

## CARACTERISTICAS DE LA SILICOSIS EN LAS MINAS DEL PERU \*

### *Estudio epidemiológico preliminar*

CÉSAR E. CARLÍN

Instituto de Salud Ocupacional, Lima, Perú

### INTRODUCCION

La exposición de los trabajadores de minas en sus ocupaciones al polvo que contiene silice libre, ha constituido siempre un peligro para su salud. Si se recuerda que la silice es uno de los componentes de la corteza terrestre, lógico es deducir que en toda actividad extractiva de minerales, si no se toman medidas de prevención, existirá un mayor o menor riesgo de contraer la enfermedad llamada silicosis.

La utilización del método epidemiológico en Salud Ocupacional ofrece ventajas, porque favorece el conocimiento de las causas de las enfermedades ocupacionales y permite la dilucidación del rol que incumbe a cada uno de los factores que intervienen en el proceso de la alteración de salud, cuales son: el agente causal, el individuo afecto o huésped y el ambiente; permitiendo formular las medidas de prevención más adecuadas para la solución de los problemas.

Este método que consiste en relacionar los diversos factores y condiciones que determinan la frecuencia y distribución de un proceso infeccioso, una enfermedad o un estado fisiológico de una colectividad —DENSEN (1956)— es muy antiguo y ha sido por mucho tiempo exclusivamente empleado para el estudio y control de las enfermedades transmisibles.

Desde hace una década, el Instituto de Salud Ocupacional práctica este método, efectuando rutinariamente para el conocimiento de las

---

\* Trabajo presentado al Primer Seminario Nacional de Salud Ocupacional, realizado en Lima, Perú, del 13 al 18 de enero de 1958.

causas de las enfermedades ocupacionales de los trabajadores y las condiciones en las cuales éstas se producen, estudios evaluativos de salud ocupacional con el objeto de descubrir las relaciones que existen entre los diversos factores que intervienen en la pérdida de la salud localizando los lugares de riesgo en una industria o una determinada ocupación.

La oportunidad de contar en los archivos del Instituto con datos cuidadosamente obtenidos durante esta actividad, por personal especializado que dispone de las facilidades de equipo y materiales para realizar su trabajo, me ha inducido a presentar esta contribución que pueda servir a otros profesionales que trabajan en este campo, para comparar sus propias experiencias.

Presento estas observaciones de casos de silicosis, descubiertos en trabajadores mineros, supuestos sanos que estaban en actividad en el momento que se realizó el examen médico, relacionándolos con los factores del ambiente y del agente causal existentes que han condicionado su prevalencia y distribución. Los datos que analizamos en este trabajo, pertenecen al Instituto y constituyen parte de la información global obtenida por sus profesionales y técnicos.

#### MATERIAL Y METODOS

El estudio que se expone representa el análisis de la información tanto ambiental como médica, obtenida con relación a silicosis, durante el estudio de 22 centros mineros, de los cuales 11 están ubicados en la región central, siete en la región norte y cuatro en la región sur del Perú. En estas actividades mineras se benefician principalmente los siguientes minerales: cobre, plomo, plata, zinc, oro, carbón bituminoso, tungsteno, hierro y vanadio.

Los datos médicos se han obtenido realizando exámenes clínicos completos en los trabajadores tanto de subsuelo como de superficie, de acuerdo con prácticas bien establecidas, empleando además para el diagnóstico de silicosis, radiografías pulmonares en films de 14×17 pulgadas y una serie rutinaria de exámenes de laboratorio clínico en muestras de sangre, orina, esputo y otros exámenes especiales como capacidad vital, reacción de Mantoux para hacer diagnósticos diferenciales.

Los datos de ingeniería, se obtuvieron muestreando sistemáticamente todos los sitios de trabajo y ocupaciones de la industria en número y lugares suficientes, para asegurar la condición necesaria que debe tener la muestra, de ser representativa del ambiente de trabajo. Para el

muestreo, los profesionales utilizaron un recolector de muestras por impacto, el Midget Impinger.

Esta evaluación concluye unas veces en el mismo lugar de trabajo de la industria y en otras en el laboratorio químico de Lima, resultados que posteriormente son clasificados en la Unidad de Estadística.

Para la determinación del contenido de sílice libre del polvo ambiental, los análisis se efectuaron en la muestra proveniente de la roca de caja, del mineral de veta y polvo asentado; habiéndose seguido para los dos primeros casos, el siguiente procedimiento: molido, cuarteado de la muestra y tamizado a través de una malla de 200 por pulgada, de donde se separa la cantidad necesaria para el análisis químico\*. Sin embargo, el análisis realizado en estos tipos de muestras, no representaría con exactitud el contenido de sílice libre del polvo suspendido en el ambiente industrial (GASTAÑAGA, 1957) porque en determinaciones realizadas en el Instituto en muestras recolectadas usando el papel de filtro "Millipore" y sometidas al análisis petrográfico para el conocimiento de su contenido de sílice libre, se está notando, como se observa también en otros lugares, cierta tendencia a encontrar valores más bajos de  $\text{SiO}_2$  que los hallados al efectuar el análisis en las condiciones anteriores.

Para determinar la concentración de polvo en el ambiente, que se expresa en millones de partículas por pie cúbico de aire (m.p.p.p.c.a.), la muestra es tomada a nivel de la zona de respiración de los trabajadores, en diversas horas del día y considerando tanto los lugares de trabajo como las diversas ocupaciones de la industria. Estas muestras generalmente requieren un tiempo de muestreo que varía de 10 a 15 minutos.

Se prepara la muestra para el microscopio tomándola del líquido del aparato en que se recolectó por impactación y se procede a su cuenta utilizando generalmente la celda Dunn.

En la medición del tamaño de las partículas, se prepara la muestra tomándola del líquido contenido en el Midget Impinger y puesta en una lámina de microscopio se observa usando el objetivo 97-X y el micrómetro filar adaptado al ocular.

---

\* Esta técnica ha sido establecida hace ya varios años en el Instituto de Salud Ocupacional del Perú por A. S. LANDRY, teniendo como base la de TALVITIE (1951).

## RESULTADOS

Se presenta más adelante un breve resumen de: a) las condiciones ambientales; b) los caracteres del agente causal, analizando 240 muestras de roca de caja, mineral de veta y polvo asentado para conocer el contenido de sílice libre en el polvo ambiental; 4,661 cuentas de partículas para conocer la concentración de polvo en los ambientes de trabajo; 46,100 mediciones de tamaño de partículas de polvo en micrones para conocer su grado de respirabilidad; y c) observaciones sobre los trabajadores enfermos de un total de 11,684 examinados que trabajaban tanto en subsuelo como en superficie.

a) *Condiciones ambientales.*

El tiempo de existencia de un centro minero varía con la cantidad de mineral existente y la demanda en el mercado del mineral que se explota; si ésta es grande, puede agotar las existencias en plazo menor a lo previsto para un ritmo de producción normal. Por regla general entre nosotros y para el tipo de minas estudiadas este tiempo no es menor de 30 años.

El inicio de actividades mineras en una región crea, alrededor de la industria, un núcleo vecino de población integrado por el trabajador y sus familiares. El minero habita en casas proporcionadas por la Compañía (Campamentos), generalmente el número de estas unidades es limitado y las comodidades que brinda la vivienda, son restringidas; las condiciones de saneamiento existentes en los lugares donde residen los mineros son deficientes, existiendo con frecuencia desagües de tipo abierto y consumo de agua no tratada. Las facilidades de recreación disponibles para la colectividad son limitadas, no existen en todos los centros de trabajo.

Es costumbre de vida del trabajador minero efectuar cortas y temporales migraciones, ausentándose de su trabajo.

Alrededor de los lugares donde están ubicados los centros mineros y distante en decenas de kilómetros, se establecen grupos pequeños de población andina, formando villorrios constituidos por familiares lejanos de los trabajadores y donde éstos pasan temporadas, dedicados a actividades agrícolas de siembra y cosecha de productos alimenticios. Esta costumbre hace que la exposición de gran número de estos trabajadores al polvo del ambiente en sus ocupaciones no sea continuada.

En estos lugares son frecuentes temperaturas entre 0 y 10 grados centígrados y la humedad relativa fluctúa entre 50 y 80 por ciento ge-

neralmente. Existen con frecuencia, diferencias de temperaturas entre el subsuelo y la superficie, siendo más alta la temperatura del subsuelo. Se ha encontrado como máximo de estas diferencias 15 grados centígrados.

Del total de 22 centros mineros estudiados, seis de ellos están situados en regiones de altura menores de 3,000 metros sobre el nivel del mar, estando los 16 restantes, sobre los 3,000 metros.

En la nutrición de los trabajadores, predominan los alimentos hidrocabonados. Generalmente la dieta de acuerdo con los datos obtenidos por las actividades de Antropología Social que lleva a cabo el Instituto, tiene bajo contenido de proteínas, minerales esenciales y vitaminas.

La jornada de trabajo por ley es de ocho horas al día, sin embargo un alto porcentaje de trabajadores laboran hasta 12 horas compensando un salario exiguo.

Es costumbre entre los mineros iniciar la perforación en seco y con excepción de las empresas que para este trabajo tienen asegurado un suministro constante de agua, se emplea este elemento en forma intermitente. Los equipos de protección respiratoria e implementos de seguridad indispensables para el trabajo, no se facilitan en número suficiente a los trabajadores. Predomina la ventilación natural en las minas; donde existen ventilación mecánica, ella en muchos casos no está convenientemente distribuida.

Se ha notado al analizar el dato correspondiente a instrucción de los examinados, que ésta guarda relación inversa con la edad, de lo que se infiere que los hijos de los trabajadores disponen de mayores facilidades de instrucción que tuvieron sus progenitores. El porcentaje general de analfabetismo que se ha encontrado en este grupo es de 22.8 por ciento, correspondiendo a los silicosos un porcentaje mayor (de 37.1%).

#### b) *Caracteres del Agente Causal.*

Se presenta el Cuadro I que muestra la cantidad de sílice libre en el polvo ambiental de los 22 centros mineros. El mayor número de estos análisis están basados en muestras de roca de caja y mineral de veta. En la columna número 1 de este cuadro se han consignado las minas identificadas numéricamente en orden correlativo. En la segunda columna, se ha considerado el número de muestras tomadas en cada centro minero, en la tercera se muestra el rango de valores entre los

CUADRO 1.—*Contenido de sílice libre en muestras de roca de caja, mineral de veta y polvo asentado en 22 centros mineros.*

| 22 Minas numeradas | 240 Muestras | Rango en % de SiO <sub>2</sub> | Promedio aritmético en % de SiO <sub>2</sub> |
|--------------------|--------------|--------------------------------|--|
| 1                  | 10           | 9.6 — 34.2                     | 19.6   |
| 2                  | 5            | 2.8 — 30.5                     | 20.6   |
| 3                  | 15           | 0.1 — 44.7                     | 12.2   |
| 4                  | 22           | 5.2 — 32.1                     | 20.8   |
| 5                  | 11           | 5.7 — 46.8                     | 22.4   |
| 6                  | 4            | 6.8 — 35.4                     | 24.6   |
| 7                  | 6            | 15.3 — 67.0                    | 38.9   |
| 8                  | 12           | 4.5 — 33.0                     | 14.5   |
| 9                  | 14           | 16.5 — 41.0                    | 27.3   |
| 10                 | 11           | 8.6 — 57.3                     | 31.6   |
| 11                 | 12           | 2.6 — 54.0                     | 25.1   |
| 12                 | 10           | 0.5 — 39.4                     | 16.8   |
| 13                 | 8            | 8.6 — 38.3                     | 27.7   |
| 14                 | 7            | 11.3 — 25.6                    | 17.7   |
| 15                 | 8            | 0.0 — 6.3                      | 3.1  |
| 16                 | 11           | 14.8 — 35.0                    | 27.7   |
| 17                 | 10           | 0.01 — 1.9                     | 0.6  |
| 18                 | 17           | 23.8 — 69.5                    | 47.7   |
| 19                 | 7            | 43.0 — 68.7                    | 55.2   |
| 20                 | 15           | 27.5 — 94.8                    | 65.6   |
| 21                 | 12           | 16.2 — 39.7                    | 29.0   |
| 22                 | 13           | 6.0 — 51.3                     | 28.7   |

CUADRO II.—Concentraciones de polvo ambiental, expresadas en millones de partículas por pie cúbico de aire en 22 centros mineros.

| 22 Minas numeradas | 4,661 Muestras | Rango de promedios geométricos en m.p.p.p.c.a. * | Promedio Geométrico en % de SiO <sub>2</sub> |
|--------------------|----------------|--|--|
| 1                  | 332            | 3.0 — 97.0                                       | 10.0   |
| 2                  | 271            | 2.0 — 28.0                                       | 7.5  |
| 3                  | 475            | 2.0 — 187.0                                      | 28.5   |
| 4                  | 207            | 0.6 — 23.8                                       | 2.8  |
| 5                  | 134            | 0.5 — 19.1                                       | 7.2  |
| 6                  | 191            | 2.0 — 177.0                                      | 12.5   |
| 7                  | 55             | 1.7 — 73.2                                       | 8.5  |
| 8                  | 433            | 1.1 — 58.3                                       | 10.0   |
| 9                  | 333            | 0.9 — 155.2                                      | 5.5  |
| 10                 | 236            | 0.5 — 64.8                                       | 2.3  |
| 11                 | 249            | 1.7 — 16.6                                       | 8.0  |
| 12                 | 138            | 0.2 — 20.2                                       | 2.2  |
| 13                 | 104            | 0.6 — 4.5  | 1.7  |
| 14                 | 58             | 0.1 — 59.6                                       | 0.9  |
| 15                 | 155            | 0.7 — 88.1                                       | 3.1  |
| 16                 | 145            | 0.8 — 7.2  | 4.2  |
| 17                 | 103            | 1.3 — 127.7                                      | 23.0   |
| 18                 | 191            | 0.5 — 9.9  | 4.0  |
| 19                 | 116            | 0.8 — 30.8                                       | 4.5  |
| 20                 | 280            | 1.8 — 36.5                                       | 5.0  |
| 21                 | 205            | 2.0 — 17.8                                       | 5.0  |
| 22                 | 250            | 0.3 — 8.1  | 1.3  |

\* Millones de partículas por pie cúbico de aire.

que fluctuaron los resultados y en la última, el promedio aritmético único del contenido de sílice libre encontrado para cada una de estas minas. Como se notará, estos promedios han variado entre un mínimo de 0.6 y un máximo de 65.6 por ciento.

El Cuadro II muestra los resultados de las concentraciones de polvo en el ambiente de las industrias, considerando los lugares de trabajo y las ocupaciones. El mayor número de muestras corresponde a ocupaciones de subsuelo, donde está el mayor porcentaje de trabajadores, siendo el riesgo mayor por ser el ambiente ocupacional más polvoriento. En este cuadro, el rango de las concentraciones de polvo, se ha consignado en base de promedios geométricos encontrados para las diversas ocupaciones y lugares de trabajo, habiéndose calculado el promedio geométrico único a partir de los promedios geométricos anteriormente mencionados.

Para conocer el tamaño de las partículas de polvo, se efectuaron 46,100 mediciones. Se encontró que en 11 centros mineros, todas las partículas median menos de tres micras y en los restantes más del 86 por ciento de todas las partículas median igualmente menos de tres micras; es decir pues, eran respirables y potencialmente dañinas para el organismo.

c) *Observaciones relacionadas con el estado de salud del huésped.*

De los examinados en estos 22 centros mineros, personas que en su mayoría son de raza indígena y mestiza, el 11 por ciento corresponde al grupo de edad inferior a los 20 años; el 75 por ciento, al grupo de edad 20-39 años, y el 14 por ciento restante al grupo de edad de 40 años y más.

De 11,612 trabajadores, 10,883 (93.7%) habían trabajado menos de 15 años y 7,306 (62.9%) menos de cinco años.

Los datos ambientales ya mencionados, los relativos al agente causal y los correspondientes al huésped, se han relacionado con la prevalencia de silicosis.

Como se observa en los Cuadros III, IV y V, se han clasificado los 22 centros mineros en tres grupos, de acuerdo con los contenidos de sílice libre en el polvo ambiental: a) minas con contenido de sílice libre menor de cinco por ciento; b) minas con sílice libre entre cinco y 49.9 por ciento; y c) minas con más de 50 por ciento de sílice libre.



CUADRO III.—Silicosis hallada en 2 minas con menos de 5 por ciento de SiO<sub>2</sub> en 24 muestras de mineral

| Media Geo-<br>métrica de                              | Tiempo de<br>exposición   | Total de examinados           |                              | Total                   |                         | SILICOSIS               |                          |                         |                         |
|---|---|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|   |   | Nº                            | %                            | Nº                      | Tasa por<br>mil         | Estadios de evolución   |                          |                         |                         |
|   |   |                               |                              |                         |                         | SI                      | SII                      | SIII                    | ST                      |
| 258 mues-<br>tras de pol-<br>vo.—6.9 m.<br>p.p.p.c.a. | Total<br>Menos de 5<br>años<br>5 a 14 años<br>15 a más<br>años<br>Promedios | 937<br>818<br>97<br>22<br>3.8 | 100.0<br>83.3<br>10.4<br>2.3 | 5<br>2<br>3<br>—<br>7.7 | 5.3<br>2.4<br>30.9<br>— | 1<br>1<br>—<br>—<br>3.0 | 2<br>—<br>2<br>—<br>12.5 | 1<br>—<br>1<br>—<br>7.5 | 1<br>1<br>—<br>—<br>3.0 |

Clave de las abreviaturas usadas:

m.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.

SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.

ST: Casos de silico-tuberculosis.

CUADRO IV.—Silicosis hallada en 18 minas con un porcentaje de SiO<sub>2</sub> entre 5 y 49.9 por ciento en 200 muestras de mineral.

| Media Geométrica de    | Tiempo de exposición | Total de examinados |                        | SILICOSIS             |      |      |      |      |
|------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|------|------|------|------|
|                        |                      | Total               |                        | Estadios de evolución |      |      |      |      |
|                        |                      | Nº                  | %                      | Nº                    | SI   | SII  | SIII | ST   |
| 4,007 muestras de pol- | Total                | 9,391               | 100.0                  | 413                   | 243  | 90   | 37   | 43   |
| vos de 6.5 m.          | Menos de 5 años      | 5,621               | 59.9                   | 65                    | 41   | 15   | 1    | 8    |
|                        | 5 a 14 años          | 3,126               | 33.3                   | 255                   | 150  | 57   | 26   | 22   |
|                        | 15 a más años        | 644                 | 6.8                    | 93                    | 51   | 18   | 10   | 13   |
| p.p.p.c.a.             | Promedios            |                     | 6.2 años de exposición |                       | 11.0 | 10.3 | 13.0 | 12.3 |
|                        |                      |                     |                        |                       | 11.1 |      |      |      |

Clave de las abreviaturas usadas:

m.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.

SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.

ST: Casos de sílico-tuberculosis.

CUADRO V.—Silicosis hallada en 2 minas con más de 50 por ciento de SiO<sub>2</sub> en 22 muestras de mineral

| Media Geométrica de              | Tiempo de exposición | Total de examinados    |       | Total |              | SILICOSIS             |     |      |     |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|-------|-------|--------------|-----------------------|-----|------|-----|
|                                  |                      | Nº                     | %     | Nº    | Tasa por mil | Estadios de evolución |     |      |     |
|                                  |                      |                        |       |       |              | SI                    | SII | SIII | ST  |
| 396 muestras de polvos de polvo. | Total                | 1,284                  | 100.0 | 48    | 37.4         | 26                    | 14  | 2    | 6   |
|                                  | menos de 5 años      | 880                    | 68.5  | 27    | 30.7         | 15                    | 8   | 2    | 2   |
|                                  | 5 a 14 años          | 352                    | 27.4  | 17    | 48.3         | 9                     | 5   | —    | 3   |
|                                  | 15 a más años        | 52                     | 4.1   | 4     | 76.9         | 2                     | 1   | —    | 1   |
| p.p.p.c.a.                       | Promedios            | 5.3 años de exposición |       | 7.0   |              | 7.2                   | 7.1 | 3.0  | 7.7 |

Clave de las abreviaturas usadas:

m.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.

SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.

ST: Casos de silico-tuberculosis.

CUADRO V.—Silicosis hallada en 2 minas con más de 50 por ciento de SiO<sub>2</sub> en 22 muestras de mineral

| Media Geométrica de              | Tiempo de exposición | Total de examinados    |       | Total |              | SILICOSIS             |     |      |     |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|-------|-------|--------------|-----------------------|-----|------|-----|
|                                  |                      | Nº                     | %     | Nº    | Tasa por mil | Estadios de evolución |     |      |     |
|                                  |                      |                        |       |       |              | SI                    | SII | SIII | ST  |
| 396 muestras de polvos de polvo. | Total                | 1,284                  | 100.0 | 48    | 37.4         | 26                    | 14  | 2    | 6   |
|                                  | menos de 5 años      | 880                    | 68.5  | 27    | 30.7         | 15                    | 8   | 2    | 2   |
|                                  | 5 a 14 años          | 352                    | 27.4  | 17    | 48.3         | 9                     | 5   | —    | 3   |
|                                  | 15 a más años        | 52                     | 4.1   | 4     | 76.9         | 2                     | 1   | —    | 1   |
| p.p.p.c.a.                       | Promedios            | 5.3 años de exposición |       | 7.0   |              | 7.2                   | 7.1 | 3.0  | 7.7 |

Clave de las abreviaturas usadas:

m.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.

SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.

ST: Casos de silico-tuberculosis.

Partiendo de esta clasificación, se ha encontrado el promedio geométrico único de las concentraciones de polvo en m.p.p.p.c.a. (millones de partículas por pie cúbico de aire) correspondiente a las minas consideradas en cada grupo y se ha buscado el índice de prevalencia de silicosis que ha correspondido a los trabajadores, con relación a los años de exposición total en este ambiente de trabajo.

Resulta evidente que si la enfermedad dependiese únicamente del contenido de sílice libre del polvo ambiental, en este primer caso del Cuadro III y de acuerdo a la literatura no podemos esperar que la enfermedad se produzca; sin embargo, y confirmando el rol que juegan también otros caracteres del agente causal y los factores ambientales y del individuo, hemos obtenido las siguientes prevalencias de enfermedad: 2.4 por mil para minas con una concentración de polvo en el ambiente de 6.9 m.p.p.p.c.a., en trabajadores con un tiempo menor de cinco años de trabajo; y 30.9 por mil para los trabajadores comprendidos en el grupo de 5-14 años de trabajo.

Para las minas con contenido de sílice libre comprendido dentro del grupo de 5-49.9 por ciento, se ha encontrado que para un promedio geométrico único de concentración de polvo de 6.5 m.p.p.p.c.a. ha correspondido una prevalencia de enfermedad de 11.6 por mil para trabajadores con menos de cinco años de labor; para los que tienen cinco a 14 años de trabajo, se ha encontrado una prevalencia de enfermedad de 81.6 por mil y para más de 15 años, una prevalencia de silicosis de 144.4 por mil.

Como se notará, la diferencia entre los Cuadros III y IV, la constituye principalmente la mayor proporción de sílice libre en el polvo ambiental; y los índices de prevalencia de silicosis encontrados para los distintos grupos de años de exposición demuestran que los mismos guardan relación directa con este factor.

En el Cuadro V se muestra la tasa de silicosis por mil encontrada para minas con alto contenido de sílice libre en el polvo ambiental, mayor de 50 por ciento. En este caso para un promedio geométrico de 4.8 m.p.p.p.c.a., que es el menor considerado para los dos cuadros ya expuestos, se ha obtenido porcentajes mayores de enfermedad de 30.7; 48.3 y 76.9 por mil para los grupos de trabajadores con menos de cinco años de labor; 5-14.9 y más de 15 años de trabajo respectivamente. Sin embargo, para los grupos de trabajadores comprendidos en el grupo de 5-14.9 años de labor y más de 15 años de trabajo en ocupaciones polvorientas, la tasa por mil encontrada no ha seguido en

la misma proporción directa, por causas que, entre otras, creemos sean las siguientes: la enfermedad obliga a muchos de ellos a abandonar sus trabajos; otras veces, por aumentar la posibilidad de ser despedidos por la misma causa de la enfermedad y como es lógico suponer, también, por presentar menor expectativa de vida, se reducen las tasas de enfermedad para estos grupos de la clasificación de alto contenido de sílice y número grande de años de exposición, ante la permanencia de los sanos que al seguir laborando, bajan aparentemente la tasa de enfermedad.

En los Cuadros VI, VII y VIII, presentamos los hallazgos de enfermedad silicosa en base de la clasificación de minas por grupos de concentraciones de polvo en m.p.p.p.c.a., en: a) minas que tienen concentraciones menores de 5.0 m.p.p.p.c.a., b) minas comprendidas en el grupo 5-19.9 m.p.p.p.c.a., y c) minas con más de 20.0 m.p.p.p.c.a.

Partiendo de esta clasificación se ha encontrado el promedio aritmético único de contenido de sílice libre en el polvo ambiental de las minas de estos grupos y se ha determinado los índices de prevalencia de enfermedad de los trabajadores, con relación a tres diferentes grupos de años de exposición en este tipo de actividades.

Al comparar los Cuadros III y VI, se observa nuevamente la relación directa que existe entre la enfermedad y los diversos factores que condicionan la frecuencia y distribución. Aquí también observamos que en las minas con menores concentraciones de polvo de 5.0 m.p.p.p.c.a. en el ambiente, para un promedio aritmético de 27.7 por ciento de sílice libre hallado para las minas de esta clasificación, se han obtenido porcentajes de silicosis crecientes de 9.3; 61.5 y 129.7 por mil para trabajadores con menos de cinco años de trabajo, para los trabajadores comprendidos en el grupo de 5-14.9 años y para los de más de 15 años, respectivamente. Estas resultan ser tasas mayores que las expuestas en el Cuadro III, como correspondía esperar. En el Cuadro VII, se nota igual tendencia de relación directa que hemos ya notado en los anteriores cuadros.

En las minas con concentraciones de polvo en el ambiente entre 5-19.9 m.p.p.p.c.a. y con un contenido de sílice libre promedio de 28.8 por ciento, ha correspondido a sus trabajadores tasas de silicosis de 18.3; 98.2 y 154.9 por mil, respectivamente, para los obreros comprendidos en los grupos de exposición menor de cinco años, 5-14.9 y con más de 15.0 años de trabajo minero.

CUADRO VI. —Silicosis hallada en 10 minas con una media geométrica menor de 5 m.p.p.c.a. determinada a base de 1,600 m uestras de polvo.

| 27.7% de<br>SiO <sub>2</sub> en<br>114 mues-<br>tras de mi-<br>neral. | Tiempo de<br>exposición | Total de examinados |                           | SILICOSIS |                 |                       |      |      |      |
|---|-------------------------|---------------------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------------------|------|------|------|
|   |                         | Nº                  | %                         | Total     |                 | Estadíos de evolución |      |      |      |
|   |                         |                     |                           | Nº        | Tasa por<br>mil | SI                    | SII  | SIII | ST   |
|   | Total                   | 4,902               | 100.0                     | 166       | 33.9            | 88                    | 46   | 20   | 12   |
|   | Menos de 5<br>años      | 3,008               | 61.4                      | 28        | 9.3             | 18                    | 7    | 1    | 2    |
|   | 5 a 14 años             | 1,578               | 32.2                      | 97        | 61.5            | 48                    | 29   | 15   | 5    |
|   | 5 a más<br>años         | 316                 | 6.4                       | 41.       | 129.7           | 22                    | 10   | 4    | 5    |
|   | Promedios               |                     | 6.0<br>años de exposición |           | 11.0            | 10.9                  | 10.7 | 11.3 | 12.2 |

Clave de las abreviaturas usadas:

m.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.

SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.

ST: Casos de sílico-tuberculosis.

CUADRO VII.—Silicosis hallada en 10 minas con una media geométrica entre 5 y 19.9 m.p.p.p.c.a. determinada a base de 2,483 muestras de polvo.

| 28.8% de SiO <sub>2</sub> en 101 muestras de minas de mineral. | Tiempo de exposición   | Total de examinados |     | Total |              | SILICOSIS             |      |      |    |
|--|------------------------|---------------------|-----|-------|--------------|-----------------------|------|------|----|
|  |                        | Nº                  | %   | Nº    | Tasa por mil | Estadios de evolución |      |      |    |
|  |                        |                     |     |       |              | SI                    | SII  | SIII | ST |
| Total  | 5,347                  | 100.0               | 266 | 49.7  | 165          | 52                    | 18   | 31   |    |
| Menos de 5 años  | 3,444                  | 64.4                | 63  | 18.3  | 37           | 16                    | 2    | 8    |    |
| 5 a 14 años  | 1,619                  | 30.3                | 159 | 98.2  | 103          | 28                    | 10   | 18   |    |
| 15 a más años  | 284                    | 5.3                 | 44  | 154.9 | 25           | 8                     | 6    | 5    |    |
| Promedios  | 5.7 años de exposición |                     | 9.8 |       | 10.0         | 8.5                   | 14.4 | 9.9  |    |

Clave de las abreviaturas usadas:

- m.p.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.
- SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente
- ST: Casos de sílico-tuberculosis.



CUADRO VIII.—Silicosis hallada en 2 minas con una media geométrica mayor de 20 m.p.p.p.c.a. determinada a base de 578 muestras de polvo.

| 6.7 % de SiO <sub>2</sub> en 31 muestras de minas de 15 a más años. | Tiempo de exposición   | Total de examinados |       | Total |              | Estadios de evolución |      |      |    |
|---|------------------------|---------------------|-------|-------|--------------|-----------------------|------|------|----|
|   |                        | Nº                  | %     | Nº    | Tasa por mil | SI                    | SII  | SIII | ST |
|   |                        | Total               | 1,363 | 100.0 | 34           | 24.9                  | 17   | 8    | 2  |
| Menos de 5 años   | 867                    | 63.6                | 3     | 3.5   | 2            | —                     | —    | 1    |    |
| 5 a 14 años   | 378                    | 27.7                | 19    | 50.3  | 8            | 7                     | 2    | 2    |    |
| 15 a más años   | 118                    | 8.7                 | 12    | 101.7 | 7            | 1                     | —    | 4    |    |
| Promedios   | 6.1 años de exposición |                     |       | 14.4  | 14.0         | 13.8                  | 10.0 | 17.6 |    |

Clave de las abreviaturas usadas:

m.p.p.p.c.a.: Millones de partículas por pie cúbico de aire.  
 SI, SII y SIII: Casos de silicosis en el primer, segundo y tercer estadio, respectivamente.  
 ST: Casos de sílico-tuberculosis.

Comparando los Cuadros IV y VII, se aprecia que los índices de silicosis encontrados guardan relación directa con los contenidos de sílice libre y las concentraciones del polvo ambiental que han originado esta prevalencia. Los valores expuestos en estos cuadros reflejarían con mayor aproximación los índices de prevalencia de silicosis en el Perú para valores iguales de agentes causales, como los considerados en estos cuadros, y representarían efectos de situaciones que han existido por lo menos una década atrás del presente estudio.

Del mismo modo que el Cuadro V, el VIII también demuestra que los índices de enfermedad guardan relación directa con la severidad de las causas.

El Cuadro IX presenta la relación existente entre el tiempo de trabajo minero y la silicosis en los 22 centros mineros. Como puede observarse, de los 11,612 examinados, 9,746 (83.9%) habían trabajado menos de 10 años y 7,306 (62.9%) menos de cinco años. De los que habían trabajado menos de cinco años, 7,212 (98.7%) no presentaban silicosis y 94 (1.3%) estaban enfermos.

Así mismo, en el grupo de 5-9 años de trabajo de 2,440 examinados, 2,288 (93.8%) no presentaban la enfermedad, y 152 (6.2%) estaban con silicosis. En general se observa una relación directa entre estos dos datos que analizamos, hasta 15 años de trabajo, donde la proporción creciente de silicosos se interrumpe por las causas ya señaladas anteriormente.

De los 94 enfermos (1.3%), del total de 7,306 examinados del grupo con menos de cinco años de trabajo, se ha encontrado un caso de silicosis de primer grado con el tiempo de exposición excepcionalmente corto de siete meses 18 días, tiempo de trabajo verificado por el Médico de la Empresa, la Oficina de Empleados y el suscrito en forma separada, quienes no conocían el motivo de la solicitud en relación con este trabajador, de 20 años de edad, perteneciendo a una mina de oro. (Fig. 1).

Así mismo, se ha encontrado dos casos más de enfermedad en hermanos, que tenían 20 y 28 años de edad y con 13 y 16 meses de trabajo respectivamente, que trabajaban en el mismo centro minero, en el cual el contenido de sílice libre en el polvo ambiental era mayor de 50 por ciento. Estos dos hermanos presentaban en la imagen radiográfica nodulación fina y difusa en ambos campos pulmonares, característica de silicosis inicial (Figs. 2 y 3). Casos como estos nos recuerdan que al lado de los factores ambientales y del agente causal, el factor individual

CUADRO IX. — Relación entre el tiempo total de exposición y la incidencia de silicosis en 22 centros mineros con una población de 11,612 trabajadores.

| Tiempo Total de Trabajo | S I L I C O S I S |       |              |      |                 |      |                       |      |     |      |      |      |    |      |
|-------------------------|-------------------|-------|--------------|------|-----------------|------|-----------------------|------|-----|------|------|------|----|------|
|                         | Total Examinados  |       | Nº Silicosis |      | Total Silicosis |      | ESTADIOS DE EVOLUCION |      |     |      |      |      |    |      |
|                         | Nº                | %     | Nº           | %    | Nº              | %    | SI                    |      | SII |      | SIII |      | ST |      |
|                         |                   |       |              |      |                 |      | Nº                    | %    | Nº  | %    | Nº   | %    | Nº | %    |
| Menos de 5 años         | 7.306             | 62.9  | 7.212        | 98.7 | 94              | 1.3  | 57                    | 60.6 | 23  | 24.5 | 3    | 3.2  | 11 | 11.7 |
| 5 á 9 años              | 2.440             | 21.0  | 2.238        | 93.8 | 152             | 6.2  | 84                    | 55.2 | 41  | 27.0 | 15   | 9.9  | 12 | 7.9  |
| 10 „ 14 „               | 1.137             | 9.8   | 1.014        | 89.2 | 123             | 10.8 | 75                    | 61.0 | 23  | 18.7 | 12   | 9.8  | 13 | 10.5 |
| 15 „ 19 „               | 407               | 3.5   | 352          | 86.5 | 55              | 13.5 | 28                    | 50.9 | 12  | 21.8 | 6    | 10.9 | 9  | 16.4 |
| 20 „ 24 „               | 177               | 1.5   | 151          | 86.4 | 24              | 13.5 | 16                    | 66.7 | 5   | 20.8 | 1    | 4.2  | 2  | 8.3  |
| 25 „ 29 „               | 80                | 0.7   | 70           | 87.5 | 10              | 12.5 | 7                     | 70.0 | 1   | 10.0 | 1    | 10.0 | 1  | 10.0 |
| 30 „ 34 „               | 41                | 0.4   | 35           | 85.4 | 6               | 14.6 | 3                     | 50.0 | —   | —    | 1    | 16.7 | 2  | 33.3 |
| 35 „ más „              | 24                | 0.2   | 22           | 91.7 | 2               | 8.3  | —                     | —    | 1   | 50.0 | 1    | 50.0 | —  | —    |
| T o t a l               | 11.612            | 100.0 | 11.146       | 96.0 | 466             | 4.0  | 270                   | 57.9 | 106 | 22.8 | 40   | 8.6  | 50 | 10.7 |

Clave de las abreviaturas usadas:

SI, SII, SIII: casos de silicosis en el primer, segundo y tercer grado de evolución, respectivamente.

ST: casos de sílico-tuberculosis.

es igualmente importante considerar en la frecuencia y distribución de la enfermedad.

### SUMARIO

Se presenta un estudio epidemiológico sobre casos de silicosis encontrados en 22 centros mineros, llegándose a señalar lo siguiente:

Que en todo trabajo de minería, donde existe sílice libre en el polvo ambiental, hay un mayor o menor riesgo de adquirir silicosis, si no se toman las medidas de prevención convenientes.

El Instituto de Salud Ocupacional emplea el método epidemiológico para el conocimiento de las causas de las enfermedades, y la evaluación de los efectos de los riesgos en una industria. El mismo, le permite dilucidar el rol que juega cada uno de los factores que intervienen en la alteración de la salud y al localizar los lugares de riesgo, efectuar las recomendaciones más adecuadas tendentes a mantener la salud de los trabajadores.

El estudio epidemiológico de silicosis que se presenta, comprende el análisis de las condiciones ambientales del trabajador minero; los caracteres del agente causal, cuales son: contenido de sílice libre del polvo ambiental, concentración de polvo, tamaño de las partículas; y características médicas de los trabajadores examinados, efectuados simultáneamente.

Este estudio comprende el análisis breve de las condiciones ambientales; el de 240 determinaciones de contenido de  $\text{SiO}_2$ , 4,661 cuentas para número de partículas, 46,100 mediciones de tamaño de partículas; y el examen médico integral realizado en diez años a 11,684 trabajadores tanto de subsuelo como de superficie, de 22 centros mineros del Perú.

Como resultado de la correlación que se ha efectuado entre los factores del agente causal y el individuo, en presencia de condiciones ambientales similares, se han obtenido los siguientes índices de prevalencia de silicosis:

1. *Agrupando las minas por su contenido de sílice libre:*

a) Para las con menos de cinco por ciento de sílice libre en el polvo y con 6.9 m.p.p.p.c.a.: tasas de 2.4 y 30.9 por mil en trabajadores con menos de cinco y entre 5-14.9 años de trabajo minero, respectivamente.

b) Para las minas con  $\text{SiO}_2$  entre 5-49.9 por ciento y 6.5 m. p.p.p.c.a.: tasas de 11.6, 81.6 y 144.4 por mil en trabajadores con menos de cinco años, 5-14.9 y más de 15 años de trabajo minero, respectivamente.

c) Para las minas con  $\text{SiO}_2$  mayor de 50 por ciento y con 4.8 m.p.p.p.c.a.: tasas de 30.7, 48.3 y 76.9 por mil en trabajadores con menos de cinco años, 5-14.9 y más de 15 años de trabajo, respectivamente.

2. *Agrupando las minas por concentraciones de polvo en m.p.p.p.c.a.:*

a) Para las con menos de 5 m.p.p.p.c.a. y 27.7 por ciento de  $\text{SiO}_2$ ; tasas de silicosis de 9.3, 61.5 y 129.7 por mil en trabajadores con menos de cinco años, entre 5-14.9 y más de 15 años de trabajo minero respectivamente.

b) Para las minas con concentraciones de polvo entre 5-19.9 m. p.p.p.c.a. y 28.8 por ciento de  $\text{SiO}_2$ : tasas de 18.3, 98.2 y 154.9 por mil en trabajadores con menos de cinco años, entre 5-14.9 y más de 15 años de trabajo, respectivamente.

c) Para las minas con concentraciones de polvo mayor de 20.0 m.p.p.p.c.a. y 6.7 por ciento de  $\text{SiO}_2$ : tasas de silicosis de 3.5, 50.3 y 101.7 por mil en trabajadores con menos de cinco años, entre 5-14.9 y más de 15 años de trabajo, respectivamente.

Se ha encontrado un total de 94 (1.3%) enfermos con silicosis de un total de 7,306 examinados que estaban comprendidos en el grupo de trabajo 0-4 años. De estos 94, uno de ellos presentaba la enfermedad en su primer grado en un tiempo excepcionalmente corto de siete meses 18 días tiempo que fué verificado y se trataba de un trabajador de minas de oro con 20 años de edad, donde las condiciones ambientales eran primitivas y los caracteres del agente causal severos.

Igualmente se presenta dos casos de silicosis en el primer grado en tiempo igualmente corto, con 13 y 16 meses de trabajo minero, con 20 y 28 años de edad, quienes trabajaban en la misma mina que tenía un contenido de sílice libre en el polvo ambiental mayor de 50 por ciento y eran hermanos; comentándose que al lado de los factores ambientales y del agente causal es igualmente importante considerar el factor individual, en la presentación, frecuencia y distribución de la enfermedad.

## SUMMARY

The following conclusions are presented as a result of an epidemiological study on Silicosis, found in 22 mining centers:

Every effort should be taken in order to prevent the risk of acquiring Silicosis in a mine where quartz is present in the atmospheric dust.

The Institute of Occupational Health employs the epidemiological method to determine the reasons for illness and the effects of risks involved in an industry. This method permits an explanation of the role played by each one of the factors: agent, host and environment, that causes alteration of health, and to detect places of risk and to develop pertinent recommendations in order to protect the health of the miners.

The epidemiological study of Silicosis included: an analysis of the environmental conditions of the miners, and characteristics of the causal agent, such as: amount of quartz in atmospheric dust, dust concentration, particle size; and medical characteristics of the miners examined simultaneously.

This study included the following: 240 determinations of quartz content, 4,661 particle counting, 46,100 measurements of particle size and examination of 11,684 miners employed in underground and surface activities (during 10 years in 22 mining centers).

As results of correlation of the causal factors and that of the individual (or host), all working under similar environmental conditions, the following rates were observed.

1. *Mines grouped according to the free silica content in the atmosphere:*

a) Those with less than 5 per cent of free silica in dust and 6.9 m.p.p.c.f.a.: values of 2.4 and 30.9 per thousand in miners with less than 5 and between 5-14.9 years of mine work respectively.

b) Mines with free silica content between 5-49 per cent and 6.5 m.p.p.c.f.a.: values of 11.6, 81.6 and 144.4 per thousand in miners with less than five years, between 5-14.9 years and more than 15 years of mine work respectively.

c) Mines with more than 50 per cent of free silica and 4.8 m.p.p.c.f.a.: values of 30.7, 48.3 and 76.9 per thousand in miners with less than five years, between 5-14.9 years and more than 15 years of mine work respectively.

2. *Mines grouped according to their dust concentration in m.p.p.c.f.a.:*

a) For those with less than 5 m.p.p.c.f.a. and 27.7 per cent free silica: silicosis values of 9.3, 61.5 and 129.7 per thousand in miners with less than five years, between 5-14.9 years, and more than 15 years of mine work respectively.

b) Mines with dust concentration between 5-19.9 m.p.p.c.f.a. and 28.8 per cent of free silica: values of 18.3 and 98.2 and 154.9 per thousand in miners with less than five years, between 5-14.9 years, and more than 15 years of work respectively.

c) Mines with dust concentration greater than 20.0 m.p.p.c.f.a. and 6.7 per cent of free silica: silicosis values of 3.5, 50.3 and 101.7 per thousand in miners with less than five years, between 5-14.9 years, and more than 15 years of mine work respectively.

It was found that 94 (1.3%) persons, out of 7,306 who were examined had silicosis; they belonged to the group of 0-4 years. One of these showed evidence of first degree silicosis which he had acquired in only seven months and 18 days, of verified exposure time. He was 20 years old and worked in a gold mine where the atmospheric conditions were extremely bad and the causal agent concentration, and content of quartz, very high.

Similarly, two more cases of Silicosis were found to have developed in the short time of 13 and 16 months of mine work. They were brothers, one 20 years old and the other was 28. Both of them had worked in the same mine where the quartz content in the atmospheric dust was 50 per cent.

When mentioning the characteristics of the environmental factors and of the agent, it is also very important to consider the individual factor in the presentation, frequency, and distribution of the illness.

#### RECONOCIMIENTO

Mi agradecimiento a todos los profesionales y técnicos del Instituto de Salud Ocupacional, y especialmente al Sr. Augusto Garcés Rendón de la Unidad de Estadística, quien ha colaborado en la clasificación y tabulación de este Estudio.

## REFERENCIAS

- DENSEN, P. M.  
1956 En *Preventive Medicine and Public Health*, por Rosenau y Maxcy; p. 1289.  
Eight Edition Appleton Century Crofts, Inc. New York.
- GASTAÑAGA, A. C.  
1956 Determinación petrográfica de cuarzo en polvos de la industria minera  
*Mineria*, Lima, 4 (10): 18-21.
- TALVITIE, N. A.  
1951 Determination of quartz in presence of silicate using phosphoric acid.  
*Anal. Chemistry*, 23: 623-626.
- INSTITUTO DE SALUD OCUPACIONAL.  
Estudios Evaluativos de Salud Ocupacional.



## DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

**Fig. 1.**—Corresponde a la Radiografía N° 363. V.L.B., 20 años. Enmaderador en Mina de Oro. Tiempo de Trabajo en Mina: 7 meses 18 días. Radiografía Pulmonar: fina nodulación, distribuida uniformemente en ambos campos pulmonares y de vértices a bases. Diagnóstico S I.

**Fig. 2.**—Corresponde a la Radiografía N° 212. P.Q.L., 20 años. Enmaderador en minas. Tiempo de Trabajo en Mina: 13 meses. Radiografía Pulmonar: nodulación miliar abundante, bilateral de distribución uniforme, de vértices a bases. Diagnóstico S I.

Figura 2



Figura 1



**Fig. 3.**—Corresponde a la Radiografía Nº 213. M.Q.L., 28 años. Perforador en minas. Tiempo de Trabajo en Mina: 16 meses. Radiografía Pulmonar: fina nodulación, bilateral de uniforme distribución en ambos campos pulmonares. Diagnóstico S I (Inicial).

Figura 3

