

CONCENTRACION DE SUSTANCIAS INORGANICAS EN PULMON Y SU RELACION CON FACTORES AMBIENTALES Y LABORALES

Eduardo ORTIZ LASTRA
José LOPEZ VICENTE
José María RIVERA POMAR
Marivi ELEJALDE GARCIA
María Teresa BAHILLO DEL RIO

Departamento de Anatomía Patológica y de Medicina Legal
de la Facultad de Medicina de Bilbao
y del Hospital de Cruces de la Seguridad Social.

RESUMEN

Se recogen muestras de pulmón de 216 cadáveres necropsiados no seleccionados. Las muestras son observadas mediante un microscopio electrónico de barrido acoplado a un sistema de microanálisis por energía dispersiva de rayos-x, para la obtención de los espectros de las diversas sustancias inorgánicas.

Se realiza un estudio estadístico que incluye el test de "correlación-regresión" y el test de "t" de Student, que nos muestra una elevación de los elementos preferentemente "exógenos" (Al, Si, Cd, Sn, Sb, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Hg, Pb, Cu), en los habitantes de Bilbao y barrios periféricos, así como en las profesiones con exposición laboral mayor (mineros, siderometalúrgicos, etc.) en relación con el resto de los habitantes (pueblos de otras provincias, etc.); resultado lógico dado el gran índice de contaminación ambiental en la zona del Gran Bilbao.

PALABRAS CLAVES: Microanálisis. Sustancias inorgánicas. Pulmón.

INTRODUCCION

El pulmón es considerado un órgano fundamental en el intercambio de sustancias con el exterior, tanto por ser una vía importante de incorporación y eliminación de elementos inorgánicos, como por constituir un órgano preferente de acumulo.

Desde hace más de 30 años se viene considerando, enfermedades pulmonares causadas por la concentración de sustancias inorgánicas en pulmón. También se ha estudiado, la retención de diversas partículas inhaladas por el hombre durante largos períodos de tiempo, para comprender mejor, el papel potencial de tales partículas en la patogenésis de las enfermedades pulmonares (2, 4, 9, 13, 15).

Normalmente existe en el aire atmosférico cierta cantidad de sustancias inorgánicas en suspensión,

cuya concentración aumenta en los talleres y locales cerrados, constituyendo un grave peligro para la salud, la inhalación de grandes cantidades de estos elementos (13, 14, 19, 20).

Por ello hemos considerado necesario un estudio con vistas a determinar los factores que puedan influir en la mayor o menor presencia en el pulmón de los elementos analizados.

MATERIAL Y METODO

Se recogieron muestras de 216 cadáveres necropsiados, no seleccionados, correspondientes tanto a casos clínicos como judiciales.

Las muestras fueron obtenidas dentro de las 24 horas tras la muerte, mientras se efectuaba el estudio necrópsico. Posteriormente fueron introducidas en glu-

taraldehído para su fijación y conservadas en frigorífico a cero grados centígrados de temperatura hasta su procesamiento.

PREPARACION DE LA MUESTRA

La muestra que tiene un tamaño de 0,3 cm. * 0,3 cm. * 0,2 cm. se talla bajo la lupa binocular. Tras dos pases por tampón de lavado y uno por tampón fosfato, se lleva a cabo su deshidratación, mediante sucesiva introducción por periodos de 10 minutos en acetona al 50%, 70%, 80% y 90% y tres veces en acetona al 100%.

A continuación se procede a su desecación por introducción de la muestra en el aparato de "punto crítico".

OBSERVACION DE LA MUESTRA Y OBTENCION DE ESPECTROS

Las muestras son observadas mediante un microscopio electrónico de barrido JEOL-SEM 35, acoplado a un sistema de microanálisis por energía dispersiva de rayos-x, modelo 860, serie 2, para obtención del espectro de elementos químicos, la visualización del cual se hace posible gracias a una pantalla de vídeo que posee este sistema.

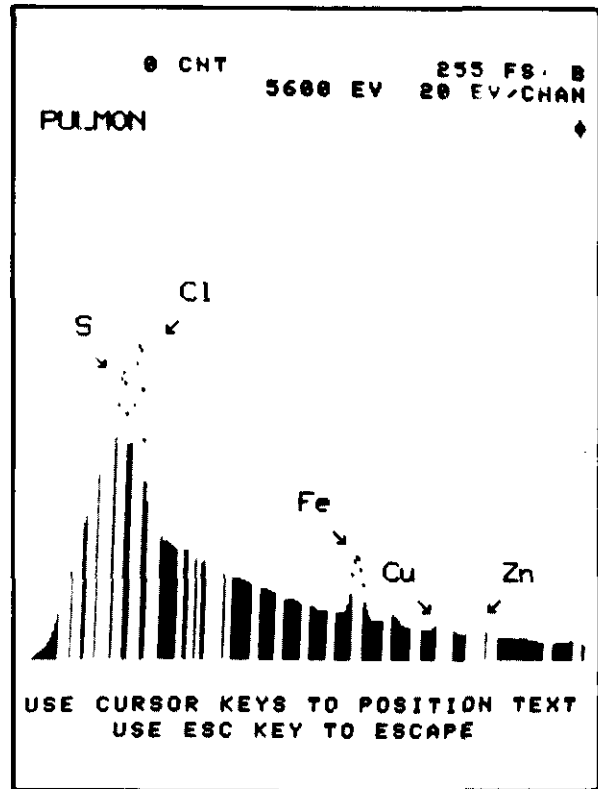


Las condiciones de trabajo comprenden:

- Una ampliación de imagen de 1.000 aumentos.
- Un voltaje de 25 kv.
- Un tiempo de análisis o adquisición de espectro fijado en 200 segundos.
- Una velocidad de 1.000 cuentas/segundo.

Se obtuvieron 5 espectros por muestra, lo que supone un total de 1.080 espectros.

Se consideraron los picos más evidentes que fueron identificados, mediante las líneas KLM, representativas de los niveles de energía atómicos como correspondientes a los siguientes 23 elementos: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Cd, K, Sn, Ca, Sb, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Hg, Pb.



Se obtuvieron los valores porcentuales correspondientes a los diferentes picos, sumándose los de los picos referidos al mismo.

ESTUDIO ESTADISTICO

Para efectuar el estudio estadístico se tomaron los siguientes datos de cada caso:

- a) Edad.
- b) Sexo.
- c) Residencia.
 - localización (incluyendo hasta 3 direcciones)
 - tiempo de permanencia
 - contaminación ambiental
- d) Trabajo:
 - ocupación (incluyendo hasta 2)
 - tiempo de permanencia
 - contaminación en el ambiente laboral
 - naturaleza de la empresa
- e) Antecedentes personales y familiares.
- f) Causa de muerte.

Una vez realizado el protocolo de estudio se hicieron las siguientes agrupaciones:

1.- Los 23 elementos fueron distribuidos en tres grupos:

- a) Preferentemente exógenos: Al, Si, Cd, Sn, Sb, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Hg, Cu, Pb.

b) Preferentemente endógenos: Na, P, S, Cl, K.

c) Preferentemente endoexógeno: Mg, Fe, Co.

Asímismo se destacaron los 10 elementos de mayor porcentaje promedio: Na, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Fe, Cu, Zn.

2.- Respecto a la edad, los individuos se agrupan por décadas: prematuros, de 0 a 9 años, de 10 a 19 años..., hasta 90 a 99 años.

3.- Según el sexo se realizó la agrupación en: varones o mujeres.

4.- La localización de la residencia se dividió en:

- no consta.
- Bilbao, casco urbano
- barrios periféricos de Bilbao
- pueblos de Vizcaya
- pueblos de otras provincias
- otras capitales de provincia

5.- En cuanto al trabajo, se encontró que había 33 ocupaciones distintas, pertenecientes a 25 tipos de empresas.

Las 33 ocupaciones se distribuyen en 10 grupos para (tabla 1) efectuar los análisis estadísticos.

TABLA 1
AGRUPACION DE LAS OCUPACIONES:
NUMERO DE CASOS

	1º Ocup.	2º Ocup.
Grupo 1 No consta la profesión	30	142
Grupo 2 Profesionales con título superior Agentes de aduanas Directores y gerentes de empresa Trab. de la Administración Pública Ordenanzas Trab. de la Administración privada Comerciantes Jefes de Taller Electricistas Chóferes Trab. de carga y descarga Profesionales de las fuerzas armadas Telefonistas Profesores Peluqueros	58	15
Grupo 3 Porteros Pintores Trabajadores de la construcción	19	5
Grupo 4 Servicio doméstico	33	9

	1º Ocup.	2º Ocup.
Grupo 5 Labradores Pescadores	19	14
Grupo 6 Mineros Trabajadores siderometalúrgicos Trabajadores del carbón	20	14
Grupo 7 Trabajadores del papel Trabajadores de la madera	3	3
Grupo 8 Trabajadores de productos químicos Trabajadores del vidrio y la cerámica Trabajadores de caucho y plásticos	7	2
Grupo 9 Trabajadores de la confección	4	5
Grupo 10 Forjadores de metales Ajustadores Soldadores	23	7

6.- El tiempo de permanencia, tanto en las residencias como en las ocupaciones, se agrupo también por décadas.

7.- El grado de contaminación, basandonos en los niveles de SO₂ en el ambiente laboral y residencia (tabla 2) se clasificó:

- sin contaminación
- baja contaminación 25
- mediana contaminación 25-75
- alta contaminación 75

El resultado estadístico realizado posteriormente incluía:

- test de "correlación-regresión"
- test de "t" de Student

RESULTADOS

Hemos reralizado los siguientes estudios estadísticos:

- Comparación mediante test de "correlación-regresión" de los valores para cada grupo de elementos (exógeno, endógeno, endoexógeno) en relación con la salud.
- Comparación mediante test de "t" de Student de los valores para cada grupo en relación con la localización de la residencia; y mediante test de "correlación-regresión" en relación con la contaminación ambiental de la localización.

TABLA 2
CONCENTRACIONES DE INMISION DE SO₂ (μg/Nm³) EXPRESADAS COMO MEDIAS ANUALES Y REGISTRADAS POR LA RED AUTOMATICA

Estaciones	AÑOS						
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
BABCOCK WILCOX	53	44	62	50	-	31	25
ERANDIO	90	135	117	127	81	88	80
FERIA DE MUESTRAS	126	107	103	108	73	70	72
LA ISLA (PEÑA)	39	30	52	57	36	34	-
MATADERO	91	119	105	120	82	93	99
ESCUELA NAUTICA	80	101	108	92	56	88	61
NEGURI	-	33	68	26	28	28	18
SONDIKA	47	30	35	26	29	18	24

- Comparación mediante test de "t" de Student de los valores para cada grupo de elementos con el tipo de ocupación; y mediante test de "correlacion-regresión" en relación con el tiempo de permanencia y grado de contaminación en el trabajo.

1.- Resultados en relación con la edad:

Tras el análisis estadístico mediante test de "correlación-regresión", no hemos encontrado variaciones significativas en relación con la edad (tabla 4) (figura 2).

2.- Resultados en relación con la localización de la residencia:

De la comparación estadística entre las distintas localizaciones mediante test "t" de Student, obtuvimos los siguientes resultados a nivel de significación del 95% (p 0,05):

- Los elementos preferentemente "exógenos" presentan un valor relativamente mayor en los habitan-

tes de Bilbao, y menor en los habitantes de los pueblos de otras provincias (figura 1) (tabla 3).

- Elementos "endógenos" presentan un valor mayor en habitantes de otras provincias y menor en los de Bilbao.
- Elementos "endoexógenos" con un valor menor en habitantes de Bilbao y de barrios periféricos.

3.- Resultados obtenidos en relación con la contaminación de la residencia (figura 3).

Tras el análisis estadístico del test de correlación-regresión, no se encontraron variaciones significativas en relación con el nivel de contaminación ambiental en las distintas residencias.

4.- Resultados en relación con el tipo de ocupación:

Los resultados después de realizar el test de "t" de Student fueron los siguientes (tabla 1):

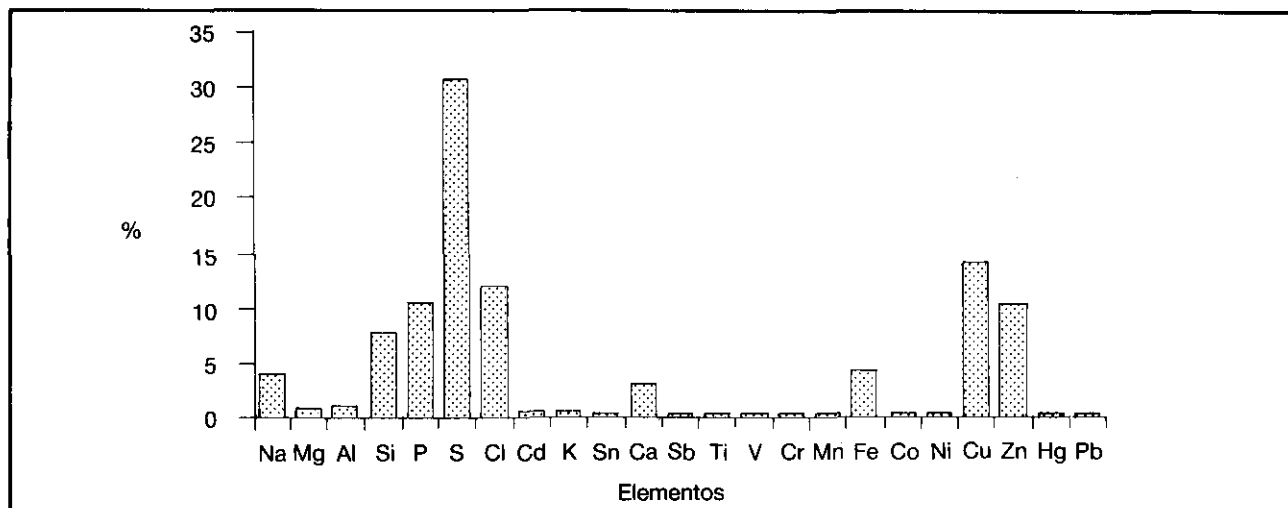


FIGURA 1: Promedio de elementos en el pulmón

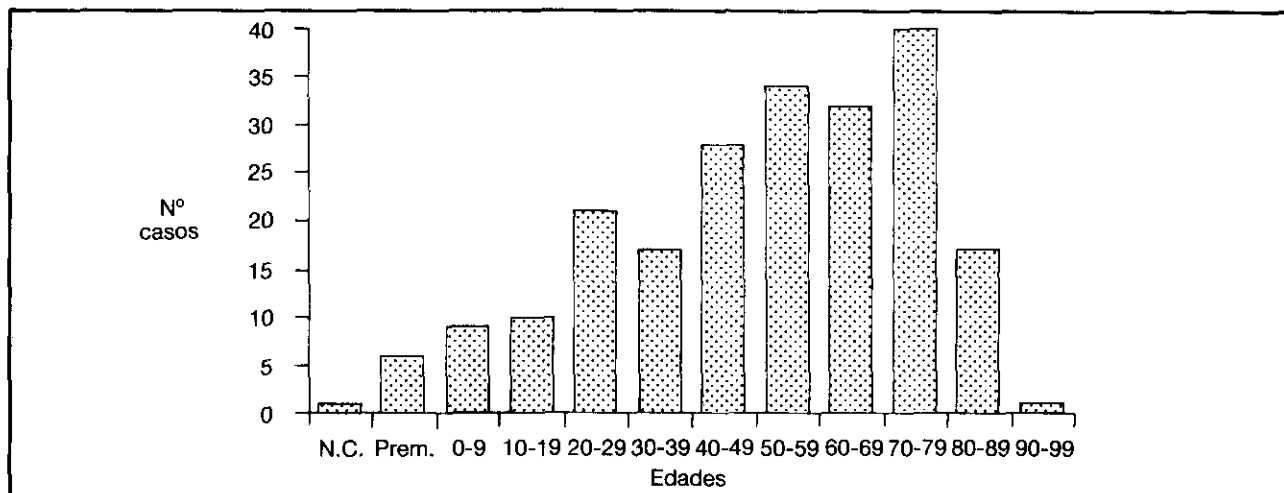


FIGURA 2: Agrupación de individuos por edades

- Elementos "exógenos" aumentados en los grupos de ocupación 3, 6 y 10.
- Elementos "endógenos" aumentados en los grupos ocupacionales 1 y 2.
- Elementos "endoexógenos" aumentados en los grupos ocupacionales 2 y 8.

TABLA 3
VALORES PROMEDIO EN PULMON

Elemento	x	Pulmón	D.S.
Na	3,91		2,92
Mg	0,80		0,99
Al	1,10		1,68
Si	7,72		5,69
P	10,34		6,47
S	30,68		13,84
Cl	11,74		15,68
Cd	0,36		1,08
K	0,42		1,04
Sn	0,20		0,32
Ca	2,85		4,11
Sb	0,19		0,71
Ti	0,27		0,47
V	0,25		0,45
Cr	0,35		0,44
Mn	0,25		0,45
Fe	4,06		5,92
Co	0,17		0,32
Ni	0,26		0,48
Cu	13,85		9,36
Zn	10,19		6,90
Hg	0,16		0,40
Pb	0,16		0,42

5.- Resultados en relación con el tiempo de permanencia en las ocupaciones (tabla 5, 6, 7) (figura 4):

Tras realizar el test de correlación-regresión, no existía significación entre el tiempo de permanencia en cada ocupación y los grupos de elementos "exógenos, endógenos y endoexógenos".

6.- Resultados en relación con el grado de contaminación en el trabajo (figura 5):

Tras realizar el test de correlación-regresión, no se encontró ningún tipo de correlación significativa con el grado de contaminación en el trabajo.

TABLA 4
AGRUPACION DE INDIVIDUOS POR EDADES

Edad	Número de casos
No consta	1
Prematuros	6
0 - 9 años	9
10 - 19 años	10
20 - 29 años	21
30 - 39 años	17
40 - 49 años	28
50 - 59 años	34
60 - 69 años	32
70 - 79 años	40
80 - 89 años	17
90 - 99 años	1

Media de edad = 51,47 años

Total de casos = 216

Desviación standard = 23,48

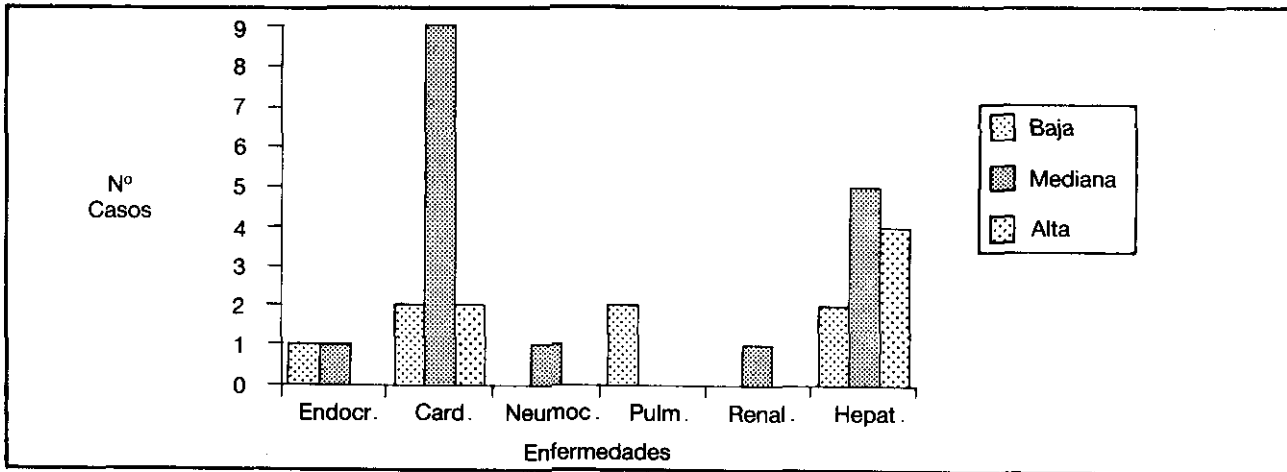


FIGURA 3: Contaminación en la segunda residencia

TABLA 5
TIEMPO DE PERMANENCIA
EN EL TRABAJO: NUMERO DE CASOS

Tiempo de permanencia	Nº de casos	
	1ª Ocupación	2ª Ocupación
0 - 9 años	43	21
10 - 19 años	33	26
20 - 29 años	41	19
30 - 39 años	28	8
40 - 49 años	18	1
50 - 59 años	8	
60 - 69 años	8	
70 - 79 años	4	
80 - 89 años	1	
Total de casos	1ª Ocupación	2ª Ocupación
<i>Media de permanencia</i>	21 - 31 años	15 - 25 años

TABLA 6
MEDIA DE PERMANENCIA
EN LA PRIMERA OCUPACION

Profesión	Nº de casos	Media de permanencia en años
Título superior	4	13,26
Agentes de aduanas	1	40
Gerentes de empresas	1	20
Trabajadores administración pública	7	11,42
Ordenanzas	3	30,48
Trabajadores administración privada	4	24,73

Profesión	Nº de casos	Media de permanencia en años
Comerciantes	7	22,85
Servicio doméstico	33	39,81
Porteros	8	14,82
Labradores	17	27,50
Pescadores	2	45
Jefe de taller	7	24,45
Mineros	2	20
Trabajadores siderometalúrgicos	17	12,42
Trabajadores del papel	1	30
Trabajadores productos químicos	5	14,18
Trabajadores confección	4	14,74
Trabajadores de la madera	2	25
Forjadores de metales	10	14,25
Ajustadores	3	20
Electricistas	3	6,66
Soldadores	10	15,76
Trabajadores de vidrio y cerámica	1	20
Trabajadores de caucho y plásticos	1	20
Trabajadores de la construcción	11	19,75
Chóferes	11	3,63
Trabajadores de carga y descarga	2	5
Profesores fuerzas armadas	4	15,25
Telefonistas	1	40
Profesores	2	15
Peluqueros	1	15,25
Trabajadores del carbón	1	26

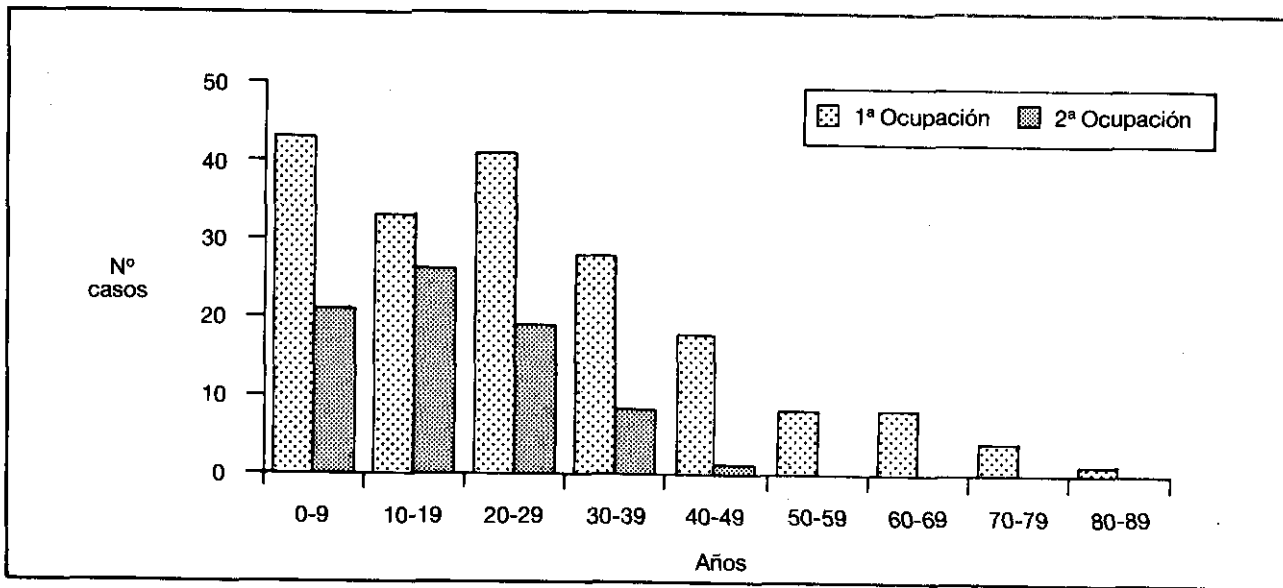


FIGURA 4: Permanencia en las ocupaciones

TABLA 7
MEDIA DE PERMANENCIA EN LA SEGUNDA
OCUPACION

Profesión	Nº casos	Media de permanencia en años
Título superior	1	10
Ordenanzas	1	30
Comerciantes	1	20
Servicio doméstico	9	15,48
Porteros 1	10	
Labradores	14	18,55
Mineros	1	10
Trabajadores siderometalúrgicos	13	11,86
Trabajadores productos químicos	1	5
Trabajadores confección	5	14,44
Trabajadores de la madera	3	10
Forjadores de metales	2	5
Soldadores	5	5,94
Trabajadores de vidrio y cerámica	1	20
Pintores	1	10
Trabajadores construcción	3	10
Chóferes	6	5
Trabajadores de carga y descarga	1	20
Profesores fuerzas armadas	2	5
Telefonistas	1	20
Profesores	1	5
Peluqueros	1	5

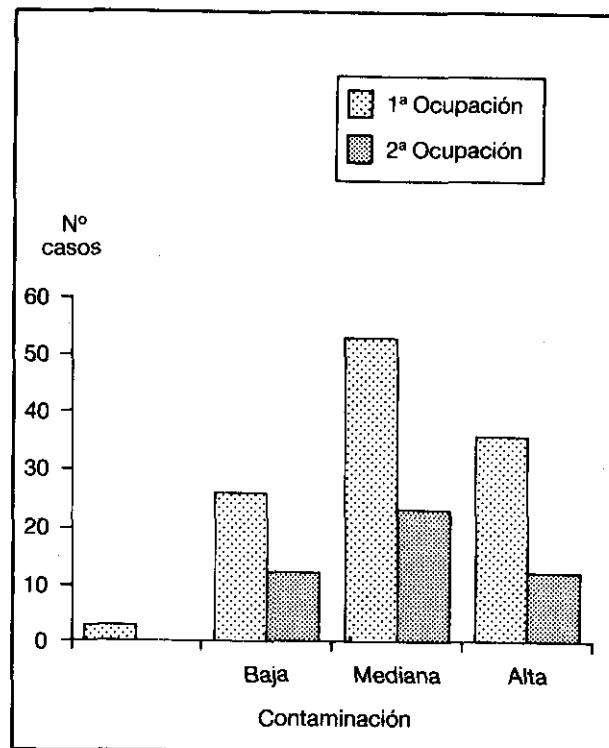


FIGURA 5: Contaminación en las ocupaciones

DISCUSION

La mayor parte de los trabajos realizados, investigan los efectos clínicos que producen las diversas sustancias, siendo escasos los estudios que hacen referencia al contenido de sustancias inorgánicas en diversos tejidos humanos y en particular en el pulmón (13, 14, 19, 20).

En pulmón se observa un predominio de los elementos que hemos agrupado como "exógenos", lo cual podría ser explicado lógicamente, teniendo en cuenta que estos elementos se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente, y que la vía de penetración en el organismo es fundamentalmente inhalatoria, por lo tanto, el pulmón sería el primer órgano de depósito.

Tal como sugiere Landrigan, 1.982 (16), los metales son contaminantes ambientales omnipresentes en la sociedad industrializada.

La prevalencia de síntomas respiratorios, entre personas que trabajan en las áreas urbanas, es debida fundamentalmente a los niveles de contaminación ambiental (11, 12).

Por nuestro trabajo observamos un aumento considerable de elementos "exógenos" en el pulmón, de los individuos residentes en Bilbao y barrios periféricos, y una disminución en los habitantes de pueblos de Vizcaya y otras capitales de provincia, lo que resulta, dado que el nivel de contaminación del Gran Bilbao es mayor y por lo tanto el grado de exposición es superior que el resto de las zonas estudiadas.

Los grupos profesionales que incluyen a pintores, trabajadores de la construcción, siderometalúrgicos, mineros, etc., presentan un aumento de los elementos "exógenos", debido probablemente a que existe una mayor exposición a dichas sustancias que penetran fundamentalmente por vía respiratoria.

Nuestros resultados indican que los elementos "exógenos", tienen gran importancia para determinar el nivel de contaminación. Los encontramos elevados en los casos que habían residido en zonas consideradas previamente como de alta-mediana contaminación y en aquella profesiones con mayor grado de exposición (mineros, siderometalúrgicos, trabajadores de la madera.).

Dado que las actuales medidas de concentración ambiental, establecen sus estimaciones en relación a la concentración de SO₂, y ante la falta de un estudio sistemático de polvo atmosférico y sustancias que lo forman, no podemos establecer el riesgo real de la exposición ambiental.

Podemos concluir haciendo referencia a que el EDAX ha sido utilizado, en la práctica clínica para determinar la presencia de depósitos minerales en los pulmones normales y patológicos (1, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 17, 18). Así como para detectar los elementos responsables de la patología, en los casos con repercusión Médico Legal, por acumulo de sustancias exógenas existentes en el medio ambiente y laboral.

Dada la importancia del tema, consideramos interesante continuar en esta línea de investigación, para poder adoptar nuevos datos y establecer valores de referencia de utilización práctica en estos aspectos Médico Legales.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ashcroft, T.; Heppleston, A. G. **The optical and electron microscopic determination of pulmonary asbestos fibre concentration and its relation to the human pathological reaction.** *J. Clin Path* 1.973; 26: 224-234.
- 2.- Bimblecombe, F. S. W.; Cruickshank, R.; Masters, P. L.; Reid, D. D.; Stewart, G. T. **Family studies of respiratory infections.** *Brit Med J* 1.958; 1: 119-128.
- 3.- Chung, A.; Sakoda, N.; Warnock, M. L. **A simple method for preparing ferruginous bodies for electron microscopic examination.** *Am J Clin Pathol* 1.977; 68:513-117.
- 4.- Cornwall, C. J.; Raffle, P. A. B. **Bronchitis sickness absence in London Transport.** *Brit J Industr Med* 1.961; 18: 24-33
- 5.- Devries, C. R.; Ingram, P.; Walker, S. R.; Linton, R. W.; Gutknecht, W. F.; Shelburne, J. D. **Acute Toxicity of lead particulates on pulmonary alveolar macrophages. Ultrastructural and microanalytical studies.** *Lab Invest* 1.983; 48 (1): 35-44.
- 6.- Dodson, R. F.; Williams, M. G. Jr; Hurt, G. A. **Early response of free airway cells to "amosite" a correlated study using electron microscopy and energy dispersive x-ray analysis.** *Lung* 1.980; 157 (3): 143-154.
- 7.- Ferin, J.; Coleman, J. R.; Davis, S.; Morehouse, B. **Electron microprobe analysis of particle deposited in lung.** *Arch Environ Health* 1.976: 113-115.
- 8.- Funahashi, A.; Siegesmund, K. A.; Dragen, R. F.; Pintar, K. **Energy dispersive x-ray analysis in the study of pneumoconiosis.** *Br J. Ind Med* 1.977; 34:95-101.
- 9.- Gerrity, T. R.; Garrard, C. S.; Yeates, A. B. **A Mathematical model of particle retention in the air-spaces of human lungs.** *Br J Ind Med* 1.983; 40:121-130.
- 10.- Guidotti, T. L.; Abraham, J. L.; Dehee, P. B. et al. **Arc welders' pneumoconiosis: Application of advanced scanning electron microscopy.** *Arch Environ Health* 1.978; 33:117.
- 11.- Holland, W.W.; Reid, D. D. **The urban factor in chronic bronchitis.** *Lancet* 1.965; 1:445-448.
- 12.- Hilland, W. W.; Reid, D. D.; Seltser, R.; Stone, R. W. **Respiratory disease in England and the United States: Studies of comparative prevalence.** *Arch Environ Health* 1.965; 10:338-345.
- 13.- Hsieh, Y. C.; Frayser, R.; Ross, J. C. **The effect of air inhalation on ventilation in normal subjects and in patients with chronic obstructive pulmonary disease.** *Amer rev Resp Dis* 1.968; 98:613-662.

- 14.- Johnson, D. E.; Tillery, J. B.; Prevost, R. J. **Levels of platinum, palladium, and lead in populations of Southern California.** *Environ Health Perspec* 1.975; 12:27-33.
- 15.- Kazantsis, G. **Role of cobalt, iron, lead, manganese, mercury, platinum, selenium, and titanium in carcinogenesis.** *Environ Health Perspect* 1.981; 40: 143-161.
- 16.- Landrigan, P. J. **Occupational and community exposures to toxic metals: lead, cadmium, mercury and arsenic.** *Western J Med* 1.982; 137 (6): 531-539.
- 17.- Langer, A. M.; Rubin, I. B.; Selikoff, I. J. **Electron microprobe analysis of asbestos bodies, pneumoconiosis.** En: Shapiro, H. A., ed. *Proceedings of the International Conference, Johannesburg, 1969.* Capetown: Oxford University Press, 1970: 57-69.
- 18.- Ophus, E. M.; Mowe, G.; Osen, K. K.; Gylset, B. **Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis of mineral deposits in lungs of a patient with pleural mesothelioma.** *Br J Ind Med* 1.980; 37 (4): 375-381.
- 19.- Piedrola Gil, G.; González Fuste, F.; Domínguez Carmón, M. et al. **Medicina Preventiva y Social. Higiene y Sanidad Ambiental.** Ediciones y Publicaciones, 1.982.
- 20.- Quintana, C.; Quetier, A.; Sandoz, D. **Localization of mineral elements in normal and stontium-intoxicated quail eggshell by secondary ion mass spectroscopy and electron probe microanalysis.** *Calcif Tissue Int* 1.980; 30:151-161.

ES FUNDAMENTAL ESTAR.

En Sicur 88, Vd. tiene su sitio. Porque el próximo Salón Internacional de la Seguridad constituirá, nuevamente, el gran certamen mundial sobre Seguridad Integral. Conecte con los profesionales. Con sus propios clientes y con clientes futuros. No se quede fuera. En Sicur 88 es fundamental estar.

 **sicur 88**
Salón Internacional de la Seguridad
Madrid, 8-11 Marzo, 1988
La Seguridad Integral tiene en Sicur su Salón.

ORGANIZA



IFEMA
INSTITUCION FERIAL DE MADRID

TRANSPORTISTA OFICIAL



Respóndanos HOY MISMO. Sólo tiene que recortar y enviar esta solicitud a IFEMA, Avenida de Portugal, s/n. 28011 MADRID. ESPAÑA.
Teléfono 470 10 14 - Telex 44025 IFEMA-E



ENMENME DOCUMENTACION **sicur 88** SOBRE:

Lista de Expositores. Conferencias y congresos.
 Viajes y alojamiento. Galerías de nuevos productos.
 Demostraciones.
 Deseo recibir invitación de visitante profesional.

Envíen los documentos solicitados a mi nombre:

D. _____
Domicilio _____ C.P. _____
Ciudad _____ País _____
Actividad _____
Teléfono _____ Telex _____
Cargo del solicitante _____