales que tienen los políticos es que si los recursos necesarios para la lucha contra la contaminación atmosférica no podrían ser mejor utilizados para la atención de las necesidades básicas de la población, como construcción de viviendas, escuelas, mejora de los servicios sociales, la atención médica, etc.

De establecerse la legislación para el control de la contaminación del aire, esta debe hacerse de tal forma que en primer lugar fije los límites máximos permisibles en el aire para los diversos contaminantes, así como los niveles de emisión; también se debe establecer los mecanismos a

adoptarse para la solución de los problemas de contaminación, y que no suceda lo que actualmente ocurre con el control de la contaminación del agua, en la cual las industrias pagan una cierta cantidad de dinero para vertir desechos líquidos a los cuerpos de agua, lo cual prácticamente se ha convertido en un tipo de impuesto que los empresarios pagan anualmente y se olvidan del tratamiento de sus desechos líquidos que continúan contaminando ríos, lagos y el mar.

Actualmente no existen leyes específicas contra la contaminación atmosférica, por esto no se tiene la suficiente fuerza de coacción que obligue a las empresas a que cumplan con las medidas que eviten la emisión de grandes cantidades de contaminantes hacia la atmósfera.

Otro de los problemas que atravieza el control de la contaminación atmosférica, es la escasez de recursos económicos que permita la implementación adecuada de equipos e instrumentos que registren y analicen las concentraciones de los contaminantes atmosféricos. Los pocos equipos con los que actualmente se viene trabajando resultan obsoletos e imprecisos y solo integran las concentraciones de los

contaminantes en todo un día, se necesitan instrumentos más precisos y que también registren concentraciones instantáneas. La poca disponibilidad de recursos económicos además trae por consecuencia la escasez de personal dedicado a estas tareas, incluso actualmente debido a las bajas remuneraciones económicas es difícil mantener en el Estado a profesionales especializados en el control de la contaminación atmosférica.

La actual crisis económica por la que atravieza nuestro país predispone al sector empresarial a disminuir sus recursos destinados no solo al control de la contaminación atmosférica sino al control de la contaminación ambiental, lo cual hace empeorar la contaminación ambiental en Lima Metropolitana.

El crecimiento explosivo y desordenado de Lima Metropolitana, debido a la migración de la población del campo a la ciudad es uno de los factores que contribuye a la situación en la cual nos encontramos, la falta de planificación o quizás la presencia de intereses creados permiten la existencia de situaciones irregulares, como la

ubicación de industrias en zonas destinadas netamente para uso residencial, y también la ubicación de viviendas en zonas destinadas para uso industrial, los cuales generan conflictos entre ambas partes debido a las emisiones gaseosas de las ciudades industriales. También se tiene que mencionar que debido a este crecimiento el servicio de transporte urbano no llega a abastecer los requerimientos de la población por lo que se tiene que permitir la circulación de vehículos en mal estado de conservación, los cuales al emitir los humos de combustión agravan el problema de contaminación atmosférica. La acumulación de residuos sólidos urbanos en las calles de la ciudad debido a la ineficiente recolección que actualmente se tiene, permite la generación de malos olores debido a la descomposición de materia orgánica contenida en estos; además de la proliferación de microorganismos causantes de enfermedades infecto contagiosas como la tifoidea.

Como podemos ver, la solución del problema empieza con la decisión política; y la misión de nosotros los técnicos es hacer que los políticos y la población entera tomen conciencia del problema de la contaminación atmosférica en Lima Metropolitana.

CAPITULO VII
FUENTES DE CONTAMINACION

CAPITULO VII

FUENTES DE CONTAMINACION

Se denominan fuentes de contaminación atmosférica a los lugares donde se generan y emiten los gases, vapores, microorganismos, energía física, etc., que debido a su magnitud y concentración crean desequilibrio en la composición normal de la atmósfera.

Para un mejor estudio de las fuentes de contaminación de dióxido de azufre se han dividido estas en dos grandes grupos, fuentes naturales y fuentes artificiales.

SECCION I. FUENTES NATURALES

El azufre que la naturaleza provee permanentemente a la atmósfera proviene de los volcanes y fumarolas, así como de la descomposición vegetal. En estado gaseoso está presente como dióxido de azufre o hidrógeno sulfurado (H_2S) el cual se transforma rápidamente en dióxido de azufre con el oxígeno del aire, y en forma de partículas que pueden presentarse como sulfatos. El dióxido de azufre y el sulfuro de hidrógeno son emitidos por los volcanes y el último es producido por bacterias anaeróbicas que se encuentran en el suelo, los pantanos y terrenos que baña la marea. Parte de los sulfatos en forma de partículas pueden también ser emitidos directamente por los volcanes o por nebulizaciones de agua marina, pero la mayor parte es el resultado final de la oxidación del sulfuro de hidrógeno o del dióxido de azufre.

En la ciudad de Lima las fuentes naturales de dióxido de azufre e hidrógeno sulfurado son la descomposición vegetal y la acción de las bacterias anaeróbicas.

SECCION II. FUENTES ARTIFICIALES

Estas fuentes son conocidas tambien como fuentes antropógenas, ya que son causadas por la actividad del hombre.

En general, la mayoría de emisiones de azufre se encuentran en el aire bajo la forma de dióxido de azufre y trióxido de azufre (SO₃) en menor proporción, que resultan de la combustión de materiales energéticos, como carbón de diversas calidades y derivados del petróleo, estos combustibles contienen una porción considerable de azufre en su composición, pudiendo elevarse hasta 6%.

Otras fuentes importantes especificas son la industria minero-metalúrgica, plantas de ácido sulfúrico, industrias químicas diversas (pulpa de papel, colorantes, blanqueadores). Se ha calculado (Robinson y Robbing 1969) que, en escala mundial, se emiten anualmente unas 146×10^6 toneladas de dióxido de azufre de las cuales el 70% resulta de la combustión de carbón, el 16% de la combustión de sub-productos del petróleo y el resto de la refinación del petróleo y de la fundición de minerales no ferruginosos.

TABLA 7.1 EMISIONES DE DIOXIDO DE AZUFRE A NIVEL MUNDIAL,
⁶
 PROVOCADO POR LA ACTIVIDAD DEL HOMBRE (10⁶ ton/año)

FUENTE	EMISIONES
Carbón	102
Petróleo: combustión y refinación	28.5
Fundición de cobre	12.9
Fundición de plomo	1.5
Fundición de zinc	1.3
TOTAL EMISIONES	146.2

La combustión y los procesos industriales son también importantes fuentes de emisión de partículas. Como en el caso del dióxido de azufre, el empleo de combustibles para generar energía ha sido uno de los factores que más contribuye a la presencia de partículas en el aire urbano. El tránsito de vehículos también produce polvo que proviene de las calles y el desgaste de los neumáticos, además de los compuestos de plomo originados en el escape de los vehículos que funcionan con gasolina, y el hollín causado por los motores Diesel. La incineración de desechos domésticos e

industriales puede dispersar en el aire partículas y otros contaminantes.

Todo lo mencionado anteriormente en relación a las fuentes artificiales ocurre también en la ciudad de Lima, para efectos del estudio estas fuentes quedan divididas en fuentes estacionarias y fuentes móviles.

1. Fuentes Estacionarias

Entre las fuentes estacionarias, en Lima Metropolitana, tenemos a las fuentes de origen doméstico y a las fuentes de origen comercial o industrial, según datos obtenidos de la Oficina Sectorial de Estadística del Ministerio de Industria, Turismo, Comercio Interior e Integración, el número de establecimientos industriales informantes que ocupan a más de 5 personas era en 1991 de 40,770. Cabe resaltar que estos establecimientos generación de energía utilizan mayormente derivados del petróleo tales como Diesel 2 y Residual 5, los cuales contienen altos porcentajes de azufre en su composición

2. Fuentes Móviles

Cuando se habla de fuentes móviles se menciona principalmente al parque automotor. Se estima que en 1989, Lima tuvo un promedio de 500,000 vehículos, de los cuales el 96% emplean motores a explosión o motores a gasolina. Según estudios efectuados por el "Department of Public Health" de California, por cada 1,000 galones de gasolina consumidos, se liberan a la atmósfera un promedio:

1365 kg. de monóxido de carbono (CO)

136 kg. de hidrocarburos (HC)

45 kg. de óxidos de nitrógeno (NOx)

2.3 kg. de aldehidos

3.4 kg. de compuestos de azufre

0.9 kg de amoniaco, y

0.14 kg de sólidos formados por plomo, zinc, carbón y óxidos metálicos.

Si consideramos un rendimiento promedio de 30 km/galón de combustible, y un recorrido promedio de 40 km/día, tendremos un consumo diario de 1.3 galones por vehículo.

Si de los 500,000 vehículos el 96% es gasolinero,

tendremos que diariamente se producen 2.122 toneladas de compuestos de azufre y 0.087 toneladas de sólidos. Si consideramos que por deterioro de los vehículos estos emiten los gases con un exceso de 20% tendremos las siguientes emanaciones:

2.546 ton. compuestos azufre/día, y
0.105 ton sólidos/día.

Luego al año tendremos:

929.3 ton compuestos de azufre/año
38.3 ton sólidos/año.

CAPITULO VIII

MONITOREO

CAPITULO VIII

MONITOREO

SECCION I. DETERMINACION DEL NUMERO DE ESTACIONES.

La determinación del número de estaciones se realiza en base a la población que se quiere cubrir, para lo cual tenemos la siguiente tabla:

POBLACION	MINIMO DE ESTACIONES
Menos de 100,000	4.0
100,000 - 1'000,000	4.0 (0.25 por 100,000)
1'000,000 - 5'000,000	7.5 (0.25 por 100,000)
Más de 5'000,000	12.0 (0.16 por 100,000)

Para la ciudad de Lima Metropolitana con una población estimada para 1989 con 5,659 habitantes, se tendría que instalar según la tabla anterior, 13 estaciones de muestreo.

Debido a la falta de equipos muestreadores, en el presente estudio se instaló una estación completa y otra estación donde solo se muestreaba material particulado en suspensión.

SECCION II. SELECCION DEL LUGAR DE MUESTREO

Para la selección de los lugares de muestreo, en primer término se deberá elegir la zona en la cual estará ubicada la estación de muestreo, una vez ubicada ésta, se deberá elegir el sitio de muestreo, donde se posicionará la estación.

1. Selección de la Zona.

Para la selección de la zona de muestreo se deberá considerar los siguientes parámetros:

1.1 Microgeografía del Area. Considerar las características orográficas, curvas de nivel, proximidad a montañas o ríos.

1.2 Microclima. Con el conocimiento de los vientos predominantes, cantidad de precipitaciones anuales y por meses, horas de sol, etc.

1.3 Estructura Urbana. Con el conocimiento de la densidad y tipo de edificación, altura media de los edificios, vías de circulación, cantidad y distribución de zonas verdes, tipo y proximidad de industrias, etc.

1.4 Focos Contaminantes. Tanto concentrados como distribuidos, correspondiendo los primeros a chimeneas de industrias y los segundos a los escapes de vehículos automotores, etc.

1.5 Característica y Densidad Demográfica. Zonas comerciales y de esparcimiento. Horarios de oficinas y casas comerciales.

Para la ubicación de estaciones de muestreo del presente estudio se determinaron zonas de tipo industrial, comercial y residencial entre las cuales podemos mencionar como zonas industriales a la Av. Argentina, Av. Colonial, Carretera Central, etc.; como zonas comerciales a la Av. Abancay, Av.

Alfonso Ugarte, Av. Tacna, Av. Colmena, es decir el Cercado de Lima en casi toda su extensión, zona céntrica de Miraflores, etc.; como zonas residenciales los distritos de Jesús María, Lince, Pueblo Libre, etc.

La estación instalada para el presente estudio, se localizó en una zona comercial (Cercado de Lima).

2. Selección del Sitio de Muestreo

Para la selección del sitio de muestreo, se deberá considerar lo siguiente:

2.1 Debe ser un lugar que no sea de libre acceso a personas extrañas.

2.2 La altura a la cual se encuentre no debe ser inferior a 3 metros ni superior a 10 metros del nivel del suelo. Las muestras tomadas a diversas alturas pueden dar resultados diferentes, por lo que no siempre son comparables, es por esto que convencionalmente se recomienda esta altura.

2.3 La horizontal que pasa por el borde superior de la cabina de muestreo debe formar, como máximo, un ángulo de 30 grados

con la línea que lo une con el extremo superior del obstáculo más cercano.

2.4 Asegurarse de que en las cercanías del sitio de muestreo no existan chimeneas u otras fuentes de contaminación que puedan ocasionar perturbaciones serias de los valores obtenidos.

Si estas condiciones no pueden satisfacerse, por no contar con un lugar apropiado que cumpla con los requisitos mencionados anteriormente, se puede aceptar desviaciones de ellas. Debe tenerse presente, sin embargo, que mientras menores sean estas desviaciones más válidas serán las comparaciones que se hagan entre los resultados de diversas estaciones.

La estación del presente estudio se localizó en la terraza del segundo piso del edificio CONACO, ubicado en la intersección de la Av. Abancay con el Jr. Ancash (zona comercial).

SECCION III. FRECUENCIA DEL MUESTREO

En el presente estudio, el muestreo se realizó cada seis (6) días, de tal forma que se pudo muestrear en todos los días de la semana; este muestreo fué continuo, no importando que sean estos días domingos o feriados.

Sería preferible que las mediciones se **hagan** diariamente, pero debido al alto costo que representaba esta opción se optó por la antes mencionada.

SECCION IV. DESCRIPCION FISICA DE LA ESTACION

La estación de muestreo del presente estudio está compuesta de los siguientes elementos:

4.1 Cabina para Muestreo

Cabina construida de madera de 4 puertas de 2.20 m de altura, 1.20 m de longitud, y 0.5 m de ancho, de tres pisos, con ventanales cubiertos de madera tipo persiana, que permite el ingreso de aire para enfriamiento del motor, además permite la salida de los dispositivos colectores del tren de

muestreo del dióxido de azufre y de las conexiones eléctricas necesarias para el enfriamiento del equipo.

4.2 Equipo de Muestreo

Dentro de esta cabina se encuentran instalados, el motor y bomba de succión, el gasómetro, el frasco lavador con la sustancia captadora y el portafiltro.



FOTO 1 Ubicación de la Estación de Muestreo (Esquina Av. Abancay y Jr. Ancash).



FOTO 2 Tren de Muestreo de Dióxido de Azufre.

CAPITULO IX
METODOS DE MUESTREO Y ANALISIS

CAPITULO IX

METODOS DE MUESTREO Y ANALISIS

SECCION I. DETERMINACION DE DIOXIDO DE AZUFRE

1. Resumen del Método

Se hace burbujear aire durante 24 horas a través de un frasco Dreschel que contiene una solución diluida de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). El dióxido de azufre se disuelve en el agua y es oxidada a SO_3 , para pasar finalmente a ser convertido en H_2SO_4 . El ión sulfato es extraído con cloruro de bario, para evitar un asentamiento del precipitado

en forma rápida y realizar una precipitación casi total, se efectúa en un medio acuoso ácido y en presencia de un estabilizador de coloide (alcohol y glicerina). La turbidez del sistema coloidal formado, es proporcional a la concentración de SO_2 en la muestra y se mide indirectamente, usando un espectrofotómetro operado a 500 nm.

2. Instrumental y Materiales

2.1 Para la toma de Muestras

- a) Embudo de material no absorbente, como cloruro de polivinilo (PVC) o vidrio, de vástago corto, de 3 a 5 cm de diámetro de boca y 7 a 8 mm de diámetro externo en el vástago.
- b) Manguera de polivinilo de 1/4" diámetro interior y 1/16" de espesor.
- c) Curva de vidrio de 1/2" de diámetro doblada en 90 grados, con radio de curvatura no inferior a 5 cm.
- d) Portafiltros
- e) Medidor seco para volúmen de gases.
- f) Soporte metálico
- g) Bomba de succión
- h) Papel filtro de 40 mm de diámetro

- i) Frascos lavadores de gases Dreschel, de 200 ml
- j) Tapones de jebe para frascos lavadores Dreschel
- k) Probeta de 50 ml.

2.2 Para el Análisis

- a) Probeta graduada de 100 ml con tapa
- b) Fiolas de 25 ml
- c) Cubeta para baño de hielo
- d) Celdas de 1 cm de paso de luz
- e) Espectrofotómetro
- f) Pipeta volumétrica de 20 ml.
- g) Pipeta graduada de 10 ml.

3. Reactivos y Soluciones

3.1 Reactivos

- a) Peróxido de Hidrógeno al 30% (90-100 volúmenes)
- b) Cloruro de Bario en cristales, malla 20-30
- c) Glicerina, pureza no menor de 95%
- d) Alcohol etílico destilado
- e) Acido Clorhídrico concentrado
- f) Sulfato de Sodio anhidro
- g) Acido nítrico concentrado.

3.2 Soluciones

a) Soluciones de captación de SO₂

Diluir 10 ml de peróxido de hidrógeno al 30% a un litro con agua destilada y adicionarle una gota de ácido nítrico diluido 1:5 con agua destilada.

b) Solución Glicerina-Alcohol

Mezclar en una probeta graduada de 100 ml con tapa, 1 volúmen de glicerina con 2 volúmenes de alcohol.

c) Solución patrón sulfato.

Pesar 2.2171 gr de sulfato de sodio anhidro (Na₂SO₄) y disolverlo en suficiente cantidad de agua destilada para obtener 1.0 litro de solución. La concentración de esta solución es de 1.499 mg de SO₄ /ml equivalente a 1.0 mg de SO₂/ml.

d) Solución de trabajo de Sulfato

Diluir 10 ml de la solución patrón a 500 ml, con agua destilada y 1.0 ml de ácido clorhídrico.

Esta solución equivale a 20 ug de SO₂/ml.

4. Curva de Calibración

4.1 En varios frascos volumétricos de 25 ml se colocan alícuotas de 1 a 4 ml de solución de trabajo. En uno de los frascos no se colocará solución patrón, ya que este nos servirá de blanco para efectos de las mediciones en el espectrofotómetro.

4.2 Se completan a 4 ml de solución total empleando agua destilada.

4.3 Añadir a cada frasco 1 ml de ácido clorhídrico concentrado.

4.4 Agregar a cada frasco 4 ml de solución alcohol-glicerina 2:1.

4.5 Llevar los frascos a enfriar en un baño de hielo a una temperatura aproximada de 4 grados centígrados por un lapso de 15 minutos.

4.6 Añadir a cada frasco 40 mg de cloruro de bario y agitarlos hasta la disolución total del bario, luego dejar en reposo 15 minutos a la temperatura ambiente.

4.7 Finalmente se enrasa al volúmen con agua destilada y se lee en celda de 1 centímetro de espesor y de paso de luz a 500 nanómetros. La lectura que nos dá el espectrofotómetro es la transmitancia (T) y así tenemos la absorvancia (A) mediante la siguiente formula:

$$A = -\log T.$$

4.8 Con los datos obtenidos se traza la correspondiente curva de regresión, concentración (C) versus absorvancia (A).

5. Selección del Sitio de Muestreo y Montaje de los Instrumentos

Se selecciona el sitio de muestreo eligiendo un lugar alejado de fuentes de contaminación que podrían alterar la representatividad de la muestra y protegido de la interferencia de personas extrañas.

El equipo se debe instalar en la azotea de algún edificio cuya altura no sea inferior a 3 metros ni superior a 10 metros sobre el nivel del suelo.

Las instalaciones en zonas rurales, pueden hacerse sobre el suelo, pero en áreas cubiertas por pasto natural, cemento, etc., que impidan la contaminación por el polvo que pueda remover el aire en el punto de muestreo.

Además de las consideraciones descritas anteriormente, se deberá tener en cuenta la cercanía a fuentes de electricidad.

El montaje del sistema de muestreo se realizará de la siguiente manera:

- a) La captación del aire se hace a través del embudo, éste deberá estar colocado en forma invertida, el vástago del embudo va conectado a un extremo de la curva de vidrio.
- b) El otro extremo de la curva de vidrio es conectado por una manguera de PVC a un portafiltros.
- c) Del otro lado del portafiltros, se lleva un trozo de manguera que conectará al frasco Dreschel y de allí hacia otro frasco que nos servirá de trampa para retención de partículas líquidas.

d) A la trampa se acopla el medidor para gases y finalmente la bomba de succión (ver fig. 9.1).

6. Toma de Muestras

a) Se coloca en el portafiltros una hoja de papel filtro, en posición tal que el aire penetre por la cara mas lisa ajustando para asegurar un cierre hermético. Se debe instalar el portafiltros de tal modo que el papel quede en posición horizontal y el aire penetre por la parte inferior. Esto se hace con el fin de evitar que el material particulado penetre al circuito y deteriorar nuestra solución captadora de dióxido de azufre.

b) Se carga el frasco Dreschel, utilizando una probeta, 100 ml de solución de peróxido de hidrógeno de 1 volúmen.

c) Se carga simultáneamente otro frasco Dreschel, sin tubuladora, con la misma cantidad de solución, se cierra con tapón y se deja hasta el día siguiente en el mismo lugar donde se está tomando la muestra. Esta solución se utilizará como testigo y patrón de comparación durante el análisis.

- d) La bomba debe estar ajustada para una succión de aproximadamente 5 a 6 litros por minuto. Aunque las desviaciones de este valor no tienen demasiada importancia, se debe tratar de evitar que sean superiores a un 10%.
- e) Se anota la lectura inicial que nos está marcando el medidor para gases, y luego se echa a andar la bomba, anotando también la hora de encendido. Se deja funcionar el equipo por un espacio de 24 horas continuas.
- f) Al día siguiente después de detener el funcionamiento de la bomba se anota la lectura final que nos marca el medidor de gases, se retira la tapa tubulada del frasco que estaba instalado y se deja escurrir bien el líquido dentro del frasco, luego se llevan tanto el frasco que ha recogido la muestra como el frasco testigo al laboratorio para su análisis.

7. Análisis

- a) Medir el volumen total de la solución que contiene el frasco Dreschel, luego con una bureta graduada tomar 20 ml

- y llenar a una fiola de 25 ml.
- b) Agregar 1 ml de ácido clorhídrico concentrado y 4 ml de solución alcohol-glicerina 2:1.
 - c) Someter la fiola a un baño de hielo, a una temperatura aproximada de 4 grados centígrados, por un lapso de 15 minutos.
 - d) Agregar 40 mg de cloruro de bario y agitar hasta la disolución total, luego dejar reposar a temperatura ambiente por un lapso de 15 minutos.
 - e) Para el tratamiento de la solución contenida en el frasco testigo y la preparación de la solución que nos servirá de blanco para efectos de la medición en el espectrofotómetro, se seguirán los pasos anteriores.
 - f) Finalmente, se realizan las lecturas en el espectrofotómetro tanto de la solución captadora como de la solución testigo. Las lecturas se deben realizar en celdas de 1 centímetro de espesor y con un paso de luz de 500 nanómetros. Es preferible que estas lecturas se hagan dentro de los 15 minutos siguientes al tiempo de reposo

indicado en el punto d). La lectura que nos dará el
e' es el porcentaje de transmitancia (% T).

8. Cálculo de los Resultados

a) El espectrofotómetro nos da la lectura en porcentaje de transmitancia (% T), se pasará a Absorbancia (A) mediante la siguiente fórmula:

$$A=2-\log\%T$$

b) Con el valor de la Absorbancia (A), se irá a la curva de calibración y se obtiene la concentración en $\mu\text{gSO}_4/\text{ml}$.

c) Luego:

$$X1 \frac{(\mu\text{gSO}_4)}{\text{ml}} \times \frac{25}{20} \times V(\text{ml}) = X2 (\mu\text{gSO}_4)$$

X1 : Valor de concentración hallado en la curva de calibración en $\frac{\mu\text{gSO}_4}{\text{ml}}$

V : Volúmen total de solución con muestra en ml.

X2 : Concentración en la muestra final (μgSO_4)

d) Conversión de la concentración de ugSO4 a ugSO2

$$X2 \text{ (ugSO4)} \times \frac{M(\text{SO2})}{M(\text{SO4})} = X \text{ (ugSO2)}$$

M(SO2) : Peso molecular del SO2 igual a 64 gr. aprox.

M(SO4) : Peso molecular del SO4 igual a 96 gr. aprox.

X : Concentración de SO2 en toda la solución del frasco Dechsel en ugSO2

e) Para el cálculo de la concentración de SO2 presente en el aire se usará la siguiente fórmula

$$C = \frac{(X-Y)}{(Lf-Li)} \text{ ugSO2/m}^3$$

Y : Concentración de SO2 en la solución testigo.

Lf : Lectura final de volúmen de aire que nos muestra el medidor de volúmen que fué anotado al arrancar el sistema muestreador en metros cúbicos.

Li : Lectura inicial de volúmen de aire que nos muestra el medidor de volúmen que fué anotado al arrancar el sistema de muestreo, en metros cúbicos.

C : Concentración de SO2 en ug por metro cúbico de aire (ug/m³).

9. Expresión de Resultados

Los resultados se expresarán en partes por millón en volúmen, para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$C(\text{ppm}) = \frac{C(\text{ug}/\text{m}^3)}{2,854}$$

SECCION II BREVE DESCRIPCION DE OTROS METODOS

1. Métodos de Análisis para el Dióxido de Azufre

a) Método Acidimétrico

Este método se basa en la absorción del dióxido de azufre en una solución diluida de peróxido de hidrógeno; se efectúa la titulación del ácido sulfúrico formado, con un álcali normal (tetraborato de sodio).

Es un aparato simple, a menudo combinado con un filtro del humo; apto para periodos de muestreo de 24 horas, o menos en algunas circunstancias. El problema radica en la interferencia de los compuestos amoniacales.

b) Método de la Pararrosanilina

Se realiza la absorción de dióxido de azufre en una solución de tetracloromercurato (TCM) de potasio; el complejo formado reacciona con la pararrosanilina y con formaldehído y produce un color rojo púrpura, que se determina colorimétricamente.

Se emplea un aparato simple y adecuado para periodos de muestreo que varían entre 30 min y 24 horas; se deben analizar las muestras poco después de la toma; es específico para el dióxido de azufre y se pueden suprimir las posibles interferencias de los óxidos de nitrógeno y otros metales.

c) Mediciones de la Conductividad

Se efectúa el muestreo del dióxido de azufre en agua desionizada que contiene peróxido de hidrógeno, donde se oxida para formar ácido sulfúrico, como en el método acidimétrico; se mide el aumento de la conductividad con un puente de conductividad.

El aparato es sencillo y adecuado para periodos de muestreo de alrededor de 24 horas, generalmente combinado con un filtro para eliminar partículas, menos confiable que el método acidimétrico y no se emplea mucho en forma manual, pero el principio con frecuencia se aplica en instrumentos automáticos.

d) Mediciones con Tubos Detectores

Este método se basa en pasar un flujo de aire por tubos que contienen gel de sílice impregnado con un indicador sensible al dióxido de azufre; se evalúa la concentración por la extensión de la coloración.

El aparato es portátil y no requiere empleo de energía. Se utiliza mucho para la vigilancia de sitios específicos en medios de trabajo; sólo dan concentraciones puntuales de dióxido de azufre.

e) Método de Yodo

Se absorbe el dióxido de azufre en una solución de yodo contenida en un matraz de lavado con un burbujeador poroso; se titula la solución con tiosulfato.

Este método es aplicable en los medios de trabajo, pero no muy usado en la actualidad; se ha modificado el método para la evaluación colorimétrica, lo que proporciona una base para instrumentos portátiles que se emplean en muestras puntuales.

f) Índice de Sulfatación

Los compuestos de azufre que están en el aire reaccionan con un cilindro o planchas expuestos, cubiertos con una pasta que contiene peróxido de plomo; se determina el sulfato formado mediante la precipitación con cloruro de **bario**.

El método es sencillo y no requiere empleo de energía; el período de muestreo es prolongado (30 días); los resultados se expresan en $\text{mg SO}_3/100 \text{ cm}^2/\text{día}$, y señalan el índice de reacción de los compuestos de azufre con las superficies; no es específico para el dióxido de azufre, no indica las concentraciones en el aire y tiene escaso valor para los estudios epidemiológicos, a pesar de que se cita con frecuencia en ellos.

g) Método Turbidimétrico

Este principio se basa en la toma de muestra en fibra de vidrio libre de sulfatos o en otro filtro eficaz; se extrae y precipita el sulfato con cloruro de bario y se mide por espectrofotometría la turbidez de la suspensión.

Las muestras son reunidas normalmente durante periodos de 24 horas con aparatos de muestreo de gran volumen.

El problema radica en que no establece distinción entre los sulfatos y el ácido sulfúrico.

h) Método de Azul de Metiltimol

Se toman las muestras como en el método turbidimétrico anterior, y se efectúa la reacción del extracto de cloruro de bario, pero el bario que permanece en la solución reacciona después con el azul de metiltimol; se determinan colorimétricamente los sulfatos mediante la medición del azul de metiltimol no combinado.

Esta modificación permite automatizar el procedimiento; se aplica el mismo comentario del método turbidimétrico.

i) Instrumentos Automáticos

Basados en la conductividad, colorimetría, coulombimetría, fotometría de llama o cromatografía de gases.

Son especialmente útiles para seguir las variaciones de las concentraciones en un lapso breve, pero complicados para evaluar las concentraciones medias en 24 horas, a menos que estén conectados con equipo para procesar los datos; los instrumentos son costosos y deben ser controlados por operadores expertos.

j) Método Gravimétrico

Este método se basa en la absorción del SO_2 por una solución acuosa que contiene glicerina y bicarbonato de sodio. El SO_2 es oxidado por agua oxigenada y precipitado a la forma de sulfato de bario. Este es secado, luego pesado. El sulfato resultante, proviene del SO_2 absorbido y los valores se expresan en miligramos por día.

k) Método Stratman

Es un método usado en Alemania, llamado "elegante". El

SO₂ retenido sobre el gel de sílice, es dosado luego de una desadsorción, mediante corriente de hidrógeno, reducción sobre una malla de platino y transformación en H₂S. Este gas es evaluado fotométricamente por reacción con el azul de molibdeno.

l) Método del Acetato de Zinc

Este método fué desarrollado en la Universidad de Toulouse (Francia). Se afirma ser un método muy específico y consiste en muestrear el SO₂ por "fijación sobre soporte seco" (papel filtro impregnado con reactivo en base al acetato).

m) Método de Nitroprusiato de Sodio

Se hace reaccionar SO₂ disuelto en acetato de zinc glicerinado sobre nitroprusiato de sodio. En presencia de piridina se desarrolla un color rojo cuya intensidad se determina por fotometría.

n) Método Chino

Usado en la "Estación Anti-epidémica de Shangri".

Consiste en un análisis colorimétrico. Se genera sustancia coloreada de rosa por acción de aire contaminado a través de una solución de amino-benceno.

o) Método de Leclere

Este método es empleado por el Laboratorio Cantonal del Departamento del Interior de la Salud Pública de Lausana (Cantón de Vaud, Suiza). El principio es semejante al de las bujías de plomo, pero en reemplazo del reactante óxido de plomo, se usa una banda absorbente impregnada en bisulfato de sodio en contacto con una suspensión de glicerina.

El sistema se expone durante treinta días, al final de los cuales se retiran la solución y la banda expuesta. La muestra se adiciona por filtrado y lavado acidificándose con ácido clorhídrico. Se agrega luego una solución de I_2 para oxidar el sulfito a sulfato. Los iones sulfato son precipitados con cloruro de bario. La absorbancia de la suspensión obtenida se mide con un nefelómetro o fotómetro de transmisión. Los resultados son expresados en mg de $SO_2/30$ días (miligramos de SO_2 por 30 días).

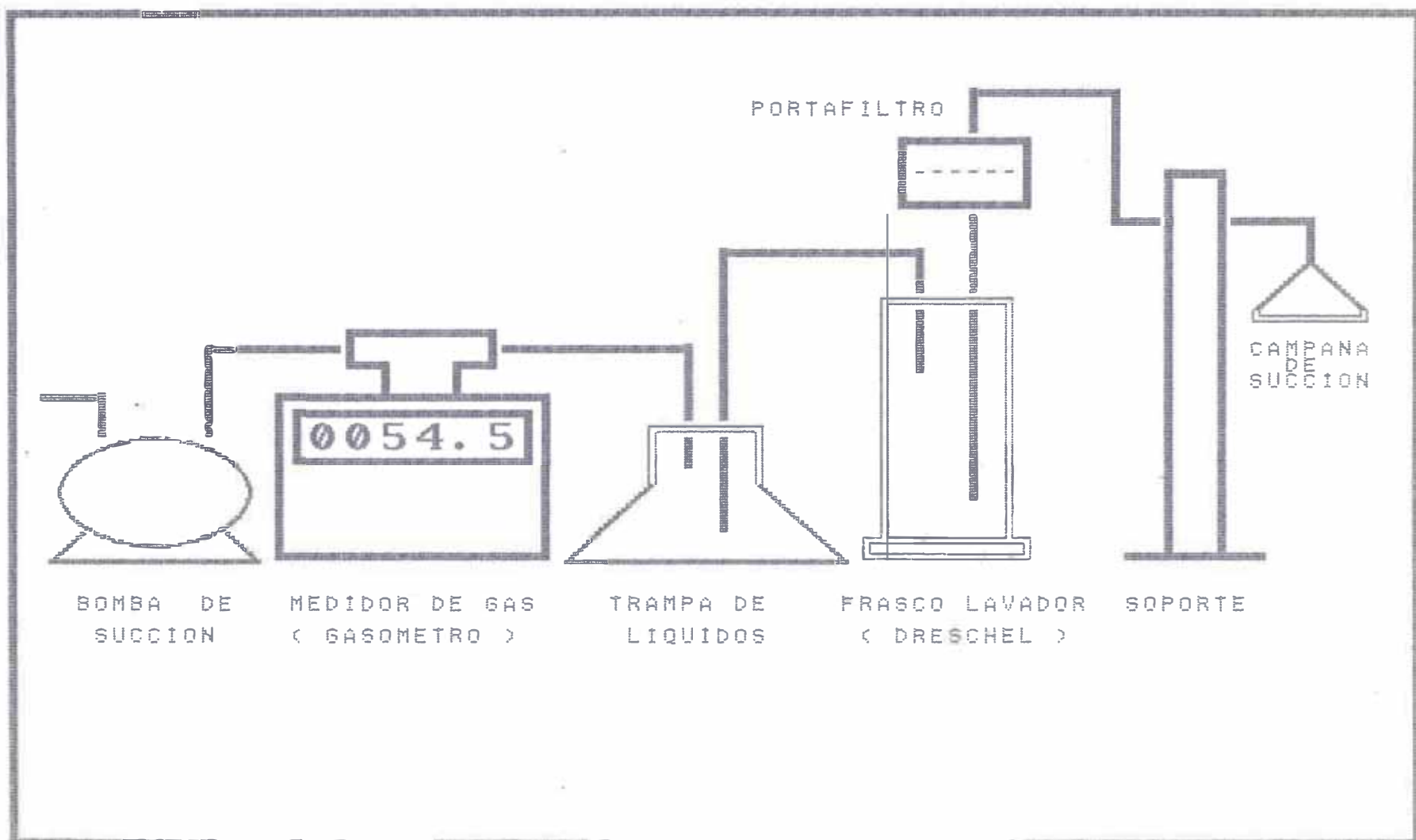


FIG 9.1 Tren de Muestreo utilizado para la captacion del Dioxido de Azufre,

CAPITULO X
RESULTADOS DEL MONITOREO

CAPITULO X

RESULTADOS DEL MONITOREO

El monitoreo fué efectuado por casi tres (3) años en la estación de muestreo (ver Tabla 10.1), ubicada en una zona comercial (intersección de la Av. Abancay con el Jr. Ancash). La estación ubicada en la zona comercial recibió el nombre de estación CONACO debido a que ésta se encuentra ubicada en el edificio de la Corporación de Comerciantes CONACO.

Las concentraciones halladas de dióxido de azufre, se muestran a continuación

CONCENTRACION DE DIOXIDO DE AZUFRE

El dióxido de azufre fué muestreado solamente en la estación CONACO debido a la falta de equipos muestreadores para otras estaciones, los resultados del muestreo están mostrados en la siguiente tabla:

TABLA 10-1 CONCENTRACION DE DIOXIDO DE AZUFRE - CONACO

MES	PROMEDIO MENSUAL (ppm) (*)		
	ANO 1990	ANO 1991	ANO 1992
ENERO	0.0060	0.0053	0.0050
FEBRERO	0.0053	0.0054	0.0050
MARZO	0.0036	0.0032	0.0030
ABRIL	0.0032	0.0036	0.0030
MAYO	0.0036	0.0042	0.0050
JUNIO	0.0031	0.0060	-
JULIO	0.0025	0.0052	-
AGOSTO	0.0082	0.0053	-
SETIEMBRE	0.0077	0.0060	-
OCTUBRE	0.0070	0.0060	-
NOVIEMBRE	0.0060	0.0060	-
DICIEMBRE	0.0050	0.0040	-

(*) partes por millón. (Ver fig.10.1)

El promedio aritmético anual de los años 1990, 1991 y 1992 son mostrados en la Tabla 10-2.

TABLA 10-2 PROMEDIOS ARITMETICOS ANUALES DE DIOXIDO DE AZUFRE

ESTACION CONACO

ANO	PROMEDIO ANUAL (ppm)
1990	0.0051
1991	0.0050
1992 (ENE-MAY)	0.0042

La Norma de Calidad de Aire propuesta por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud señala para el dióxido de azufre una concentración máxima de 0.06 ppm, como promedio aritmético anual. De la Tabla 10-1 y 10-2 se puede observar que en la estación CONACO desde el año 1990 al año 1991 hasta mayo de 1992 los promedios aritméticos anuales no alcanzaron el valor límite antes señalado (ver Fig.10-2).

Los resultados no pueden ser comparados con los efectuados por el Instituto Nacional de Salud Ocupacional en años anteriores debido a que las estaciones del INSO estuvieron ubicadas en otros lugares y además el (método de análisis era diferente al usado en el presente trabajo.)

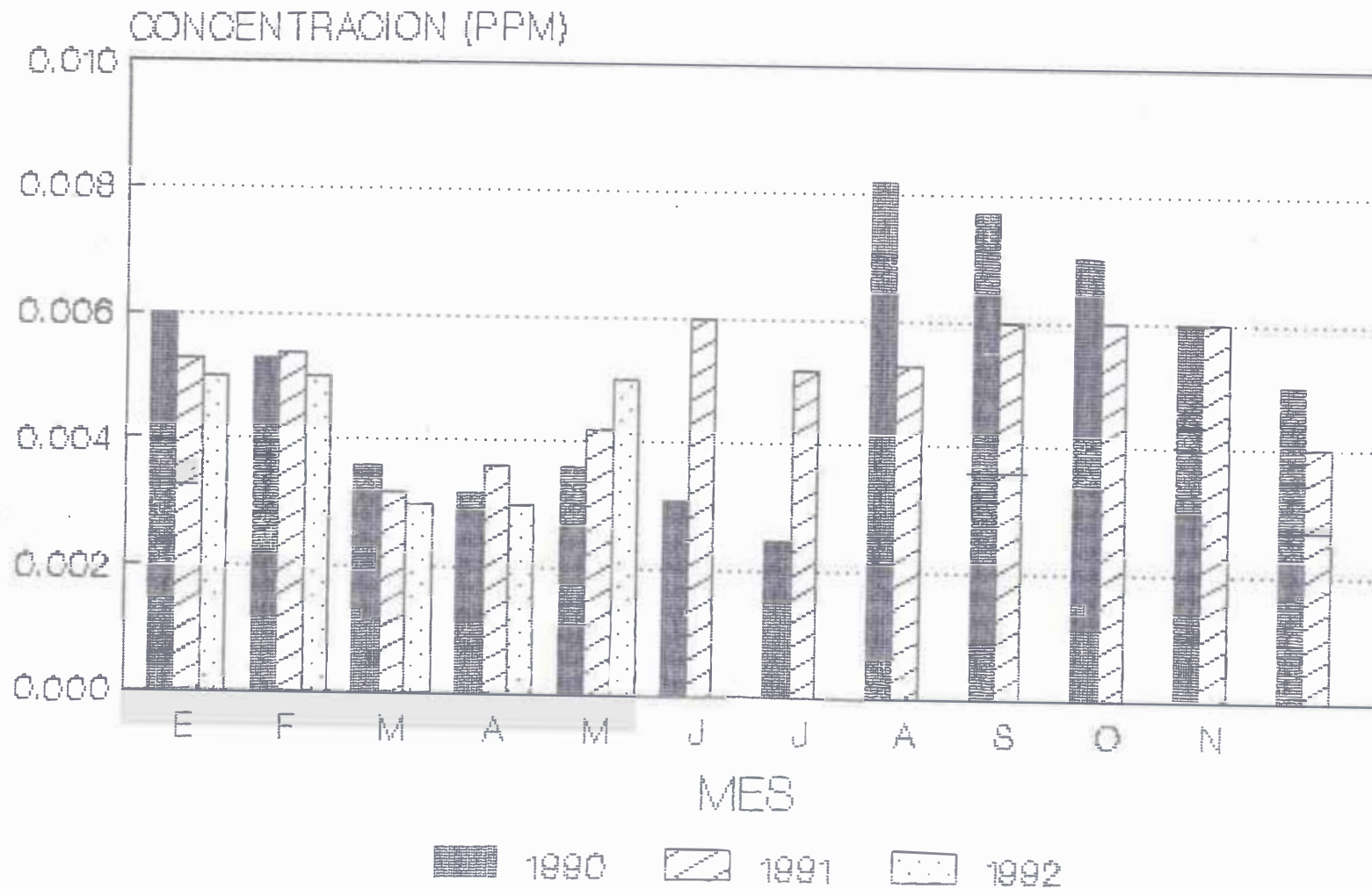


FIG 10.1 Concentraciones de Dioxido de Azufre en la estacion muestreadora en zona comercial QONAO-Periodo 90-92

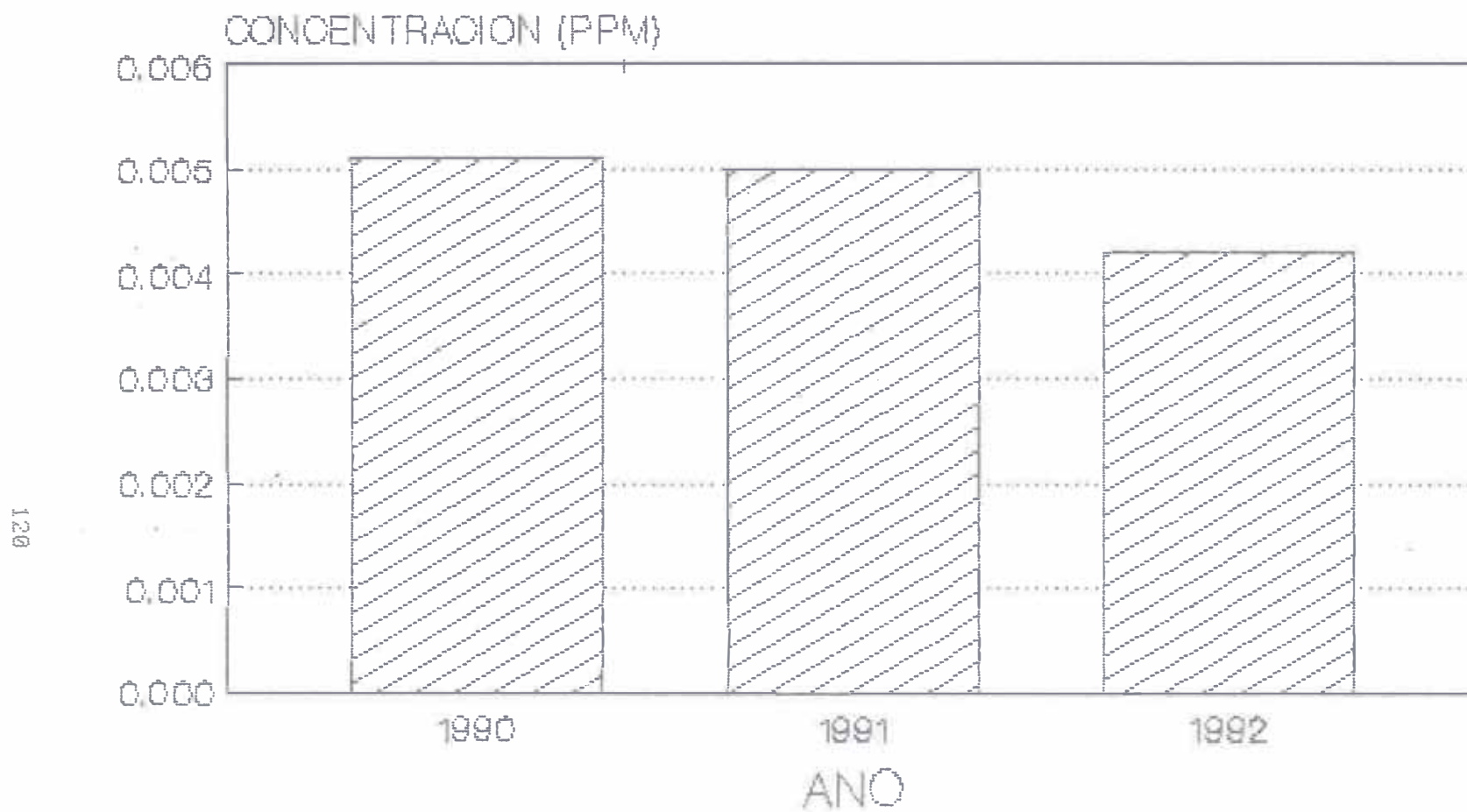


FIG 10.2 Medias Aritméticas Anuales de
Dioxido de Azufre en la estación QONAOO
Periodo 90 - 92

CAPITULO XI

PLAN DE ADMINISTRACION DEL RECURSO AIRE

CAPITULO XI

PLAN DE ADMINISTRACION DEL RECURSO AIRE

Cuando hablamos de Administración, estamos hablando de un conocimiento organizado de conceptos, teoría, principios y técnicas que conllevan al logro de objetivos y metas. Ahora hablar de Administración del Recurso Aire, pues es, hablar de un conjunto organizado de pasos cuyo objetivo es la protección al hombre, los animales y cultivos contra las exposiciones nocivas debido a la contaminación atmosférica, mediante el cuidado del aire.

Para el control de la contaminación del aire se propone el funcionamiento de un adecuado sistema de Gestión de la Calidad del Aire (fig.11.1) que ayudará al logro del objetivo mencionado en el párrafo anterior.

SECCION I. SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE

Para la explicación del sistema mostrado en la fig 11-1 se ha dividido este en dos grupos, el primero hablará de la circulación de los contaminantes y el segundo de la circulación de la información.

1. Circulación de Contaminantes

El conjunto de gases y partículas que las fuentes artificiales de contaminación, ya sean éstas estacionarias ó móviles, emiten a la atmósfera que sometidas a la acción de las condiciones meteorológicas del lugar, los vientos, temperatura, humedad, estabilidad atmosférica van a permitir o no, la difusión de estos contaminantes en el aire. La concentración de estos contaminantes en la atmósfera va a tener incidencia directa sobre la calidad del aire, el cual a su vez, influirá sobre los efectos que puedan producirse en

SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE

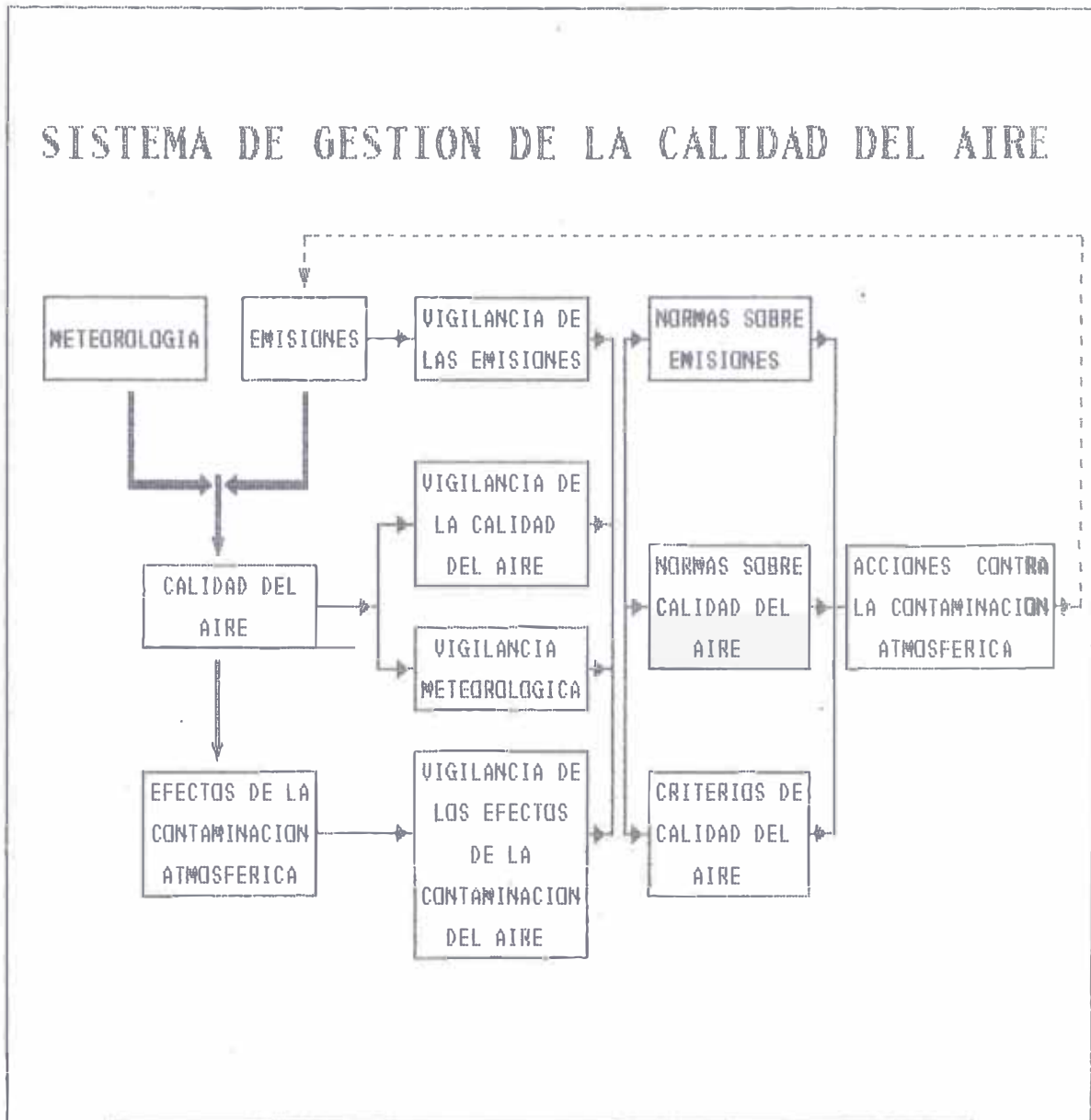


FIG 11.1 Sistema de Gestion de la Calidad del Aire propuesto para Lima Metropolitana.

NOTA : Las flechas gruesas indican la circulación de contaminantes y las delgadas la circulación de la información.

la salud del hombre, en los animales, plantas y en los materiales, los cuales son conocidos como "efectos de la contaminación atmosférica".

2. Circulación de la Información

Esta etapa es la que va a determinar el éxito o el fracaso de la administración del recurso aire, en ella recae todo el peso del programa, se deberán llevar a cabo todos los pasos de reconocimiento, evaluación y control de los contaminantes atmosféricos, además que de esta etapa se deberán dictar las normas que ayudarán en primer lugar a limitar y disminuir las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera, de tal forma que no causen perjuicios, en segundo lugar a mantener estas condiciones en el futuro.

Como primer paso se ha considerado el reconocimiento y la evaluación paralelamente, para lo cual nos valdremos de la vigilancia de las emisiones, vigilancia de la calidad del aire, vigilancia meteorológica y la vigilancia de los efectos sobre la salud.

2.1 Vigilancia de las Emisiones

La vigilancia de las emisiones se debe realizar mediante el inventario de fuentes de contaminación, sean estas fijas o móviles, este inventario en primer lugar debe realizarse con datos generales, para que por medio de métodos rápidos de evaluación de contaminantes con el uso de factores de emisión dados por la Organización Mundial de la Salud se pueda estimar la cantidad y el tipo de contaminantes emanados por las fuentes. Como segundo paso este inventario debe ser más preciso, con datos específicos, los cuales podrán ser colectados mediante el uso de fichas preparadas especialmente para este fin, que servirán para efectuar balances de materia y energía que permitirán obtener valores reales de emisión de contaminantes a la atmósfera. Además este inventario de fuentes permitirá conocer las zonas en las cuales están ubicadas las industrias, información que en el futuro servirá para determinar las zonas donde se deban instalar o no más fuentes de contaminación.

Por último se deben efectuar muestreos y análisis de las emisiones en las propias chimeneas, los cuales

deberán realizarse con equipos sofisticados de alta precisión.

2.2 Vigilancia de la Calidad del Aire

La vigilancia de la calidad del aire es el procedimiento empleado para evaluar las concentraciones de contaminantes en la atmósfera. Para llevar a cabo con eficacia un programa de gestión de la calidad del aire se requiere reunir, analizar y evaluar con regularidad y eficiencia información fidedigna sobre la calidad del aire. Para lograr este objetivo se deberá instalar un sistema de vigilancia de la calidad del aire en el cual se deberá seleccionar los contaminantes que se van a vigilar, determinar el número y localización de las estaciones de muestreo, seleccionar los instrumentos y técnicas analíticas, determinar las frecuencias de muestreo y elaborar los procedimientos para el tratamiento y análisis de los datos. Para la gran Lima se deberá utilizar como indicadores de contaminación atmosférica al dióxido de azufre, el monóxido de carbono al material particulado en suspensión y sedimentable así como también se debe evaluar la presencia de hongos y

bacterias en el aire, la cantidad mínima de estaciones de muestreo debe ser de 13 y deben estar localizadas en zonas comerciales, residenciales e industriales, con preferencia en la zona comercial denominada como el Damero de Pizarro. Lo recomendable sería que este sistema sea computarizado como los existentes en Brasil y Chile, aunque un sistema manual bien organizado sería una buena alternativa.

Los equipos que se usarán deben presentar registros continuos y gráficos de tal forma que se pueda determinar las horas en las cuales se presentan las mayores concentraciones, además para que el análisis de los datos sea estadísticamente representativo, las muestras deberán tomarse diariamente.

2.3 Vigilancia Meteorológica

En anteriores puntos del presente trabajo se ha resaltado la importancia meteorológica en la difusión y dilución de los contaminantes. De igual forma que se debe realizar la vigilancia de la calidad del aire, se debe **realizar** la vigilancia de los **parámetros**

meteorológicos, y los dos deben efectuarse en estrecha relación uno con otro.

En primer lugar en cada estación de monitoreo de la calidad del aire debe existir una pequeña estación meteorológica que nos dé datos sobre dirección y velocidad de los vientos, temperatura, humedad relativa y presión barométrica. Ahora, estos aparatos deberán ser de registro continuo y gráfico, y deberán funcionar las 24 horas del día de tal forma que después se pueda comparar las concentraciones de los contaminantes con las variaciones de los parámetros meteorológicos mencionados anteriormente.

En segundo lugar se deberán realizar estudios acerca de la capa de inversión térmica que se presenta diariamente en el cielo limeño, las horas de radiación solar, las precipitaciones, la estabilidad atmosférica y sobre todo el poder de dilución de la atmósfera en Lima.

Actualmente este trabajo lo viene realizando el

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología mediante sus equipos instalados en sus estaciones ubicadas en la gran Lima, por lo que la coordinación con esta Institución debe efectuarse de tal forma que los datos que obtienen sirvan también para nuestros fines.

2.4 Vigilancia de los Efectos de la Contaminación Atmosférica

Como se sabe, la contaminación atmosférica puede causar daños a las personas, animales, plantas y materiales. Para conocer de que forma se están presentando estos efectos negativos es necesario realizar la vigilancia de los efectos de la contaminación atmosférica.

Para efectuar esta vigilancia en la ciudad de Lima Metropolitana sería recomendable trabajar con las tasas de morbilidad y mortalidad en relación a las enfermedades denominadas como Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), estas fases se deberán efectuar tomando en cuenta las agrupaciones por sexo y edad de la población. Este análisis se puede realizar de la información obtenida de los centros médicos, hospitales, etc., los

cuales reportan a las Unidades Departamentales de Salud, el mayor trabajo consistiría en obtener la información de los centros médicos particulares a los cuales se les deberá obligar a entregar información a través de las Unidades Departamentales de Salud.

2.5 Normas de Emisiones, Normas de Calidad del Aire y Criterio de Calidad del Aire

Los resultados de las acciones de Vigilancia de la Calidad del Aire, vigilancia meteorológica y vigilancia de los efectos de la contaminación del Aire, nos permitirá desarrollar las Normas y Criterios de la Calidad del Aire, así como las Normas de Emisiones. Las Normas de Calidad del Aire deben darse con objetivos alcanzables a corto y largo plazo; a corto plazo estas normas deben ser dadas de tal forma que permita proteger a los subgrupos susceptibles de la población, es decir ancianos, niños y personas con ciertas afecciones crónicas, con el objeto de evitar la ocurrencia y agravamiento de enfermedades y fallecimientos en el subgrupo antes mencionado; a largo plazo estas normas

deberán ser mucho mas exigentes ya que no solo se deberá proteger la vida de la población mas sensible, sino también se deberá proteger la vida de la población contra todo posible efecto sobre la salud del hombre, incluidas las alteraciones orgánicas y genéticas, esto significa que las concentraciones de contaminantes deben ser lo mas bajas posibles. De manera similar las Normas de Emisiones deberán ser dadas con objetivos a corto y largo plazo, no solo para permitir que las concentraciones de los contaminantes en el aire, influenciados por las condiciones meteorológicas, sean menores que los niveles de calidad de aire estipulados, sino también para que estas normas puedan ser factibles de ser cumplidas por el sector industrial y comercial, ya que la existencia de normas iniciales exigentes conllevaría la suspensión y cancelación de actividades de innumerables empresas, lo cual impediría no solo la llamada reactivación industrial, la cual es actual política del presente gobierno, sino tambien la ocupación de muchos trabajadores creando un grave problema social. Los criterios de Calidad del Aire se basan en los estudios efectuados de Dosis-Respuesta para los distintos

contaminantes atmosféricos, para los diferentes efectos y para los distintos tipos de población expuestos, si bien es cierto es difícil reunir este tipo de información debido a las diversas combinaciones de sustancias, así como al alto costo que representaría un estudio de este tipo, es conocido los efectos de ciertos contaminantes a determinadas concentraciones con lo cual es factible elaborar las normas de calidad del aire de acuerdo a los efectos que se puedan producir con la variación de las concentraciones, sin embargo debido a la imprecisión de los estudios de Criterios de Calidad del Aire, se deberá tener en cuenta el uso de un coeficiente de seguridad en la elaboración de las normas, de tal forma de lograr que estas cumplan el objetivo de proteger no solo a la persona sino también a su medio ambiente.

2.6 Actividades contra la Contaminación Atmosférica

Una vez obtenidas las Normas de Calidad del Aire se podrán determinar las zonas en las cuales existen problemas de contaminación atmosférica; una vez delimitadas estas zonas se procedería a averiguar las

fuentes de contaminación; con el uso de las normas sobre emisiones se tendrá que obligar a estas fuentes a disminuir las concentraciones que emiten hacia la atmósfera, para lo cual se tendrá que crear un sistema que permita obligar a los conductores de estas fuentes a tomar las medidas correspondientes. De la efectividad de estas actividades contra la contaminación atmosférica dependerá el éxito del sistema de gestión de la calidad del aire ya que con estas se podrán rebajar las emisiones, lo cual permitirá obtener un aire con mayor calidad.

De lo mencionado anteriormente se puede observar que dentro de las actividades contra la contaminación El control debe efectuarse de dos formas, correctivo y preventivo; el correctivo se debe aplicar a todas las fuentes contaminadoras que ya existen, que están en funcionamiento. Y el preventivo a todas las que recién se van a instalar, se las debe obligar a cumplir ciertos requisitos, sin los cuales no se les debe autorizar a que funcionen. La fiscalización es otro punto muy importante pues por medio de él se obligará a los

conductores de las fuentes contaminadoras a realizar las acciones correspondientes, a disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera; estas medidas deben contemplar en primer lugar la advertencia, luego la multa pecuniaria y en último lugar el cierre o embargo de la fuente contaminadora.

SECCION II. ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE.

Para el éxito del Sistema de Gestión de la Calidad del Aire que se propone implantar en Lima Metropolitana es necesario una adecuada estructura de soporte, la cual involucra los siguientes aspectos.

1. Legislación eficiente

En lo que respecta a contaminación atmosférica actualmente existe un gran vacío en lo que a aspecto legal se refiere, las pocas normas legales que existen tratan solamente aspectos puntuales y no el problema en forma global, así tenemos las normas que se dieron con relación a

las fábricas de harina de pescado, el Reglamento para Apertura de Establecimientos Industriales, etc.

El Código del Medio Ambiente aprobado en 1990 viene a llenar en cierta forma el vacío legal mencionado anteriormente, faltando su reglamentación. De ser aprobado por el Poder Ejecutivo el Proyecto de Reglamento de la Contaminación Atmosférica, sería una herramienta que en conjunción con el Código del Medio Ambiente ayudarían a llenar el vacío legal antes mencionado.

2. Orden Institucional

Es necesario alcanzar el tan necesario ordenamiento institucional no solo a nivel de Lima sino a nivel nacional, a fin de poner en las mejores manos la responsabilidad de la formulación de planes, investigaciones y de hacer cumplir las normas técnicas y legales de tal forma que no existan por un lado duplicación de esfuerzos y por otro lado entrampamientos debido a la defensa de los respectivos sectores.

En lo referente a Lima, la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud es la institución llamada a

tener en sus manos la normatividad técnica, la investigación y la formulación de planes; la acción ejecutiva le corresponde al Concejo Provincias de Lima y a todos los Concejos Distritales en concordancia con las **Unidades** Departamentales de Salud.

3. Recursos Económicos

El rol del Estado es fundamental ya que este deberá asegurar un razonable nivel presupuestal que permita obtener el adecuado equipamiento que las altas operaciones exigen dentro del sistema de gestión de la calidad del aire.

4. Equipo Profesional y Técnico

Se deberá tener un equipo profesional técnico en suficiente cantidad y sobre todo en suficiente calidad. Actualmente en nuestro país existe un gran vacío en lo que respecta a profesionales y técnicos ya que no existió la preocupación de formar cuadros capaces de realizar el manejo del ambiente en lo que al recurso aire respecta. En este punto tienen una gran tarea las universidades, en estos centros de estudios se deberán formar en los siguientes años

a personal profesional, la DIGESA y el Concejo Provincial de Lima deben otorgar prácticas profesionales a los estudiantes que tengan interés en desarrollarse en este campo, los cuales deben ser al menos medianamente remunerados de tal forma que se aliente al estudiante en el desarrollo de su práctica. Creo que en las universidades existe un potencial joven que se puede aprovechar para que en un futuro se puedan formar cuadros profesionales. En lo que concierne al personal técnico, la formación de estos se puede efectuar mediante charlas, cursos-taller, etc., dados por profesionales de la DIGESA a los técnicos de las Unidades Departamentales de Salud y de las Municipalidades. Esta capacitación a los técnicos también puede efectuarse a través de las universidades.

Como último punto mencionaré la capacitación y actualización de los profesionales que ya se desenvuelven en la lucha de la contaminación atmosférica, esta se debe realizar mediante el otorgamiento de becas de estudio de especialización en países en donde se tienen altas tecnologías de tal forma que el profesional no se quede rezagado en las técnicas de lucha contra la contaminación atmosférica.

5. Opinión Pública Bien Orientada

deberá desarrollar un adecuado programa de comunicaciones sistemáticas y de buen nivel, buscando que la opinión pública deje de estar expuesta a la acción de los demagogos de la contaminación ambiental y la persona llegue a conocer la realidad sobre el medio ambiente en el que desarrollo su vida. De este adecuado conocimiento dependerá la positiva participación de la comunidad en el sistema de gestión de la calidad del aire.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La contaminación atmosférica va de la mano con el avance de la tecnología y la civilización, la revolución tecnológica y la tendencia mundial hacia el desarrollo urbano e industrial ha causado el incremento de esta contaminación debido a una mayor liberación de desechos gaseosos, aerosoles y otras partículas.

2. Estudios efectuados por la Red-Panaire durante el periodo 1967-1980 revelaron concentraciones de dióxido de azufre y material particulado en suspensión por debajo de las concentraciones límites estipulados por la Organización Mundial de la Salud.

3. Los factores que afectan la dispersión de contaminantes atmosféricos son la temperatura y velocidad de los gases, la altura de la chimenea, la topografía, la proximidad de edificios y principalmente la meteorología de la zona.

4. El dióxido de azufre afecta principalmente las vías respiratorias de las personas.

5. La política centralista de los gobiernos ha influido directamente en el explosivo crecimiento de la población de Lima Metropolitana. Lima y Callao concentran aproximadamente el 28.6% de la población a nivel nacional, en ella residen aproximadamente 6 millones 233 mil habitantes.

6. El clima que comprende a casi toda la costa peruana, dentro del cual está ubicada Lima Metropolitana, es el clima Desierto y cuya característica principal es la escasez de lluvias, esto se debe básicamente a la influencia de corrientes de agua marina fría que bafan la costa y al anticiclón del Océano Pacífico Sur.

7. La humedad relativa de Lima Metropolitana varía entre el 80% y 86%, los vientos predominantes son de S y SW y debido al conglomerado urbano en el centro de la ciudad la velocidad del viento promedio es de 2 m/sg., además la radiación solar varía de 12% en agosto a 64.4% en el mes de **abril**, y la precipitación promedio varía de 0.42 mm/mes en mayo a 2.9 mm/mes en agosto.

8. Sobre la ciudad de Lima Metropolitana existe una zona de inversión térmica la cual está presente todo el año, es mas fuerte en invierno y mas débil en verano, la base promedio de la inversión térmica se encuentra alrededor de los 700 metros de altura; mientras que el tope de la inversión promedio se encuentra cerca de los 1,500 metros de altura.

9. La presencia de esta capa de inversión y las estribaciones de la cordillera impiden la dilución vertical y horizontal respectivamente de los gases contaminantes.

10. La decisión política es de suma importancia en el control de la contaminación atmosférica, ya que de ella dependerán una serie de medidas de tipo administrativo, legal y económico.

11. En la ciudad de Lima, las fuentes naturales de dióxido de azufre e hidrógeno sulfurado son la descomposición vegetal y la acción de las bacterias anaeróbicas.

12. En Lima Metropolitana existen alrededor de 40,770 establecimientos industriales que ocupan cada una a mas de 5

personas, los cuales para generación de energía utilizan mayormente derivados de petróleo tales como Diesel 2 y Residual 5, los cuales contienen altos porcentajes de azufre en su composición, así también se estima que en Lima existen un promedio de 500 mil vehículos de los cuales el 96% emplea motores a gasolina, los cuales arrojan a la atmósfera un promedio de 929.3 toneladas de compuestos de azufre por año y 38.3 toneladas de sólidos por año.

13. La determinación del número de estaciones de muestreo se realiza en base a la población que se quiere cubrir, para la ciudad de Lima Metropolitana con una población estimada de 5'696, habitantes se debe instalar como mínimo 13 estaciones de muestreo.

14. Las concentraciones promedio de dióxido de azufre en la Estación de Muestreo de CONACO (zona comercial: esquina Av. Abancay y Jr. Ancash) mediante el método turbidimétrico fueron para 1990, 1991 y parte de 1992 de 0.0051, 0.0050 y 0.0042 ppm respectivamente, los cuales son menores a la concentración límite que señala la Norma de Calidad del Aire propuesta por la DIGESA de 0.06 p.p.m., lo cual

demuestra que en esta zona de Lima Metropolitana no existe aún problemas con respecto a este contaminante.

15. La calidad del aire de la ciudad de Lima Metropolitana continuará deteriorándose día tras día si no se toman cartas en el asunto, por lo que urge llevar a cabo un Plan de Administración del Recurso Aire, el cual es presentado como alternativa de solución en el presente estudio (punto 11), ya que hablar solo de medidas puntuales de solución sería no atacar el problema en su integridad, como si se efectuaría si se llevara a cabo un Plan Global de Administración del Recurso Aire no solo a nivel de Lima Metropolitana sino a Nivel Nacional.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. AMOS TURK Dr. Ecología, Contaminación y Medio Ambiente. Nueva Editorial Mac Millan Inc. Volúmen 1. Washington 1966
2. ANGELOS HATZAKIS et al Short-Term Effects of Air Pollution on Mortality in Athens. Volúmen 15 No. 1, 1986.
3. CARRILLO, FRANCISCO. Como Hacer la Tesis y el Trabajo de Investigación Universitario. 6a. Edición, Perú. Editorial Horizonte, 1983.
4. CETESB. Qualidade do Ar na Regiao Metropolitana do Sao Paulo e em Cubatao. 1986. Sao Paulo 1987.

5. COLLIER'S ENCYCLOPEDIA. Air Pollution, Crowell Collier and Mac Millan, Inc. Volumen 1. Washington 1966.
6. DEL GIORGIO, J.A. Contaminación Atmosférica, Métodos de Vigilancia y Redes de Vigilancia. 1ra. Edición. España, Editorial Alhambra, 1977.
7. GARCIA AGUDO, EDMUNDO. Contaminación Atmosférica en América Latina y El Caribe. Apuntes del Seminario Aire y Salud Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú 1988.
8. GASTAÑAGA COLL, ANIBAL. Administración del Recurso Aire en el Perú. Revista del Instituto de Salud Ocupacional, volumen XIX, No. 1-4, Lima, 1974.
9. GASTAÑAGA COLL, ANIBAL. Estudio Preliminar de la Contaminación Atmosférica de la Gran Lima. Revista del Instituto de Salud Ocupacional. Vol VIII No. 2, Lima 1963.
10. GASTAÑAGA COLL, ANIBAL. Los Contaminantes Fotoquímicos en la Atmósfera de Lima. Revista del Instituto de Salud Ocupacional, Volumen VIII, No. 1, Lima 1963.

11. HODEES, L. Environmental Pollution. 2da. Edición. New York, 1974.
12. KATZ, M. Measurement of Air Pollution. Editor World Health Organization, Switzerland, 1969.
13. LA ENFERMEDAD DEL SIGLO VEINTE. Despertad, Vol 71, No. 11 Junio 8, 1990, pag. 29.
14. MACCHER, C. Contaminación Atmosférica en el Area de Lima Metropolitana por los Efluentes de Fábricas de Harina de Pescado. Revista del Instituto de Salud Ocupacional, Volúmen VII, No. 2, Lima 1962.
15. MASAYULLI IMAI, M, et al. Mortality for Asthma and Chronic Bronchitis Associated with Changes in Sulfur Oxides Air Pollution. Volúmen 41, No.1, Washington 1986.
16. MICHAEL D., LEBOWITZ. Sulfatos y Nitratos en forma de Aerosol. Su efectos en la Salud del Hombre. Universidad de Arizona, Facultad de Medicina. Tucson, Arizona.

17. MINISTERIO DE SALUD. La Contaminación Ambiental y el Equilibrio Ecológico. Revista Ciencia y Tecnología, Año 1 No. 4. Octubre 1974.
18. OLORTEGUI, Pedro. Diagnóstico de las Fuentes de Contaminación Atmosférica en el Perú y Bases de un programa de Vigilancia de la Calidad del Aire a Nivel Nacional Organización Panamericana de la Salud, 1988.
19. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Análisis e interpretación de Vigilancia del Aire. Ginebra, 1982.
20. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Pan American Air Pollution Monitoring Net Work Report or Results 1967-1970 Technical Series No. 10.
21. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. Selección de procedimientos para medir la Contaminación del Aire. Ginebra, 1976.
22. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Oxidos de Azufre y Partículas en Suspensión, Criterios de Salud Ambiental, 8. Publicación Científica No. 424. Washington D.C., 1982.

23. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Diseño de Programas de Vigilancia del Aire para Zonas Urbanas e Industriales. Washington D.C. 1978.
24. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Manual de Calidad del Aire en el Medio Urbano. Washington D.C. 1980.
25. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire. Serie Técnica No. 18. OPS-CEPIS. Lima, 1966.
26. PINZAS BENITES, Gerardo y GASTANAGA COLL, A. Consideraciones sobre la Contaminación Atmosférica de la Gran Lima por Vehículos Motorizados. Revista del Instituto de Salud Ocupacional, Vol. IX, No. 2, 1964.
27. QUEZADA PACHECO, Julio M. Estudio del Confort Climático en Lima Metropolitana y Callao. Tesis de Grado. Lima-Perú 1987.
28. QUISPE PAREDES, Luis. Nuevo Procedimiento Analítico para la Evaluación de Dióxido de Azufre en Aire, en Presencia del Amoniaco y Otras Sustancias Alcalinas. Revista del

Instituto de Salud Ocupacional. Volúmen XIX, No. 1-4,
Lima 1974.

29. ROMERO, Emilio. Perú: Una Nueva Geografía. Tomo 2.
Editorial Universo. Lima Perú 1977.

30. ROSS, R.D. La Industria y la Contaminación del Aire.
Primera Edición. Editorial Diana. Mexico 1974.

31. RUIZ BOTTO, Jorge. Influencia del Uso de Tuberías de PVC
en el Muestreo de SO₂ por el Método del Peróxido de
Hidrógeno Revista del Instituto Nacional de Salud
Ocupacional XIII No. 3 y No. 4. Lima, 1968.

32. SEINFELD, J.H. Contaminación Atmosférica, Fundamentos
Físicos y Químicos. Instituto de Estudios de
Administración Local. Madrid, 1978.

33. SPIEGEL, MURRAY R. Estadística. Primera Edición. Mexico.
Mc Graw Hiel Book Co., 1978.

34. STERN, ARTHUR C. Air Pollution. Segunda Edición. Tomos I
y III. New York, 1968.

35. UGARTE Y CHAMORRO, HECTOR. Determinación de Dióxido de Azufre en Aire, usando cloruro de Rosanilina. Revista del Instituto de Salud Ocupacional, Volúmen X, No. 1, Lima, 1965.

36. VIZCARRA ANDREU, MANUEL A. Tecnósfera. La Atmósfera Contaminada y sus Relaciones con el Público. Primera Edición. Lima Perú, Editorial PRESS S.A., 1982.

37. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air Quality Guidelines For Europe. WHO Regional Office for Europe. Serie No. 23, 1987.