

ESTUDIO PRELIMINAR DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR ASBESTO EN EL CENTRO DE LIMA

Tomás Acero Rosales

Departamento Académico de Procesos, Facultad de Química e Ingeniería Química,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen: En el presente trabajo se determina la posible presencia de asbesto como contaminante atmosférico en una de las avenidas del Centro de Lima, con intenso tráfico de vehículos motorizados, que podría generar la presencia de partículas de asbesto provenientes del desgaste de las zapatas de frenos y que tendría efecto grave en las personas que permanecen gran parte del día por razones de trabajo y los que transitan por la avenida Abancay.

Palabras claves: Polución atmosférica, asbestosis, cáncer.

Abstracts: We had studied the pollution in downtown of Lima by asbest, particles and dust. The particles with asbest, are emitted to the atmosphere from brake of car. These particles have bad effect in the health of people (give asbestosis), who are working in downtown of Lima (Av. Abancay).

Key words: Air pollution, asbestosis, human carcinogens.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire forma parte de la vida moderna. Es la consecuencia de la manera como crecen nuestras ciudades, la población y es un residuo de los métodos como se producen nuestras mercancías.

La causa principal de la contaminación del aire es la combustión imperfecta de los combustibles. El hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de azufre y vapor de agua. Sin embargo, las impurezas del combustible, una incorrecta relación entre el combustible y el aire, o la temperatura de combustión demasiado alta o demasiado baja son causa de la formación de productos secundarios, tales como el monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, óxido de azufre, cenizas finas, hidrocarburos no quemados y material particulado de diversa naturaleza y origen, generado por las múl-

tiples actividades del hombre, que son movilizadas por los vehículos y personas que se mueven y la acción mecánica del viento.

LA MATERIA PARTICULADA O PARTÍCULAS

Partícula es un término que se emplea para describir las materias sólidas y líquidas dispersas y arrastradas por el aire, mayores que las moléculas individuales (las moléculas miden aproximadamente 0.0002 u de diámetro), pero menores de 500 u ($1u = 1 \text{ micrón} = 10^{-4} \text{ cm}$). Las partículas de este rango de tamaño tienen una vida media en suspensión que varía desde unos segundos hasta varios meses.

Las partículas menores de 0.1u experimentan movimientos brownianos aleatorios resultantes de la colisión con las moléculas individuales del aire.

Las partículas entre 0.1 μ y 1 μ tienen velocidades de asentamiento en el aire estático que, aunque finitas, son pequeñas comparadas con las velocidades del viento. Las partículas mayores de 1 μ tienen velocidades de asentamiento significativas, pero pequeñas.

Las partículas por encima de 20 μ tienen grandes velocidades de sedimentación y se eliminan del aire por gravedad u otros procesos de inercia.

EFFECTOS DE LAS PARTÍCULAS EN LA ATMÓSFERA SOBRE LOS MATERIALES, LA VEGETACIÓN Y LOS ANIMALES

Las partículas arrastradas por el aire pueden ser en sí químicamente inertes o químicamente activas. Las partículas al adsorber de la atmósfera sustancias químicas o al reaccionar con éstas se transforman en partículas tóxicas.

Dependiendo de su composición química y estado físico, las partículas causan grandes daños a los materiales. Así por ejemplo las partículas ensucian la ropa, las cortinas con sólo asentarse sobre ellas. El costo de reposición y limpieza se estima en cientos de millones de soles anuales.

Lo que es más importante, las partículas pueden causar daños químicos directos, ya sea por corrosividad intrínseca o por la acción de sustancias químicas corrosivas adsorbidas o absorbidas por partículas inertes emitidas a la atmósfera.

En general, los metales pueden resistir la corrosión en el aire seco o aun en el aire limpio y húmedo. Sin embargo, las partículas hidrosópicas que se encuentran usualmente en la atmósfera pueden corroer las superficies metálicas, sin que esté presente contaminante alguno.

Poco es lo que se conoce de los efectos de las partículas en general, sobre la vegetación. No obstante, se ha observado que varias sustancias específicas causan algunos daños. Las partículas que contienen fluoruros causan daños a las plantas y el óxido de magnesio que cae sobre los terrenos agrícola-

las ha dado como resultado un insatisfactorio crecimiento de la planta.

La salud del animal es afectada cuando éste se alimenta de plantas cubiertas con partículas tóxicas. Dichas partículas pueden ser absorbidos por la planta o pueden permanecer como contaminantes sobre la superficie de las hojas y tallos de las plantas.

La fluorosis en los animales ha sido atribuida a la ingestión de vegetación cubierta con partículas que contengan fluoruro. El ganado vacuno o bovino que ha ingerido la vegetación sobre la que se ha asentado partículas que contienen arsénico han sido víctimas de envenenamiento por arsénico.

EFFECTOS DE LA PARTÍCULA EN EL AIRE Y SOBRE LA SALUD HUMANA

Las partículas solas o en combinación con otros contaminantes representan un peligro muy grave para la salud. Los contaminantes ingresan principalmente al cuerpo humano por las vías respiratorias. Los daños a los órganos respiratorios pueden presentarse directamente, ya que se ha estimado que más del 50% de las partículas entre 0.01 y 0.1 μ que penetran las cavidades pulmonares se depositan allí.

El efecto tóxico de las partículas se debe a las siguientes causas:

1. La partícula puede ser intrínsecamente tóxica debido a sus características inherentes químicas y/o físicas.
2. La partícula puede interferir con uno o más de los mecanismos que despejan usualmente el aparato respiratorio.
3. La partícula puede actuar como portadora de una sustancia tóxica adsorbida.

Es extremadamente difícil obtener una relación directa entre la exposición a varias concentraciones de partículas y los efectos resultantes sobre la salud del hombre.

La extensión del tiempo de exposición es importante. Se ha observado en algunos casos, que la exposición a las partículas en combinación con otros contaminantes, como

el SO_2 , produce un mayor deterioro de la salud, que la exposición separada a cada contaminante. Además es difícil reproducir en el laboratorio las condiciones exactas que prevalecen en la atmósfera ambiental

Los datos estadísticos revelan una relación entre los aumentos de la concentración de partículas con el aumento en el número de visitas a la clínicas y hospitales debido a infecciones respiratorias, afecciones cardíacas, bronquitis, asma, pulmonía, enfisema y otras semejantes. Las defunciones de personas ancianas aquejadas de enfermedades respiratorias y afecciones cardíacas muestran también un aumento durante los periodos en que la concentración de las partículas es extremadamente alta durante varios días.

Un creciente volumen de evidencia indica que gran parte de las partículas en la atmósfera es de naturaleza carcinogénica, especialmente cuando se asocia con el tabaquismo y la exposición a polvo de asbesto.

EL ASBESTO CONTAMINANTE MORTAL

El asbesto mineral fibroso muy resistente a las altas temperaturas, a los ácidos, al desgaste, ha multiplicado su uso, teniendo más de 2000 aplicaciones en el mundo moderno.

En el Perú muchas empresas utilizan insumos de asbesto en la fabricación de planchas de fibrocemento, tanques para agua, tuberías para alta presión, forros de disco de embrague, zapatas para frenos industriales, forros de freno para vehículos, líquido de freno industrial y de vehículos motorizados, hilos, cordones, trajes de asbesto..., etc.

Las fibrillas que componen el asbesto son 2000 veces más finas que el cabello humano (0.00002 mm de espesor) lo que hace imperceptible su ingreso al sistema respiratorio, afectando seriamente a los pulmones y a la membrana que los cubre y protege (la pleura).

La exposición prolongada a cantidades significativa de asbesto, como en el caso de trabajadores de empresas que utilizan el asbesto, o las personas que permanecen por razones de su ocupación, muchas horas en am-

bientes contaminados. Como son las avenidas con gran congestión de tránsito en nuestra capital, donde los vehículos motorizados descargan a la atmósfera un sin número de contaminantes y entre ellos probablemente partículas de asbesto, proveniente del uso continuo de los frenos y embragues; pueden adquirir Asbestosis, la cual podría degenerar en un Mesotelioma, ambos procesos irreversibles y hasta mortales.

La asbestosis pertenece al grupo de dolencias conocidas como Neumoconiosis, enfermedades que se producen por la inhalación de polvos que producen trastornos del tejido pulmonar y de la pleura. La paulatina destrucción del tejido hábil para la oxigenación de la sangre va restringiendo, y finalmente destruye la capacidad respiratoria del hombre.

DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE LA PREVALENCIA DE ASBESTOSIS

De la información proporcionada por el Instituto de Salud Ocupacional, el 7% de los trabajadores que labora con asbesto, llega a adquirir cáncer a la pleura, este dato es suficientemente alarmante para que países como: Suecia y Dinamarca prohíban su utilización y obliguen el uso de sustitutos.

- El Instituto de Investigación de Enfermedades Profesionales Míneras – INVEPROMIL en 1991, encontró que 40 de los trabajadores expuestos a polvo de asbesto, tenían diferentes grados de asbestosis.
- En la fábrica Eternit S.A. – FAVESA, el trabajador Braulio Chacón, falleció de asbestosis el 20 de diciembre de 1990, quedando incapacitado seriamente su hermano.

RELACIÓN DE LA ASBESTOSIS CON LA DOSIS DE POLVO

En nuestro país, existen muy pocos datos sobre el muestreo de polvo que permita relacionar la prevalencia o incidencia de la asbestosis, de acuerdo a la concentración y el tiempo de exposición.

Una conclusión cauta de los estudios norteamericanos, es que con un nivel umbral de 100 millones de partículas por pie cúbico de aire por año, el riesgo de desarrollar asbestosis sería tan bajo como del 1%.

RELACIÓN DE LA ASBESTOSIS CON EL CÁNCER PULMONAR

El riesgo de desarrollar un cáncer bronquial en las personas que padecen asbestosis se ha comprobado, alrededor del 50% de ellas que fallecen a causa de una asbestosis presentan cáncer de pulmón en las autopsias.

CONSECUENCIAS POSIBLES PARA LAS PERSONAS EXPUESTAS A POLVO DE ASBESTO

Los principales riesgos para la salud de la personas expuestas a polvo de asbesto en suspensión en el aire son:

1. Asbestosis – Fibrosis (espesamiento y cicatrización) del tejido pulmonar.
2. Cáncer al pulmón – Carcinoma de los bronquios.
3. Mesotelioma – Cáncer de la pleura o del peritoneo.

La probable exposición a polvo de asbesto de las personas que permanecen muchas horas respirando aire supuestamente contaminado con partículas de asbesto, provenientes de la fricción de las zapatas de los frenos y de los forros de los discos de embrague de los vehículos motorizados, en las principales avenidas de Lima, donde la congestión del tránsito y el movimiento de las personas, genera durante las horas puntas altos niveles de contaminación ambiental; nos condujo a plantear la hipótesis siguiente:

«La posibilidad de que los vendedores informales de las principales avenidas de Lima, que permanecen gran parte del día, respirando aire contaminado, pueden adquirir alguna de las enfermedades antes mencionadas, debido a la contaminación por partículas de asbesto».

EVALUACIÓN DEL POLVO EN SUSPENSIÓN

La concentración de polvo, en suspensión en el aire de las principales avenidas de Lima, se realizó con arreglo a los procedimientos estandarizados, expresando los resultados en microgramos por metro cúbico de aire, usando la fórmula siguiente:

$$C = \frac{(M2 - M1) \times 1000}{V} = \text{mg/m}^3$$

Donde: M1 y M2 = Masa del filtro antes y después del muestreo

V = Volumen del aire muestreado

EVALUACIÓN DEL ASBESTO EN EL AIRE

El asbesto es un silicato de Fe y Mg, cuya característica física es el de fibra. Desde el punto de vista analítico, este debe conservar sus propiedades físicas para poder ser identificado, pues si se realizara un ataque químico del tipo destructivo, se determinaría su contenido de sílice, lo que puede dar lugar a confusión con otros silicatos de origen diferente, también presentes en el aire. Por ello, se ha considerado un método analítico no destructivo del contaminante (asbesto), ello fue posible usando la técnica del transparentado del filtro de membrana que se utilizó en la toma de muestras. Para lo cual se preparó una técnica química que permite evaluar la presencia de partículas de asbesto en el aire. Se utilizó filtros de tipo sintético, como son los de mezcla de fibras de celulosa.

FUNDAMENTO TÉCNICO DEL MÉTODO

El asbesto en el aire es captado o colectado sobre una membrana, la cual es una mezcla de ésteres de celulosa. Estos filtros son susceptibles a ser transparentados, cuando están sometidos a una corriente de vapor de acetona, la acetona químicamente destruye o ataca a la mezcla de ésteres, que finalmente son transportados cuando son sometidos a la acción de una pequeña cantidad de triacetina.

Para la ejecución del trabajo de transparentado se diseñó un sistema específico de trabajo, el mismo que fue montado para efectuar primero pruebas sobre filtros blancos como una forma de estandarizar la técnica, se controló la temperatura más adecuada de trabajo, tiempo de exposición del filtro al vapor de acetona...etc. Posteriormente, se prepararon filtros de referencia, usando asbesto de zapatas de freno en cantidades muy pequeñas. Esto con la finalidad de cubrir la necesidad de identificar la forma como se presenta el asbesto procedente del tráfico vehicular.

El filtro así transparentado es fijado mediante triacetina y posteriormente con la ayuda de un microscopio de 400 a 500 aumentos, se determina el número de fibras de asbesto presentes en cada muestra.

EVALUACIÓN DE ASBESTO EN EL AIRE

Se empleó la relación siguiente:

$$C = \frac{nf}{ncf} \times \frac{1}{V} \times \frac{a}{a}$$

Donde C es fibras por mL, nf es el número total de fibras contadas, ncf es el número de campos contados, A es el área efectiva del filtro, a es el área de la superficie de conteo y V es el volumen de aire muestreado en litros.

CALIBRACIÓN DEL MUESTREADOR DE AIRE

Para la calibración del muestreador del aire se utilizó, un rotámetro previamente calibrado contra un Wet Test Meter, en el Instituto de Salud Ocupacional, el volumen promedio calculado fue de 1.4 l/min.

TOMA DE MUESTRAS

En la segunda etapa del estudio se programó tomar un mayor número de muestras, en relación a la primera etapa, tratando de cubrir el área de aparente mayor contaminación, es

decir el espacio entre la Plaza Bolívar y el Parque Universitario, especialmente entre las intersecciones de la Av. Abancay con la Av. La Colmena y los Jr. Ucayali y Puno, donde se observó mayor congestión de peatones y de vehículos.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

En las tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos en las dos etapas del estudio.

Tabla N.º 1. Concentración de partículas de asbesto
setiembre de 1994

Lugar de muestreo	N.º part./campo	N.º part./litro	N.º muestras
Plaza Bolívar	0.025	< 1	1
Av. Abancay	0.03	<1	1
Minist. Educación	0.025	<1	1
Jr. Huallaga	0.010	<1	1

Tabla N.º 2. Concentración de partículas de asbesto
diciembre de 1995

Lugar de muestreo	Nº part./campo	Nº part./litro	Nº muestras
Plaza Bolívar	0.00	0.00	2
Abancay-Ucayali	0.02	< 1	2
Abancay-Colmena	0.025	< 1	2
Abancay-Puno	0.02	< 1	2

NORMAS DE REFERENCIA, REGLAMENTADAS A NIVEL INTERNACIONAL

Las normas existentes y conocidas están dirigidas al campo de la Higiene Industrial, es decir, para la exposición laboral, en lo relacionado a la contaminación ambiental aún no ha sido normado. Sin embargo, se han tomado como referencia las existentes en la bibliografía especializada, que son las siguientes:

C.E.E.1 fibra/ mL = 1 000 fibras/ litro

Inglaterra 0.5 fibras/ mL= 500 fibras/ litro

USA y Japón 2 fibras/ mL= 2 000 fibras/litro

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del muestreo demuestra que en las fechas en que se realizó el estudio no se detectó partículas de asbesto en la atmósfera de las avenidas estudiadas; por cuanto, la concentración de fibras de asbesto estaban por debajo de las normas tomadas como referencia, para este contaminante atmosférico.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

Las partículas en suspensión están representadas por todas aquellas partículas pequeñas (menores de 10 micrones de diámetro), que permanecen en suspensión en el aire por periodos variables de tiempo, presentando la posibilidad de ingreso fácil a los pulmones y generar diferentes efectos al organismo en función de su composición química.

A continuación se presentan los resultados del monitoreo de partículas en suspensión que se realizó en forma simultánea con el muestreo de asbesto.

Tabla N.º 3 Partículas en suspensión
Agosto – Setiembre de 1995

Lugar muestreo	N.º Muestras	Máximo	Mínimo	Promedio
Abancay - Ucayali	3	700	230	465 *
Abancay - Colmena	3	396	184	280 *
Abancay - Puno	3	286	164	225 *

* Microgramos por metro cúbico de aire

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la interpretación de los resultados, se consideró como norma de comparación el estándar de Oregon (Oregon State Board of Health), adoptada por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, y que establece para las áreas fuertemente industriales 250 ugr/ m³ de aire.

Comparando los resultados que se presentan, con el estándar tomado como referencia, se aprecia que las concentraciones promedio se encuentran muy próximas al valor fijado, lo cual indicaría que la contaminación por partículas en suspensión en la atmósfera de la Av. Abancay, en las intersecciones con los jirones Ucayali, Colmena y Puno, ha alcanzado las características de un problema serio.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en las dos etapas del estudio, demuestra que en la época del año en que se realizó el estudio, la concentración de fibra de asbesto estaba por debajo de las normas establecidas para este contaminante atmosférico.
2. La contaminación por partículas en suspensión en las zonas estudiadas, ha sido alta, lo cual posiblemente ha interferido en la identificación las fibras de asbesto durante el conteo debido al tamaño muy pequeño de la fibras de asbesto.
3. Los resultados obtenidos durante el estudio de contaminación atmosférica por asbesto en las avenidas de mayor congestión vehicular del centro de Lima, demuestra que la concentración de fibras de asbesto en el aire que respiran los trabajadores informales, no representa riesgo para su salud, en lo referente a los efectos graves del asbesto; sin embargo, ello no los exime de los efectos

de los agentes químicos, físicos y biológicos, que están presentes en el aire de la zona estudiada y que debe ser materia de estudios de investigación más amplio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Sandoval OTS - SCHER. «Control Panamericano de Ecología Humana y Salud»; *Salud de Trabajadores, Asbesto*, OPS, OMS, 1983.2. Peter G.A. *Soucebook on Asbestos Diseases Medical Legal and Ingeeneering Aspects*, New York, 1980.3. *Publicaciones de Seguridad e Higiene de la Asociación Internacional del Amianto*, AIA, 1982.4. DR. Robert H. Dreisbach. *Manual de Envenenamientos*, 3.a ed., Editorial «EL manual moderno», México, 1978, pp. 222-225.5. Ernest W. Baader. *Enfermedades Profesionales*.
- [2] E.R.Plunkett. *Manual de Toxicidad Industrial*, t.12.
- [3] A. Pedro Pons. *Patología y Clínicas Médicas - Enfermedades Profesionales*, t. VI Editorial Salvat.
- [4] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social- Oficina Internacional del Trabajo. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, edición a cargo del Dr. Luigi Parmeggiani; vol I, pp.282-294.
- [5] Rutherford T., Johnstone A.B., M.D. *Medicina del Trabajo e Higiene Industrial*, Editorial Nova, Buenos Aires, 1965, pp. 363-386.
- [6] Proyecto Regional (OIT/PNUD) RLA/71/251, Centro Interamericano de Administración del Trabajo, *Manual de Seguridad e Higiene Ocupacionales para la Inspección del Trabajo*, vol. II , pp. 385-388.
- [7] Environmental Health. *Criteria 3*, OMS, Génova, 1987.
- [8] Leite W. *Análisis de polución en el aire*. Editorial Science Publisher, USA, 1979.
- [9] El Peruano D.S. 074-2001. *Reglamento de Estándares nacionales de calidad ambiental del aire* 24 de junio del 2001.
- [10] Nakamura Kase, Paúl. *Medio ambiente*, Lima, 2002.
- [11] Villarán Souza, César. *Determinación gravimétrica de polvo atmosférico*, UNMSM, 1978.

ESTUDIO PRELIMINAR DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR ASBESTO EN EL CENTRO DE LIMA

Tomás Acero Rosales

Departamento Académico de Procesos, Facultad de Química e Ingeniería Química,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen: En el presente trabajo se determina la posible presencia de asbesto como contaminante atmosférico en una de las avenidas del Centro de Lima, con intenso tráfico de vehículos motorizados, que podría generar la presencia de partículas de asbesto provenientes del desgaste de las zapatas de frenos y que tendría efecto grave en las personas que permanecen gran parte del día por razones de trabajo y los que transitan por la avenida Abancay.

Palabras claves: Polución atmosférica, asbestosis, cáncer.

Abstracts: We had studied the pollution in downtown of Lima by asbest, particles and dust. The particles with asbest, are emitted to the atmosphere from brake of car. These particles have bad effect in the health of people (give asbestosis), who are working in downtown of Lima (Av. Abancay).

Key words: Air pollution, asbestosis, human carcinogens.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire forma parte de la vida moderna. Es la consecuencia de la manera como crecen nuestras ciudades, la población y es un residuo de los métodos como se producen nuestras mercancías.

La causa principal de la contaminación del aire es la combustión imperfecta de los combustibles. El hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de azufre y vapor de agua. Sin embargo, las impurezas del combustible, una incorrecta relación entre el combustible y el aire, o la temperatura de combustión demasiado alta o demasiado baja son causa de la formación de productos secundarios, tales como el monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, óxido de azufre, cenizas finas, hidrocarburos no quemados y material particulado de diversa naturaleza y origen, generado por las múl-

tiples actividades del hombre, que son movilizadas por los vehículos y personas que se mueven y la acción mecánica del viento.

LA MATERIA PARTICULADA O PARTICULAS

Partícula es un término que se emplea para describir las materias sólidas y líquidas dispersas y arrastradas por el aire, mayores que las moléculas individuales (las moléculas miden aproximadamente 0.0002 u de diámetro), pero menores de 500 u (1u = 1 micrón = 10^{-4} cm). Las partículas de este rango de tamaño tienen una vida media en suspensión que varía desde unos segundos hasta varios meses.

Las partículas menores de 0.1 u experimentan movimientos brownianos aleatorios resultantes de la colisión con las moléculas individuales del aire.

Las partículas entre 0.1 u y 1 u tienen velocidades de asentamiento en el aire estático que, aunque finitas, son pequeñas comparadas con las velocidades del viento. Las partículas mayores de 1 u tienen velocidades de asentamiento significativas, pero pequeñas.

Las partículas por encima de 20 u tienen grandes velocidades de sedimentación y se eliminan del aire por gravedad u otros procesos de inercia.

EFFECTOS DE LAS PARTÍCULAS EN LA ATMÓSFERA SOBRE LOS MATERIALES, LA VEGETACIÓN Y LOS ANIMALES

Las partículas arrastradas por el aire pueden ser en sí químicamente inertes o químicamente activas. Las partículas al adsorber de la atmósfera sustancias químicas o al reaccionar con éstas se transforman en partículas tóxicas.

Dependiendo de su composición química y estado físico, las partículas causan grandes daños a los materiales. Así por ejemplo las partículas ensucian la ropa, las cortinas con sólo asentarse sobre ellas. El costo de reposición y limpieza se estima en cientos de millones de soles anuales.

Lo que es más importante, las partículas pueden causar daños químicos directos, ya sea por corrosividad intrínseca o por la acción de sustancias químicas corrosivas adsorbidas o absorbidas por partículas inertes emitidas a la atmósfera.

En general, los metales pueden resistir la corrosión en el aire seco o aun en el aire limpio y húmedo. Sin embargo, las partículas hidrosópicas que se encuentran usualmente en la atmósfera pueden corroer las superficies metálicas, sin que esté presente contaminante alguno.

Poco es lo que se conoce de los efectos de las partículas en general, sobre la vegetación. No obstante, se ha observado que varias sustancias específicas causan algunos daños. Las partículas que contienen fluoruros causan daños a las plantas y el óxido de magnesio que cae sobre los terrenos agrícola-

las ha dado como resultado un insatisfactorio crecimiento de la planta.

La salud del animal es afectada cuando éste se alimenta de plantas cubiertas con partículas tóxicas. Dichas partículas pueden ser absorbidos por la planta o pueden permanecer como contaminantes sobre la superficie de las hojas y tallos de las plantas.

La fluorosis en los animales ha sido atribuida a la ingestión de vegetación cubierta con partículas que contengan fluoruro. El ganado vacuno o bovino que ha ingerido la vegetación sobre la que se ha asentado partículas que contienen arsénico han sido víctimas de envenenamiento por arsénico.

EFFECTOS DE LA PARTÍCULA EN EL AIRE Y SOBRE LA SALUD HUMANA

Las partículas solas o en combinación con otros contaminantes representan un peligro muy grave para la salud. Los contaminantes ingresan principalmente al cuerpo humano por las vías respiratorias. Los daños a los órganos respiratorios pueden presentarse directamente, ya que se ha estimado que más del 50% de las partículas entre 0.01 y 0.1 u que penetran las cavidades pulmonares se depositan allí.

El efecto tóxico de las partículas se debe a las siguientes causas:

1. La partícula puede ser intrínsecamente tóxica debido a sus características inherentes químicas y/o físicas.
2. La partícula puede interferir con uno o más de los mecanismos que despejan usualmente el aparato respiratorio.
3. La partícula puede actuar como portadora de una sustancia tóxica adsorbida.

Es extremadamente difícil obtener una relación directa entre la exposición a varias concentraciones de partículas y los efectos resultantes sobre la salud del hombre.

La extensión del tiempo de exposición es importante. Se ha observado en algunos casos, que la exposición a las partículas en combinación con otros contaminantes, como

el SO_2 , produce un mayor deterioro de la salud, que la exposición separada a cada contaminante. Además es difícil reproducir en el laboratorio las condiciones exactas que prevalecen en la atmósfera ambiental

Los datos estadísticos revelan una relación entre los aumentos de la concentración de partículas con el aumento en el número de visitas a la clínicas y hospitales debido a infecciones respiratorias, afecciones cardíacas, bronquitis, asma, pulmonía, enfisema y otras semejantes. Las defunciones de personas ancianas aquejadas de enfermedades respiratorias y afecciones cardíacas muestran también un aumento durante los períodos en que la concentración de las partículas es extremadamente alta durante varios días.

Un creciente volumen de evidencia indica que gran parte de las partículas en la atmósfera es de naturaleza carcinogénica, especialmente cuando se asocia con el tabaquismo y la exposición a polvo de asbesto.

EL ASBESTO CONTAMINANTE MORTAL

El asbesto mineral fibroso muy resistente a las altas temperaturas, a los ácidos, al desgaste, ha multiplicado su uso, teniendo más de 2000 aplicaciones en el mundo moderno.

En el Perú muchas empresas utilizan insumos de asbesto en la fabricación de planchas de fibrocemento, tanques para agua, tuberías para alta presión, forros de disco de embrague, zapatas para frenos industriales, forros de freno para vehículos, líquido de freno industrial y de vehículos motorizados, hilos, cordones, trajes de asbesto..., etc.

Las fibrillas que componen el asbesto son 2000 veces más finas que el cabello humano (0.00002 mm de espesor) lo que hace imperceptible su ingreso al sistema respiratorio, afectando seriamente a los pulmones y a la membrana que los cubre y protege (la pleura).

La exposición prolongada a cantidades significativa de asbesto, como en el caso de trabajadores de empresas que utilizan el asbesto, o las personas que permanecen por razones de su ocupación, muchas horas en am-

bientes contaminados. Como son las avenidas con gran congestión de tránsito en nuestra capital, donde los vehículos motorizados descargan a la atmósfera un sin número de contaminantes y entre ellos probablemente partículas de asbesto, proveniente del uso continuo de los frenos y embragues; pueden adquirir Asbestosis, la cual podría degenerar en un Mesotelioma, ambos procesos irreversibles y hasta mortales.

La asbestosis pertenece al grupo de dolencias conocidas como Neumoconiosis, enfermedades que se producen por la inhalación de polvos que producen trastornos del tejido pulmonar y de la pleura. La paulatina destrucción del tejido hábil para la oxigenación de la sangre va restringiendo, y finalmente destruye la capacidad respiratoria del hombre.

DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE LA PREVALENCIA DE ASBESTOSIS

De la información proporcionada por el Instituto de Salud Ocupacional, el 7% de los trabajadores que labora con asbesto, llega a adquirir cáncer a la pleura, este dato es suficientemente alarmante para que países como: Suecia y Dinamarca prohíban su utilización y obliguen el uso de sustitutos.

- El Instituto de Investigación de Enfermedades Profesionales Mineras – INVEPROMIL en 1991, encontró que 40 de los trabajadores expuestos a polvo de asbesto, tenían diferentes grados de asbestosis.
- En la fábrica Eternit S.A. – FAVESA, el trabajador Braulio Chacón, falleció de asbestosis el 20 de diciembre de 1990, quedando incapacitado seriamente su hermano.

RELACIÓN DE LA ASBESTOSIS CON LA DOSIS DE POLVO

En nuestro país, existen muy pocos datos sobre el muestreo de polvo que permita relacionar la prevalencia o incidencia de la asbestosis, de acuerdo a la concentración y el tiempo de exposición.

Una conclusión cauta de los estudios norteamericanos, es que con un nivel umbral de 100 millones de partículas por pie cúbico de aire por año, el riesgo de desarrollar asbestosis sería tan bajo como del 1%.

RELACIÓN DE LA ASBESTOSIS CON EL CÁNCER PULMONAR

El riesgo de desarrollar un cáncer bronquial en las personas que padecen asbestosis se ha comprobado, alrededor del 50% de ellas que fallecen a causa de una asbestosis presentan cáncer de pulmón en las autopsias.

CONSECUENCIAS POSIBLES PARA LAS PERSONAS EXPUESTAS A POLVO DE ASBESTO

Los principales riesgos para la salud de la personas expuestas a polvo de asbesto en suspensión en el aire son:

1. Asbestosis – Fibrosis (espesamiento y cicatrización) del tejido pulmonar.
2. Cáncer al pulmón – Carcinoma de los bronquios.
3. Mesotelioma – Cáncer de la pleura o del peritoneo.

La probable exposición a polvo de asbesto de las personas que permanecen muchas horas respirando aire supuestamente contaminado con partículas de asbesto, provenientes de la fricción de las zapatas de los frenos y de los forros de los discos de embrague de los vehículos motorizados, en las principales avenidas de Lima, donde la congestión del tránsito y el movimiento de las personas, genera durante las horas puntas altos niveles de contaminación ambiental; nos condujo a plantear la hipótesis siguiente:

«La posibilidad de que los vendedores informales de las principales avenidas de Lima, que permanecen gran parte del día, respirando aire contaminado, pueden adquirir alguna de las enfermedades antes mencionadas, debido a la contaminación por partículas de asbesto».

EVALUACIÓN DEL POLVO EN SUSPENSIÓN

La concentración de polvo, en suspensión en el aire de las principales avenidas de Lima, se realizó con arreglo a los procedimientos estandarizados, expresando los resultados en microgramos por metro cúbico de aire, usando la fórmula siguiente:

$$C = \frac{(M2 - M1) \times 1000}{V} = \text{mg/m}^3$$

Donde: M1 y M2 = Masa del filtro antes y después del muestreo

V = Volumen del aire muestreado

EVALUACIÓN DEL ASBESTO EN EL AIRE

El asbesto es un silicato de Fe y Mg, cuya característica física es el de fibra. Desde el punto de vista analítico, este debe conservar sus propiedades físicas para poder ser identificado, pues si se realizara un ataque químico del tipo destructivo, se determinaría su contenido de sílice, lo que puede dar lugar a confusión con otros silicatos de origen diferente, también presentes en el aire. Por ello, se ha considerado un método analítico no destructivo del contaminante (asbesto), ello fue posible usando la técnica del transparentado del filtro de membrana que se utilizó en la toma de muestras. Para lo cual se preparó una técnica química que permite evaluar la presencia de partículas de asbesto en el aire. Se utilizó filtros de tipo sintético, como son los de mezcla de fibras de celulosa.

FUNDAMENTO TÉCNICO DEL MÉTODO

El asbesto en el aire es captado o colectado sobre una membrana, la cual es una mezcla de ésteres de celulosa. Estos filtros son susceptibles a ser transparentados, cuando están sometidos a una corriente de vapor de acetona, la acetona químicamente destruye o ataca a la mezcla de ésteres, que finalmente son transportados cuando son sometidos a la acción de una pequeña cantidad de triacetina.

Para la ejecución del trabajo de transparentado se diseñó un sistema específico de trabajo, el mismo que fue montado para efectuar primero pruebas sobre filtros blancos como una forma de estandarizar la técnica, se controló la temperatura más adecuada de trabajo, tiempo de exposición del filtro al vapor de acetona ...etc. Posteriormente, se prepararon filtros de referencia, usando asbesto de zapatas de freno en cantidades muy pequeñas. Esto con la finalidad de cubrir la necesidad de identificar la forma como se presenta el asbesto procedente del tráfico vehicular.

El filtro así transparentado es fijado mediante triacetina y posteriormente con la ayuda de un microscopio de 400 a 500 aumentos, se determina el número de fibras de asbesto presentes en cada muestra.

EVALUACIÓN DE ASBESTO EN EL AIRE

Se empleó la relación siguiente:

$$C = \frac{nf}{ncf} \times \frac{1}{V} \times \frac{a}{a}$$

Donde C es fibras por mL, nf es el número total de fibras contadas, ncf es el número de campos contados, A es el área efectiva del filtro, a es el área de la superficie de conteo y V es el volumen de aire muestreado en litros.

CALIBRACIÓN DEL MUESTREADOR DE AIRE

Para la calibración del muestreador del aire se utilizó, un rotámetro previamente calibrado contra un Wet Test Meter, en el Instituto de Salud Ocupacional, el volumen promedio calculado fue de 1.4 l/min.

TOMA DE MUESTRAS

En la segunda etapa del estudio se programó tomar un mayor número de muestras, en relación a la primera etapa, tratando de cubrir el área de aparente mayor contaminación, es

decir el espacio entre la Plaza Bolívar y el Parque Universitario, especialmente entre las intersecciones de la Av. Abancay con la Av. La Colmena y los Jr. Ucayali y Puno, donde se observó mayor congestión de peatones y de vehículos.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

En las tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos en las dos etapas del estudio.

Tabla N.º 1. Concentración de partículas de asbesto
setiembre de 1994

Lugar de muestreo	N.º part./campo	N.º part./litro	N.º muestras
Plaza Bolívar	0.025	< 1	1
Av. Abancay	0.03	<1	1
Minist. Educación	0.025	<1	1
Jr. Huallaga	0.010	<1	1

Tabla N.º 2. Concentración de partículas de asbesto
diciembre de 1995

Lugar de muestreo	Nº part./campo	Nº part./litro	Nº muestras
Plaza Bolívar	0.00	0.00	2
Abancay-Ucayali	0.02	< 1	2
Abancay-Colmena	0.025	< 1	2
Abancay-Puno	0.02	< 1	2

NORMAS DE REFERENCIA, REGLAMENTADAS A NIVEL INTERNACIONAL

Las normas existentes y conocidas están dirigidas al campo de la Higiene Industrial, es decir, para la exposición laboral, en lo relacionado a la contaminación ambiental aún no ha sido normado. Sin embargo, se han tomado como referencia las existentes en la bibliografía especializada, que son las siguientes:

C.E.E.1 fibra/ mL = 1 000 fibras/ litro

Inglaterra 0.5 fibras/ mL= 500 fibras/ litro

USA y Japón 2 fibras/ mL= 2 000 fibras/litro

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del muestreo demuestra que en las fechas en que se realizó el estudio no se detectó partículas de asbesto en la atmósfera de las avenidas estudiadas; por cuanto, la concentración de fibras de asbesto estaban por debajo de las normas tomadas como referencia, para este contaminante atmosférico.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

Las partículas en suspensión están representadas por todas aquellas partículas pequeñas (menores de 10 micrones de diámetro), que permanecen en suspensión en el aire por periodos variables de tiempo, presentando la posibilidad de ingreso fácil a los pulmones y generar diferentes efectos al organismo en función de su composición química.

A continuación se presentan los resultados del monitoreo de partículas en suspensión que se realizó en forma simultánea con el muestreo de asbesto.

Tabla N.º 3 Partículas en suspensión
Agosto – Setiembre de 1995

Lugar muestreo	N.º Muestras	Máximo	Mínimo	Promedio
Abancay - Ucayali	3	700	230	465 *
Abancay - Colmena	3	396	184	280 *
Abancay - Puno	3	286	164	225 *

* Microgramos por metro cúbico de aire

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la interpretación de los resultados, se consideró como norma de comparación el estándar de Oregon (Oregon State Board of Health), adoptada por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, y que establece para las áreas fuertemente industriales 250 ugr/ m³ de aire.

Comparando los resultados que se presentan, con el estándar tomado como referencia, se aprecia que las concentraciones promedio se encuentran muy próximas al valor fijado, lo cual indicaría que la contaminación por partículas en suspensión en la atmósfera de la Av. Abancay, en las intersecciones con los jirones Ucayali, Colmena y Puno, ha alcanzado las características de un problema serio.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en las dos etapas del estudio, demuestra que en la época del año en que se realizó el estudio, la concentración de fibra de asbesto estaba por debajo de las normas establecidas para este contaminante atmosférico.
2. La contaminación por partículas en suspensión en las zonas estudiadas, ha sido alta, lo cual posiblemente ha interferido en la identificación las fibras de asbesto durante el conteo debido al tamaño muy pequeño de la fibras de asbesto.
3. Los resultados obtenidos durante el estudio de contaminación atmosférica por asbesto en las avenidas de mayor congestión vehicular del centro de Lima, demuestra que la concentración de fibras de asbesto en el aire que respiran los trabajadores informales, no representa riesgo para su salud, en lo referente a los efectos graves del asbesto; sin embargo, ello no los exime de los efectos

de los agentes químicos, físicos y biológicos, que están presentes en el aire de la zona estudiada y que debe ser materia de estudios de investigación más amplio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Sandoval OTS - SCHER. «Control Panamericano de Ecología Humana y Salud»; *Salud de Trabajadores, Asbesto*, OPS, OMS, 1983.2. Peter G.A. *Soucebook on Asbesto Diseases Medical Legal and Ingeneering Aspects*, New York, 1980.3. *Publicaciones de Seguridad e Higiene de la Asociación Internacional del Amianto*, AIA, 1982.4. DR. Robert H. Dreisbach. *Manual de Envenenamientos*, 3.a ed., Editorial «EL manual moderno», México, 1978, pp. 222-225.5. Ernest W. Baader. *Enfermedades Profesionales*.
- [2] E.R.Plunkett. *Manual de Toxicidad Industrial*, t.12.
- [3] A. Pedro Pons. *Patología y Clínicas Médicas - Enfermedades Profesionales*, t. VI Editorial Salvat.
- [4] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social- Oficina Internacional del Trabajo. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, edición a cargo del Dr. Luigi Parmeggiani; vol I, pp.282-294.
- [5] Rutherford T., Johnstone A.B., M.D. *Medicina del Trabajo e Higiene Industrial*, Editorial Nova, Buenos Aires, 1965, pp. 363-386.
- [6] Proyecto Regional (OIT/PNUD) RLA/71/251, Centro Interamericano de Administración del Trabajo, *Manual de Seguridad e Higiene Ocupacionales para la Inspección del Trabajo*, vol. II , pp. 385-388.
- [7] Environmental Health. *Criteria 3*, OMS, Génova, 1987.
- [8] Leite W. *Análisis de polución en el aire*. Editorial Science Publisher, USA, 1979.
- [9] El Peruano D.S. 074-2001. *Reglamento de Estándares nacionales de caldad ambiental del aire* 24 de junio del 2001.
- [10] Nakamura Kase, Paúl. *Medio ambiente*, Lima, 2002.
- [11] Villarán Souza, César. *Determinación gravimétrica de polvo atmosférico*, UNMSM, 1978.