

CORRELACIONES BIOLOGICAS Y AMBIENTALES

La coordinación de las vigilancias médica y ambiental es el procedimiento racional para detectar precozmente el daño a la salud del trabajador por los agentes químicos y físicos del ambiente laboral.

Se analiza la correlación para los riesgos químicos más frecuentes de manera que el profesional tenga una información de referencia sobre los niveles sanguíneos y urinarios que significan una exposición peligrosa.

La información dada representa la experiencia nacional e internacional sobre arsénico, mercurio, plomo, benceno, tolueno y tricloroetileno y sus riesgos de origen natural y laboral.

CORRELACIONES ENTRE INDICES BIOLOGICOS Y AMBIENTALES Y SU IMPORTANCIA EN SALUD OCUPACIONAL

ANA MARIA SALAZAR B. (*)
Tecnólogo Médico,
Jefe del Laboratorio de Dosimetría

INTRODUCCION

Los expertos de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) han insistido en el último tiempo en lo que denominan las vigilancias médicas y ambientales, y que contienen dos frases: una, la observación que es la práctica de mediciones de los índices biológicos y ambientales, junto con su registro y transmisión de los datos. Y la otra, la vigilancia propiamente tal que es la comparación e interpretación de estos datos con el objeto de descubrir las modificaciones del medio y del estado de salud de los trabajadores.

No obstante, las actividades de las vigilancias médicas y ambientales no son actividades que se excluyan entre sí, sino que tienen carácter complementario y hay que realizarlas paralelamente, toda vez que sea factible y posible. Lo anterior es importante cuando existen riesgos recientemente reconocidos y no se conoce bien todavía la relación dosis-reacción.

ARSENICO (As)

1.— Indices Biológicos:

Se utilizan actualmente como índices biológicos las cantidades de arsénico determinadas en cabellos, uñas y orina.

(*) Presentado en las II Jornadas Latinoamericanas de Seguridad e Higiene del Trabajo, Santiago, Chile, Noviembre 1979.

1.1.— Niveles de arsénico

1.1.1.— Cabellos:

Nivel normal hasta 0.10 mgr/100 gr.

1.1.2.— Uñas:

Nivel normal hasta 0.5 - 0.10 mgr/100 gr.

1.1.3.— Orina:

Nivel normal hasta 0.1 mgr/lt.

2.— Indices Ambientales:

2.1.— C.A.M.P. = 0.40 mgr/m³ aire (exposición crónica).

3.— Evaluación:

3.1.— Análisis del aire.

3.2.— Análisis de orina.

3.3.— Análisis del pelo.

3.4.— Análisis de uñas.

4.— Correlaciones:

4.1.— *Borgoño y col.* (1)

TABLA 1

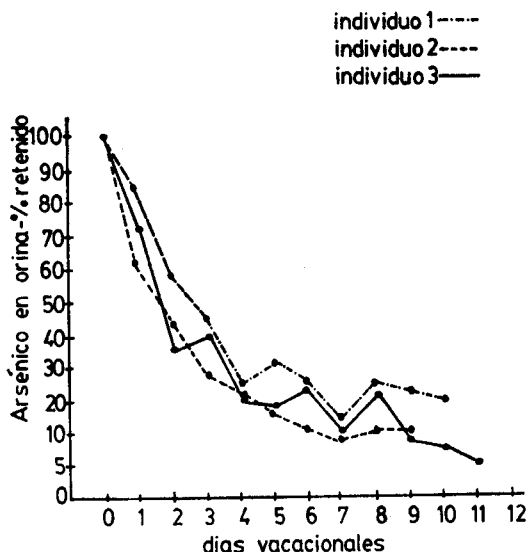
CONTENIDO DE As EN CABELLO Y ORINA DE 150 PERSONAS EN RELACION AL CONTENIDO DE As DE SUS ABASTOS DE AGUA, ANTOFAGASTA, CHILE, 1968

As Agua	As Orina mgr/lit	As Pelo mgr/1002grs
Población sectores Toconce y Toconce Siloli 0.6 — 0.8 ppm.	0.098 (0.00 — 0.770)	1.02 (0.00 — 8.34)
Población sector Siloli Indicios As	0.025 (0.00 — 0.100)	0.40 (0.00 — 1.55)
Testigos Santiago	0.00	0.00

4.2.— Pinto y col. (2)

GRAFICO Nº1

relación entre el porcentaje de excreción de arsénico en la orina y el nivel arsénico urinario inicial



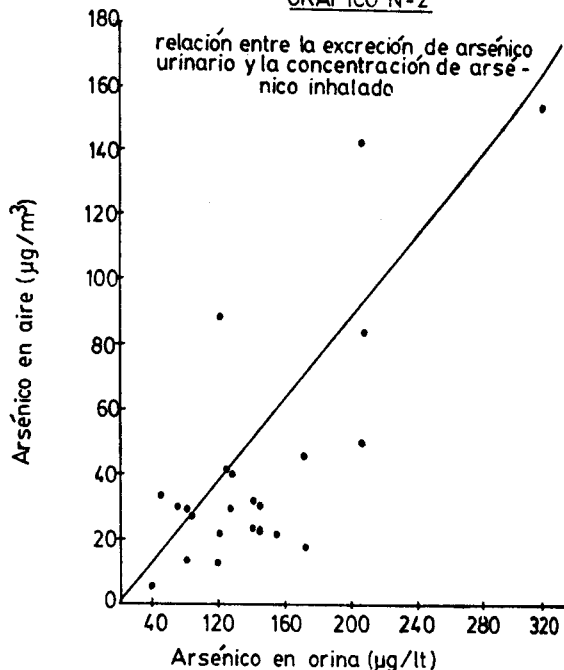
BENCENO (C6H6)

1.— Indices Biológicos:

1.1.— Orina:

Nivel crítico = 150 mgr/lit (exposición diaria, fenol).

GRAFICO Nº2



1.2.— Sangre:

La bencinemia no es un índice confiable de exposición. A 20 ppm de benceno en el aire corresponderían 0.450 mgr de benceno por litro de sangre (3).

El perfil hematológico corriente no es índice confiable de la acción patológica actual y sólo sirve de referencia para el seguimiento del caso.

2.— Indices Ambientales:

2.1.— C.A.M.P. = 20 p.p.m.
64 mgr/m³aire.

3.— Evaluación:

- 3.1.— Análisis del aire.
- 3.2.— Análisis de orina.
- 3.3.— Análisis de sangre.

4.— Correlaciones:

4.1.—Pagnotto y col. (4)

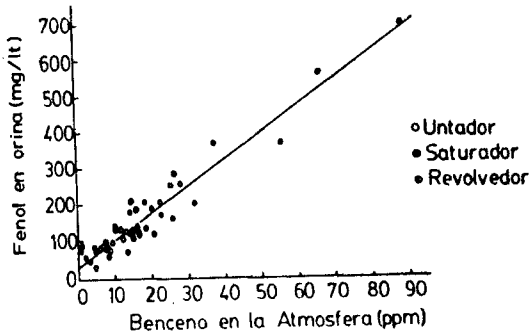
TABLA 2
RELACION ENTRE LA CONCENTRACION DE BENCENO EN AIRE Y FENOL EN ORINA

Fenol Orina (mg/lt)	Benceno Aire (p.p.m.)
0 — 50	0 — 5
51 — 100	6 — 10
101 — 150	11 — 15
151 — 200	16 — 20
201 — 250	21 — 25
251 — 300	26 — 30
301 — 350	31 — 35
351 — 400	36 — 40
401 — 500	50 — 70
501 — 700	90
917	125

GRAFICO N° 3

Sumario de los niveles de benceno en el aire y fenol en orina. Planta de revestimiento de goma usando solventes de nafta.

comparación de fenol en orina con benceno en aire



MERCURIO (Hg)

1.— Indices Biológicos:

Se determinan los niveles de Hg en sangre y orina.

1.1.— Hg en sangre:

A una concentración en el aire de 0.05 mgr/m³ corresponderá un nivel de sangre de 5.5 microgramo por 100 ml de sangre total después de una exposición de un año (3).

1.2.— Hg en orina:

Nivel crítico = 0.300 mgr/lt (mercurio y sus sales).

2.— Indices Ambientales:

- 2.1.— C.A.M.P. = 0.04 mgr/m³ (excepto compuestos alquílicos).
0.008 mgr/mg³ (compuestos alquílicos).

3.— Evaluación:

- 3.1.— Análisis del aire.
3.2.— Análisis de orina.
3.3.— Análisis de sangre.

4.— Correlaciones:

GRAFICO N° 4

4.1. Smith y Col (5)

Relación entre el nivel de Hg en aire y Hg en orina

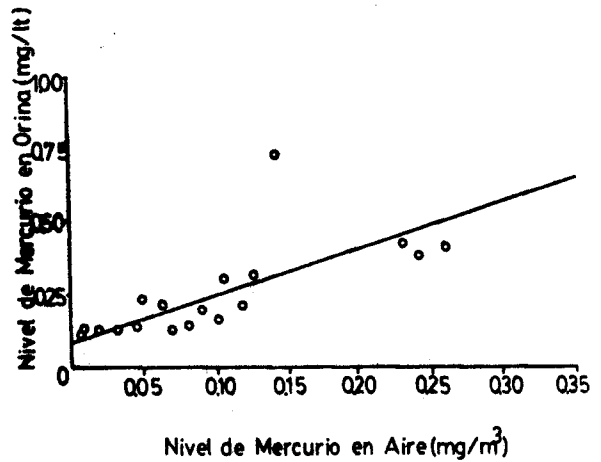


GRAFICO N° 5

Relación entre la concentración de mercurio en sangre y mercurio en orina

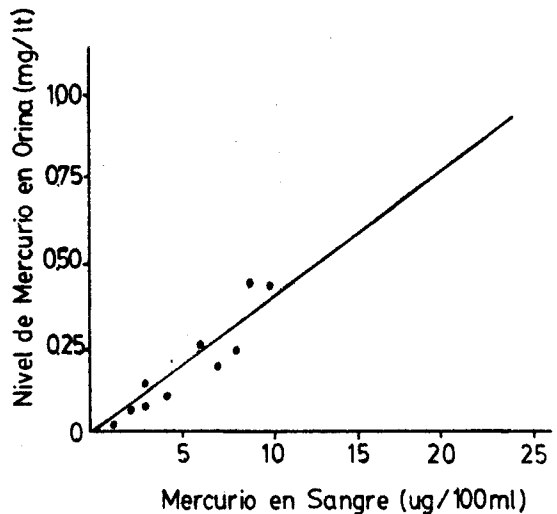


TABLA 3

Autores	Exposición al aire (mg/m ³)	Número de hombres	Análisis por hombre	Hg/Sangre (n mol/l) X	Hg/Orina (n mol/l) Y	Y — X	Correlación	
							r	P
Goldwater y col. 1962 (3 series)	100 — 2,400	28-34	1?	402-550	1,570 — 2,880 ^b	3.6 — 5.5 ^b	0.62 — 0.68	< 0.01
Joselow y col. 1968	?	40	1?	? (rango 165-1,270)	? (rango 250-8,700 ^b)	?	0.63	< 0.001
Smith y col. 1970	10-270	389	4	? (rango 50-500)	? (rango 250-2,500 ^a)	?	?	< 0.001
Hernberg y Häsänen 1971	50-150	27	1	129	992 ^a	3.4 ^b 7.7 ^a	0.86	< 0.001
Miller y col. 1975 (4 series)	?	10-24	1	198-853	643 — 3,920 ^b	2.9 — 4.6 ^b	0.99	< 0.001
Investigación Presente I 1975	36-112	13	5-10	238	807 ^b	3.4 ^b	0.60	< 0.05
Investigación Presente II 1977	15-43	15	16	93	195 ^a	2.2 ^a	0.37	> 0.05

a = corregido por densidad urinaria = 1,024

b = sin corregir por densidad urinaria

PLOMO (Pb)

1.— **Indices Biológicos:**

1.1.— *Niveles de Plomo:*

1.1.1.— *Sangre:*

Nivel crítico > 0.070 mgr/100 gr.

1.1.2.— *Orina:*

Nivel crítico > 0.200 mgr/lt.

1.2.— *Metabolismo del Heme en Orina.*

1.2.1.— *Acido deltaaminolevulínico (A.L.A.).*

Nivel crítico > 20 mgr/lt.

1.2.2.— *Coproporfirinas urinarias (C.P.U.)*

Nivel crítico > 0.500 mgr/lt.

2.— **Indices Ambientales:**

2.1.— C.A.M.P. = 0.12 mgr/m³ (Pb compuestos inorgánicos, humos y polvos).
0.08 mgr/m³ (Pb tetraetilo).

3.— **Evaluación:**

3.1.— *Análisis del aire.*

3.2.— *Análisis de orina.*

3.3.— *Análisis de sangre.*

4.— **Correlaciones:**

4.1.— *Williams y col. (7).*

T A B L A 4

RELACION ENTRE Pb EN AIRE, Pb EN SANGRE, Pb EN ORINA, CPU EN ORINA Y ALA EN ORINA

Concentración Pb Aire (mgr/m ³)	Pb Sangre (mg/100 ml)	Pb (mgr/lt) Orina	CPU Orina	Ala (mg/100 ml) Orina
0.20	0.070 (0.048-0.092)	0.143 (0.056-0.230)	4.2 (2.4-6.0)	1.8 (0.3-3.3)
0.15	0.060 (0.038-0.032)	0.118 (0.031-0.205)	3.6 (1.8-5.4)	1.4 (0.1-2.9)

Industria: Fábrica de Baterías.

Tiempo de Exposición: 48-60 horas semanales.

42. HARADA y col (8)

GRAFICO N°6

Relación entre la concentración de plomo en aire y la concentración de plomo en sangre

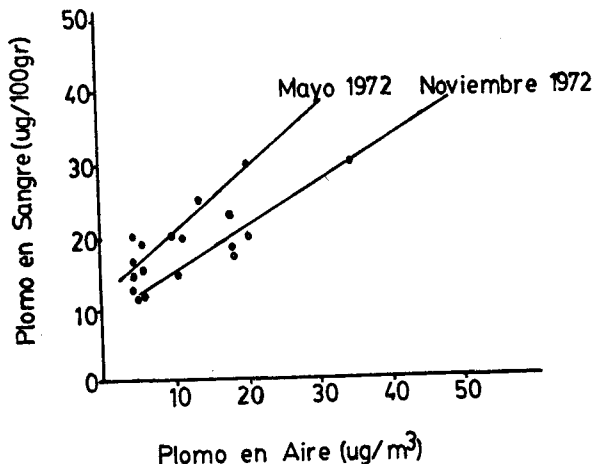


TABLA 5
PLOMO EN AIRE, SANGRE Y ORINA Y ALA EN ORINA

Trabajador	Aire (ug. Pb/m ³)		Sangre (ug. Pb/100 gr)	Orina (ug. Pb/lit)	Ala (ug/100 ml)
	Alkyl	Inorgánico			
A	7.6 — 403.0	3.9 — 56.4	36 — 47	37 — 104	0.11 — 0.49
B	1.3 — 69.2	1.3 — 62.6	41 — 49	47 — 165	0.13 — 0.64
C	10.4 — 532.8	5.1 — 40.4	40 — 52	41 — 113	0.14 — 0.84
D	6.4 — 478.0	5.0 — 61.1	30 — 42	47 — 112	0.12 — 0.80
E	10.8 — 411.0	8.9 — 59.7	38 — 43	10 — 78	0.00 — 0.44
F	13.8 — 1248.7	7.3 — 38.2	24 — 31	43 — 97	0.10 — 0.68

TOLUENO (C₆H₅CH₃).

1.— Indices Biológicos:

Se determinará el nivel de ácido hipúrico en la orina.

1.1.— Orina:

Nivel crítico = 3.4 mgr/lit (exposición diaria).

2.— Índice Ambiental:

2.1.— C.A.M.P. = 80 p.p.m.

3.— Evaluación:

3.1.— Análisis del aire.

3.2.— Análisis de orina.

4.— Correlaciones:

4.1.— Masayuki y col. (10).

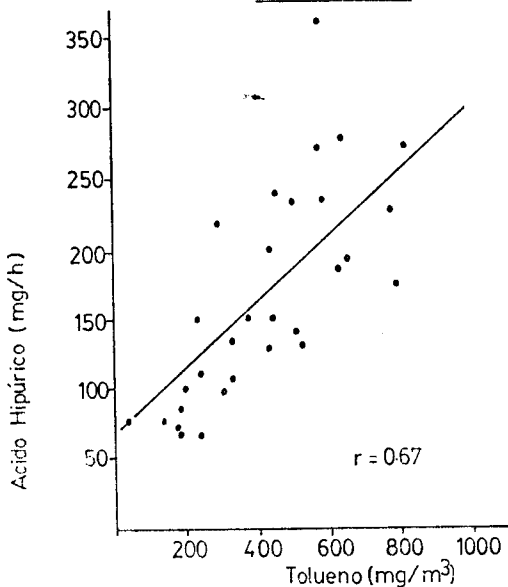
TABLA 6
RELACION ENTRE LA CONCENTRACION DE TOLUENO EN AIRE Y LA CONCENTRACION DE ACIDO HIPURICO EN ORINA

Concentración Tolueno aire (p.p.m.)	Número de trabajadores	Acido hipúrico		
		Valores encontrados (gr/lit)	Valores corregidos por	
			Gravedad específica (gr/lit)	Creatinina (*) (g/g)
0 ⁴	31	0.35	0.29	0.24
4	8	0.45	0.49	0.43
18	5	1.23	0.90	1.23
20	10	1.84	1.18	1.06
50	9	1.92	1.41	1.96
60	10	2.27	1.21	1.14
65	6	3.29	1.87	1.51
80	8	3.13	1.87	1.64
125	8	4.73	2.84	3.17
180	22	4.48	3.31	4.21
200	20	5.97	3.06	3.58
240	12	6.48	3.59	5.67

(o) 1.016.

(*) Concentración ácido hipúrico/concentración creatinina.

GRAFICO N°7



Correlación entre la media del nivel de Tolueno en el aire y el rango de excreción de ácido Hipúrico en una muestra de Orina recogida en 4 hrs. al final de 8 hrs de exposición

TRICLOROETILENO (C_2HCl_3)

1.— Indices Biológicos:

1.1.— Orina:

1.1.1.— Acido tricloroacético (T.C.A. = 200 mgr/lit.

1.2.2.— Acido tricloroetanol (T.C.E.) = 320 mgr/lit exposición semanal.

2.— Índice Ambiental:

2.1.— C.A.M.P. = 80 p.p.m.
428 mgr/m³.

3.— Evaluación:

3.1.— Análisis de sangre.

3.2.— Análisis de orina.

4.— Correlaciones:

4.1.— Masayuki Ikeda y col. (12).

T A B L A 7

CONCENTRACION DE METABOLITOS EN MUESTRAS DE ORINA DE TRABAJADORES EXPUESTOS A VARIAS CONCENTRACIONES DE TRICLOROETILENO

Tricloroetileno (p.p.m.)	N° trabajadores	Concentración del metabolito			
		Total compuestos de tricloro (TTC) (mg/lit)	0 Tricloro etanol (mg/lit)	< 1 Tricloro acético (mg/lit)	— T.T.C. (1.016)(*) (mg/lit)
0	36	< 1	0	< 1	—
3	9	39.4	25.1	12.7	35.4
5	5	45.6	24.9	20.2	31.8
10	6	60.5	42.0	17.6	41.7
25	4	164.3	77.3	77.2	101.7
40	4	324.9	320.3	90.6	204.4
45	5	399.0	256.7	138.4	253.3
50	5	418.0	367.3	146.6	257.8
60	5	468.0	307.9	155.4	308.9
120	4	915.3	681.8	230.1	481.1
175	4	1210.9	973.1	235.1	939.1

(*) Gravedad específica.

4.2.—Stewart y col. (13).

TABLA 8

**EXCRECION UNITARIA DE TRICLOROACETICO
Y TRICLOROETANOL EN 5 INDIVIDUOS DURANTE
Y DESPUES DE LA EXPOSICION A VAPORES
DE TRICLOROETILENO (*)**

	T.C.A. (mgr/24 hrs.) X	T.C.E. (mgr/24 hrs.) X
2 valores de control	2 14	< 1 < 1
1.er día exposición	51	308
2º día exposición	175	359
3.er día exposición	229	399
4º día exposición	306	538
5º día exposición	391	405
1.er día pos-exposición	255	145
2º día pos-exposición	194	149
3.er día pos-exposición	114	52
4º día pos-exposición	88	40
5º día pos-exposición	50	15
6º día pos-exposición	67	4
9º día pos-exposición	29	14
12º día pos-exposición	8	14

(*) 200 p.p.m., 7 horas/día durante 5 días.

TABLA 9

COMPARACION ENTRE LOS VALORES DE T.C.A. Y T.C.E. EN LA ORINA OBSERVADOS Y ESPERADOS EN TRABAJADORES EXPUESTOS 8 HORAS DIARIAS

Autor	Exposición (p.p.m.)	T.C.A. Orina (mgr/lt)		T.C.E. Orina (mgr/lt)		T.C.A. + T.C.E. Orina (mgr/lt)	
		X Observado	Esperado Lunes	X Observado	Esperado Lunes	X Observado	Esperado Lunes
Frantz y Westendorp.	± 100	± 200	169	224			
Elkins	100	160	169	224			
Grandjean y col.	25	86	42	56			
Lindner	41	83	69	92	114	82	112
Ikeda y col.	50	147	(mgr/gr) creatinina	107	267	(mgr/gr) creatinina	132
Lowey y col.	53	AM 48 PM 43	68 72		34 145	14 99	82 188
					276		276
							(mg/gr) creatinina
							151
							214
							191
							82
							171

CONCLUSIONES

ARSENICO:

1.— La presencia de arsénico en orina, pelos y uñas es un índice de la absorción que se produce del arsénico del aire por el organismo.

2.— Las concentraciones de arsénico en pelos y uñas que corresponden a absorciones pasadas, valen para reflejar la magnitud de la exposición a que ha estado sometido el individuo.

3.— Las concentraciones de arsénico en orina se consideran como un signo de exposición actual, y en la medida en que evidencian absorción por el organismo serían de utilidad para un control preventivo de los trabajadores expuestos.

4.— La cantidad de arsénico en orina baja notablemente en los trabajadores durante el fin de semana y en el período de vacaciones. Deberá tomarse esto en cuenta para decidir cuál será el momento más adecuado para tomar las muestras biológicas.

El índice ambiental debe ser complementado con análisis de pelos y uñas del personal expuesto, tomándose las precauciones necesarias en la recolección de las muestras para no obtener resultados falseados.

BENCENO:

1.— El test de fenol es un buen índice de exposición a benceno.

2.— El test de fenol es considerado como selectivo (determina metabolito directo) sensible, simple y que precede a las alteraciones hematológicas.

3.— El fenol aparentemente es excretado rápidamente, los resultados son significativos sólo cuando se aplica a muestras de orina obtenidas al final o cerca del término de la jornada de trabajo.

4.— El test de fenol en orina tiene gran sensibilidad a bajas concentraciones de benceno.

5.— El test de fenol ha sido hecho para dar un cuadro más seguro de sobre-exposición a benceno que los datos obtenidos de los tests del aire; sin embargo, no deberá ser usado como una medición exclusiva de exposición.

MERCURIO:

1.— No existe una relación de tipo lineal entre Mercurio inorgánico en aire y Mercurio en orina, ya que se han visto niveles de Hg en orina altos en trabajadores que no han estado expuestos a altas concentraciones y niveles de Hg en orina menores en trabajadores expuestos.

2.— Se cree que hay una variación individual en la excreción de Hg urinario, lo que hace que no exista una buena correlación.

3.— No existen índices específicos de daño por Hg.

4.— De lo anteriormente expuesto se concluye que el índice biológico (Hg en orina) no es un buen índice de exposición a Hg por el hombre, haciéndose necesarias las mediciones del ambiente de trabajo.

PLOMO:

1.— El A. L. A. urinario indica respuesta orgánica y el Pb en sangre indica exposición.

2.— En niveles altos hay una buena correlación entre plomo en sangre y plomo en aire.

3.— Los valores de plomo en orina son más variables y por lo tanto menos aceptables como índice de una exposición excesiva.

4.— No habría una relación directa entre C. P. U. y A. L. A. con respecto a la concentración de Pb en aire.

TOLUENO:

1.— Hay una relación directa entre la concentración de tolueno en aire y ácido hipúrico en orina.

2.— Se podría utilizar solamente el índice biológico como un índice de exposición en caso de no poder efectuar las mediciones ambientales.

TRICLOROETILENO:

1.— Hay una relación directa entre la concentración de tricloroetileno en el aire y la concentración de tricloroacético en orina.

2.— La concentración de tricloroacético y tricloroetanol disminuye exponencialmente después de la última exposición.

3.— La concentración de tricloroetileno en el aire espirado indica el grado de exposición.

4.— Las muestras de orina para pesquisar tricloroacético y tricloroetanol deben ser tomadas al final de la jornada de trabajo para tener un índice de exposición real.

RESUMEN:

Se ha visto que aun cuando las opiniones no son unánimes, en cuanto a aceptar que el hombre sea "instrumento de muestreo" o que

solamente "la absorción" en el hombre revele la contaminación, es importante efectuar ambas vigilancias (médica y ambiental), ya que son disciplinas complementarias, por otro lado cuando existe una buena correlación entre las concentraciones ambientales máximas permisibles (C.A.M.P.) y los índices biológicos, se podrá asegurar que el índice biológico es aplicable cuando las mediciones ambientales sean imposibles de realizar y que todo esto irá en beneficio de salud y bienestar del trabajador.

REFERENCIAS

- 1.— **BORGONO, J. M. y col.**— "Estudio epidemiológico del Arsenicismo en la ciudad de Antofagasta", *Rev. Méd. Chile*. Vol. 99: 702-707, 1971.
- 2.— **PINTO, SH. S. y col.**— "Arsenic Trioxide Absorption and Excretion in Industry", *J. O. M.* Vol. 18: 677-680, 1976.
- 3.— **MINISTERIO DE SALUD PUBLICA.**— "Manual de Toxicología Ocupacional", Chile, 1979.
- 4.— **PAGNOTTO, R. D. y col.**— "Industrial Benzene Exposure from Petroleum Naphta: in rubber coating industry", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, Vol. 22: 417-421, 1961.
- 5.— **SMITH, R. G. y col.**— "Effects of Exposure to Mercury in the manufacture of Chlorine", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, Vol. 31: 687-700, 1970.
- 6.— **LINDSTEDT, G. y col.**— "Individual mercury exposure of chloralkaliworkers and its relation to blood and urinary mercury levels", *Scan. J. Work, environm. and health*. Vol. 5: 59-69, 1979.
- 7.— **WILLIAM, M. K. y col.**— "An investigation of lead absorption in an electric accumulator factory with the use of personal samplers", *Br. J. Ind. Med.*, Vol. 26: 202-216, 1969.
- 8.— **HARADA, A.**— "Relationship between concentrations of lead and Cadmium in air of the working environment and biological indices", *Effects and dose response relationships of Toxic Metals*, Nordberg, G. F. Editor, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 1976.
- 9.— **R. F. COPE y col.**— "Personnel monitoring for tetraalkyl lead in the workplace", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, Vol. 40: 372-379, 1979.
- 10.— **MASAYUKI, J. y col.**— "Significance of urinary hippuric acid determination as an index of toluene exposure", *Br. J. Indst. Med.* Vol. 26: 244-246, 1969.
- 11.— **WILCZOK, T. y col.**— "Urinary hippuric acid concentration after occupational exposure to toluene", *Br. J. of Ind. Med.* Vol. 35: 330-334, 1978.
- 12.— **MASAYUKI, J. y col.**— "Urinary excretion of total trichloro-compounds, tricloroethanol and tricloroacetic acid as a measure of exposure to trichloroethylene and tetrachloroethylene", *Br. J. Ind. Med.* Vol. 29: 328-333, 1972.
- 13.— **STEWART, R. D. y col.**— "Experimental human exposure to trichloroethylene", *Arch. Environm. Health*, Vol. 20: 64-71, 1970.
- 14.— **GUBERAN, E. M. D.**— "Human Exposure to trichloroethylene", *Scand. J. work. environm. and health*, Vol. 3: 80-90, 1977.