

EXPOSICION AL ARSENICO DE LA POBLACION ATACAMEÑA

SANCHA, A.M., VEGA, F., FUENTES, S., VENTURINO, H., BARON, A.M., MORENO, V., SALAZAR, A.M.

DEPARTAMENTO EN INGENIERIA CIVIL, FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS, UNIVERSIDAD DE CHILE,
CASILLA 228-3, SANTIAGO CHILE

RESUMEN

El propósito del estudio fue cuantificar la presencia de arsénico en el agua utilizada por la población atacameña; determinar los niveles de Arsénico total y Arsénico inorgánico en orina y detectar lesiones dérmicas atribuibles a la ingestión de Arsénico. De los 2979 habitantes residentes en 13 pueblos atacameños, 761 participaron voluntariamente en el estudio. Se determinó la concentración de arsénico en las fuentes de agua de la población y este antecedente se usó para clasificar la población en tres grupos de acuerdo al nivel de arsénico del agua de consumo: elevado (300 - 800 µg/L), moderado (100 - 300 µg/L) y bajo (2 - 100 µg/L). Los tres grupos son similares respecto a dieta, estilos de vida y características socio-demográficas. La concentración media de arsénico inorgánico y metabolitos excretados por los tres grupos fue 427 µg/L, 192 µg/L y 96 µg/L, respectivamente. La prevalencia de lesiones cutáneas (hiperpigmentación) para cada uno de los tres grupos resultó ser 20,6%, 13,3% y 6,3%. Se observó una clara relación exposición-respuesta entre concentración de As en el agua de consumo y frecuencia de lesiones dérmicas. La escasez de efectos observados en la salud de la población atacameña puede ser explicada por diferencias en la susceptibilidad a los efectos del As debido a una mayor capacidad de detoxificación por metilación que puede estar influenciada por factores genéticos, dietéticos o de estilo de vida.

ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the levels of total and inorganic As in urine and to detect skin lesions attributable to Arsenic ingestion. Of the 3,000 inhabitants residing in 13 settlements, 761 participated voluntarily in the study. The As concentration was determined in surface water sources in the area, which was used to classify the population in three groups, according to the level of As in the water supply: high (300-800 µg/L), medium (100-300 µg/L) and low (< 100 µg/L). The three groups are similar with respect to diet, lifestyle and sociodemographic characteristics. The mean urinary concentrations of inorganic arsenic and metabolites excreted by the three groups were 427 µg/L, 192 µg/L and 96 µg/L, respectively. The most frequent adverse skin effect was hyperpigmentation with a clear exposure - response relationship between Arsenic concentration in drinking water and the frequency of this dermal lesion. The prevalence of cutaneous lesions for each of the three groups is 20.6%, 13.3% and 6.3% respectively. The paucity of observed health effects may be explained by the difference in atacameñan susceptibility to effects of As due to increased detoxification of Arsenic by methylation which may be influenced by genetic or dietary and other lifestyle factors.

INTRODUCCION

Los pueblos de Ayquina, Camar, Caspana, Cupo, Chiu-Chiu, Lasana, Peine, Río Grande, San Pedro de Atacama, Socaire, Talabre, Toconao y Toconce se sitúan en una zona cuyos suelos y recursos hídricos están naturalmente contaminados con arsénico.

La bibliografía clásica señala que la ingestión de aguas contaminadas con Arsénico se asocia con trastornos cardiovasculares y efectos adversos en la piel incluyendo hiperqueratosis e hiperpigmentación y en algunos casos cáncer de piel. Recientemente la ingestión de Arsénico se ha asociado también a cáncer de riñón, vejiga, hígado y pulmón (Smith *et al.*, 1992).

Durante los años 1989 - 1991 la Universidad de Chile, en conjunto con el Instituto de Salud Pública, desarrolló en la zona atacameña un proyecto de investigación con apoyo del International Development Research Centre de Canadá cuyo objetivo, entre otros, fue evaluar la exposición al Arsénico de la población atacameña.

El principal mecanismo de contaminación natural con Arsénico, en esta zona, es el proceso de solubilización de los materiales geoquímicos de origen volcánico, constituyendo el agua el principal medio de transporte del tóxico, llegando por esta vía al ser humano y a los alimentos que se producen en la zona.

METODOLOGIA

I. ETAPAS DEL PROYECTO

- i) Estudio del conocimiento, actitudes y prácticas de la población atacameña respecto a fuentes de agua y alimentación. Este estudio se hizo a través de encuestas a 642 familias atacameñas que entregaron información sobre:
 - Características de la población atacameña para determinar la composición de la muestra del estudio clínico.
 - Fuentes de agua y dieta alimenticia de la población atacameña para seleccionar las muestras de agua, vegetales y suelos.
- ii) Determinación de presencia de Arsénico en el ambiente atacameño: agua, suelos y alimentos.

Las muestras de agua fueron preservadas con HCl bajo refrigeración a 4°C y las muestras de vegetales fueron almacenadas a -20°C.

TABLA 1.
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACION ATACAMEÑA

PUEBLO	NUMERO DE HABITANTES					
	HOMBRES		MUJERES		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Ayquina	50	1,68	51	1,71	101	3,39
Camar	43	1,44	48	1,61	91	3,05
Caspana	132	4,43	142	4,77	274	9,20
Cupo	16	0,54	21	0,70	37	1,24
Chiu-Chiu	133	4,46	114	3,83	247	8,29
Lasana	79	2,65	68	2,28	147	4,93
Peine	101	3,39	95	3,19	196	6,58
Río Grande	36	1,21	44	1,48	80	2,69
San Pedro de Atacama	481	16,15	474	15,91	955	32,06
Socaire	148	4,97	171	5,74	319	10,71
Talabre	41	1,38	35	1,17	76	2,55
Toconao	188	6,31	196	6,58	384	12,89
Toconce	34	1,14	38	1,28	72	2,42
	1482	50,49	1497	49,51	2979	100,00

TABLA N° 2.
EDAD Y TIEMPO DE RESIDENCIA MEDIA DE LA POBLACION ATACAMEÑA

PUEBLO	EDAD (años)		TIEMPO RESIDENCIA (años)	
	X	S.D.	X	S.D.
	Ayquina	29,96	23,79	29,75
Camar	20,76	18,51	18,29	17,56
Caspana	24,94	19,53	24,94	19,53
Cupo	26,07	23,57	26,07	23,57
Chiu-Chiu	25,44	20,37	20,60	18,05
Lasana	30,74	21,68	23,82	20,10
Peine	29,37	21,41	26,10	22,76
Río Grande	23,79	20,81	23,24	20,84
San Pedro de Atacama	29,97	23,13	23,76	22,84
Socaire	25,41	21,30	25,33	21,24
Talabre	20,86	19,10	18,65	17,79
Toconao	25,32	20,40	23,08	21,12
Toconce	23,72	19,74	22,64	19,38

iii) Estudio de los efectos de la ingestión de Arsénico en la población atacameña.

Este estudio se hizo en terreno a través de muestreo de orina, cuestionario clínico y examen físico para detectar lesiones de la piel y alteraciones vasculares periféricas.

Las lesiones de piel investigadas correspondieron a placas leucomelanodérmicas e hiperqueratosis palmar y plantar. Las alteraciones vasculares bajo estudio fueron enfriamiento, palidez, disminución del ritmo cardíaco y lesiones indicativas de falta de irrigación en extremidades distales.

La población examinada incluyó 761 sujetos; 726 habitantes de 13 pueblos atacameños y 35 sujetos de Huatacondo, tomado como pueblo control.

II. ESPECIACION ANALITICA DEL ARSENICO.

La especiación analítica del Arsénico se hizo por generación de hidruro (HGMS) (Perkin Elmer2100 - MHS 20).

En el caso de muestras de aguas se analizó el Arsénico total y el Arsénico trivalente en presencia de pentavalente (Yamamoto *et al.*, 1981; Hinners, 1980).

A las muestras de vegetales y suelos se les determinó, Arsénico total después de digestión con $\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{SO}_4 / \text{HClO}_4$.

En el caso de muestras de orina, la técnica analítica usada permitió el análisis de la concentración total de Arsénico y de los compuestos de Arsénico inorgánico (trivalente As (III) + pentavalente As (V) y de sus metabolitos (ácido monometilarsónico MMAA ($\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$) y ácido dimetilarsónico DMAA ($(\text{CH}_3)_2\text{As} + \text{CH}_2\text{COOH}$). El Arsénico de origen marino ácido trimetil arsénico TMAA ($\text{CH}_3\text{As} + \text{CH}_3\text{As} + \text{CH}_2\text{COOH}$) fue calculado por diferencia (Farmer *et al.*, 1990; Vahter *et al.*, 1986; Subramanian, 1988; Norin *et al.*, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

i) Estudio del conocimiento, actitudes y prácticas de la población atacameña respecto a fuentes de agua y alimentos.

En la Tabla 1 se muestra la distribución por sexo de la población atacameña y en la Tabla 2 la edad media y tiempo de residencia de esta población. Se puede observar que San Pedro de Atacama es el pueblo más populoso con 32,06% del total de la población y Cupo es el menos poblado con 1,24% No hay diferencias estadísticamente significativas en la distribución por sexo de la población.

Los antecedentes de edad y tiempo de residencia de la población en estudio presentan una gran dispersión por el hecho que en esto pueblos viven solamente niños y ancianos ya que aquellos en edad reproductiva abandonan el lugar en busca de trabajo.

TABLA 3.

CONCENTRACION Y ESPECIACION DE ARSENICO EN EL AGUA DE CONSUMO DE LA POBLACION ATACAMEÑA

LOCALIDAD	FUENTE AGUA	ESPECIACION DE ARSENICO EN EL AGUA $\mu\text{g/L}$		
		As total	As (V)	As (III)
Ayquina	R. Toconce	823	739	84
	R. Linzor	383	383	$\leq 7,6$
	Q. Turi	573	573	$\leq 11,5$
Camar	Q. Camar	447	447	$\leq 8,9$
Caspana	Q. Caspana	9	-	-
Cupo	Q. Cupo	124	124	$\leq 2,5$
Chiu-Chiu	R. Loa	254	254	$\leq 5,1$
	R. Toconce	772	772	$\leq 15,4$
Lasana	AL Toconce (Linzor)	372	372	$\leq 7,4$
	R. Loa	230	220	10
Peine	R. Siloli	141	141	$\leq 2,8$
	Q. Peine	100	100	$\leq 2,0$
Río Grande	R. Río Grande	80	80	$\leq 1,6$
San Pedro de Atacama	R. Vilama	619	619	$\leq 12,4$
	R. San Pedro	172	131	40,7
Socaire	Q. Socaire	220	220	$\leq 4,4$
Talabre	Q. Talabre	26	26	$\leq 0,5$
Toconao	Q. Onar-Jérez	19	19	$\leq 0,4$
	R. Silapeti	15	15	$\leq 0,3$
Toconce	R. Toconce	363	363	$\leq 7,2$
Huatacondo*	Q. Tamentica	≤ 1	-	-
	Q. Cautemisca	≤ 2	-	-
	Q. Huatacondo	≤ 2	-	-

* Control

TABLA 4.
CONCENTRACION DE ARSENICO EN VEGETALES CULTIVADOS EN LOS PUEBLOS ATACAMEÑOS

VEGETAL	ARSENICO EN VEGETAL µg/g base fresca	ARSENICO EN AGUA DE RIEGO mg/L
Repollo	0,054	0,172
	0,033	0,220
	0,715	0,619
Rábano	0,207	0,172
	0,938	0,619
Acelga	0,156	0,220
	0,520	0,619
Beterraga	0,218	0,002
	0,282	0,172
	0,718	0,619
Papa	0,040	0,172
	0,044	0,220
Ajo	0,018	0,090
	0,050	0,220
Arveja	0,030	0,002
	0,162	0,172
	0,044	0,220
Cebolla	0,036	0,002
	0,106	0,172

TABLA 5.
CONCENTRACION DE ARSENICO EN SUELOS DE HUERTOS PARA CULTIVOS

SUELO DE HUERTOS	ARSENICO µg/g
San Pedro de Atacama (Condeduque)	220,5
San Pedro de Atacama (Larache)	448,0
Toconao	93,0
Socaire	180,5
Caspana	86,0
Huatacondo*	64,0

* Pueblo Control

TABLA 6.

CONCENTRACION MEDIA DE ARSENICO URINARIO Y SIGNOS DE HIPERPIGMENTACION EN LA POBLACION ATACAMEÑA

POBLACION ATACAMEÑA QUE CONSUME AGUA CON CONTENIDO ELEVADO DE ARSENICO 300 - 800 µg/L								
PUEBLO	POBLACION GENERAL		POBLACION EXAMINADA		POBLACION CON SIGNOS DE HIPERPIGMENTACION		CONCENTRACION MEDIA DE ARSENICO DE ORINA µg/L	
	(N)	(N)	(%)	(N)	(%)	As Total	As inorgánico	
Ayquina	101	35	34,65	9	25,7	1146,1	622,1	
Camar	91	30	32,97	5	16,7	1051,0	668,7	
Chiu-Chiu	247	49	19,84	7	14,3	802,1	333,2	
Lasana	147	49	33,33	7	14,3	545,0	262,6	
Sn. Pedro Atac.	955	181	18,95	53	29,3	674,8	378,3	
Toconce	72	30	41,67	7	23,3	424,9	297,8	
POBLACION ATACAMEÑA QUE CONSUME AGUA CON CONTENIDO MODERADO DE ARSENICO 100 - 300µ g/L								
PUEBLO	POBLACION GENERAL		POBLACION EXAMINADA		POBLACION CON SIGNOS DE HIPERPIGMENTACION		CONCENTRACION MEDIA DE ARSENICO DE ORINA µg/L	
	(N)	(N)	(%)	(N)	(%)	As Total	As Inorgánico	
Cupo	37	24	64,86	4	16,7	175,9	74,7	
Peine	196	39	19,90	4	10,3	413,3	231,9	
Socaire	319	69	21,63	9	13,0	594,9	30,6	
Caspana	274	86	31,39	9	10,5	75,3	27,3	
Río Grande	80	25	31,25	0	0	428,6	185,1	
Talabre	76	51	67,11	5	9,8	262,1	141,5	
Toconao	384	58	15,10	3	5,2	75,2	30,6	
POBLACION ATACAMEÑA QUE CONSUME AGUA CON CONTENIDO MINIMO DE ARSENICO < 2 µg/L								
PUEBLO	POBLACION GENERAL		POBLACION EXAMINADA		POBLACION CON SIGNOS DE HIPERPIGMENTACION		CONCENTRACION MEDIA DE ARSENICO DE ORINA µg/L	
	(N)	(N)	(%)	(N)	(%)	As Total	As inorgánico	
Huatacondo		35		0	0,0	46,8	12,2	

Las principales quejas con respecto a calidad de agua, expresadas por los atacameños, se refieren al sabor y dureza del agua, ellos no están preocupados por el problema que representa la presencia de Arsénico en su ambiente.

La dieta de los atacameños, se basa en carnes, granos y escasos vegetales y frutas cultivados en la zona. Consumen frecuentemente alimentos marinos en conserva por su costo y facilidad de almacenamiento, dado que no cuentan con energía eléctrica para la conservación de sus alimentos.

ii) Determinación de presencia de arsénico en el ambiente atacameño: agua, suelo y alimentos.

En la Tabla 3 se muestra la concentración de Arsénico en el agua utilizada por los atacameños tanto para su consumo como para riego. En la mayoría de los casos el Arsénico es pentavalente excepto en las fuentes que abastecen San Pedro de Atacama, Lasana y Ayquina donde el agua presenta Arsénico (III) y Arsénico (V). Algunas de estas localidades mostraron los más altos porcentajes de habitantes con signos de hiperpigmentación ocasionados por hidroarsenicismo.

La concentración de Arsénico en algunos vegetales y suelos cultivados en la zona se muestra en Tablas 4 y 5, respectivamente. En estos resultados es interesante observar las diferencias en los niveles de Arsénico para la misma especie vegetal dependiendo de la calidad del agua utilizada en el riego.

iii) Estudio de los efectos de la ingestión de arsénico en la población atacameña.

El estudio clínico reveló que el único signo de arsenicismo en la población atacameña es la presencia de placas leucomelanodérmicas en grado variable de acuerdo al nivel de Arsénico del agua de consumo. El grupo control Huatacondo, no mostró estos efectos. San Pedro de Atacama, Ayquina y Toconce mostraron la más alta tasa de signos de hidroarsenicismo (Tabla 6).

El nivel de As total y As inorgánico y sus metabolitos medidos en la orina de la población atacameña (Tabla 6) en general es bastante alto. En el caso de Huatacondo el nivel de Arsénico total está dentro de los valores considerados normales.

CONCLUSIONES

- El agua de consumo de los pueblos atacameños contiene Arsénico, preferentemente en forma de As (V).
- Los vegetales cultivados en la zona presentan variadas concentraciones de Arsénico, dependiendo del lugar y del agua de irrigación.
- El examen físico reveló que el 16,0% de la población presenta signos cutáneos resultantes de ingestión de Arsénico. En los pueblos que utilizan agua que contiene As(III) y As(V) se observó una más alta ocurrencia de signos de hiperpigmentación (23,1%). Estos hallazgos sólo pueden considerarse como evidencia sugerente ya que se basan en las observaciones hechas a través de un examen físico dermatológico. El análisis estadístico de los resultados muestra diferencias estadísticamente significativas en la presencia de signos de hidroarsenicismo de acuerdo a edad y tiempo de residencia del sujeto.
- La orina de la población atacameña presenta una concentraciones media de Arsénico total de 506,1 µg/L con un rango de 75,2-1146,1 µg/L. Este contenido de Arsénico en orina es muy superior a los valores normales de referencia señalados por la Organización Mundial de la Salud para personas no ocupacionalmente expuestas.

AGRADECIMIENTOS

Los fondos para desarrollar este estudio fueron otorgados por el International Development Research Centre de Canadá (Grant 3P-88-0247).

BIBLIOGRAFIA.

Farmer, J.G. y Johnson, L. R., 1990 Assessment of occupational exposure to inorganic arsenic based on urinary concentrations and speciation of arsenic. *British Journal of Industrial Medicine*, 47:342-348.

Hinners, T.A., 1980., Arsenic Speciation Limitations with Direct Hydride Analysis. *Analyst*, Vol. 105, p. 751-755.

Norin, H. y Vahter, M., 1981. A rapid method for the selective analysis of total urinary metabolites of inorganic Arsenic, *Scand. J. work environ. health* 7, p. 38-44.

Smith A. *et al.*, 1988. Cancer Risk from Arsenic in Drinking Water. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 97.

Subramanian, K.S., 1988. Determination of Arsenic in Urine by Graphite Platform in Furnace Atomic Absorption Spectrometry. Canadian Journal of Spectroscopy. Vol. 33, N° 6, p. 173-181.

Vahter, M., Friberg, L., Rahnster, B., Mygren, A. y Nolinder, P., 1986. Airborne Arsenic and urinary excretion of metabolites of inorganic arsenic among smelter workers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 57, p. 79-91.

Yamamoto, M., Urata, K., Murashige, K. y Yamamoto, Y., 1981. Differential determination of arsenic (III) and arsenic (V) and antimony (III) and antimony (V) by hydride generation atomic absorption spectrophotometry and its application to the determination of these species in sea water. Spectrochimica Acta, Vol. 36 B, N° 7, p. 671-677.