

## **IMPACTO EN SALUD POR METALES: METODOLOGÍA CLÍNICO AMBIENTAL APLICADA EN XOCHITLÁN, VALLE DEL MEZQUITAL, MÉXICO** **HEALTH IMPACT BY METALS: ENVIRONMENTAL AND CLINIC METHODOLOGY APPLIED IN XOCHITLÁN, MEZQUITAL VALLEY, MEXICO**

*Francisco Prieto García*<sup>1</sup>

*Roberto García Monroy*<sup>2</sup>

*Judith Prieto Méndez*<sup>3</sup>

*Milene Benítez Méndez*<sup>4</sup>

### **RESUMEN**

**Objetivo:** Aplicar una metodología para evaluar el impacto a la salud en seres humanos, por afectaciones a la calidad ambiental y bioacumulación de metales pesados. **Material y método:** A) Diseño: Ceñido a las metodologías de la ATSDR y EPA, con inserción de una historia clínica con enfoque toxicológico, instrumento de encuesta, con amplia información para la caracterización de individuos de la población, obtención del panorama de salud, diagnóstico situacional y proyección de transición epidemiológica. B) Emplazamiento: Realizado en Xochitlán, estado de Hidalgo, México. C) Intervenciones: Las vías de exposición, mostraron como crítico, el consumo de hortalizas, vegetales y granos cosechados en la zona. **Resultados:** Concentraciones de metales Cd, Cr, Pb y Al encontrados en sangre y orina y tejidos de cabellos y uñas, demostraron su presencia en todas las muestras. Dos individuos presentaron concentraciones de Cd en orina por encima del límite de tolerancia biológica; los que serán sometidos a control. Por tratamiento estadístico y análisis de componentes principales aplicado a datos por grupos de edades, se explica el 26.95% de la variación acumulada, incidiendo en esta agrupación los caracteres, edad, frecuencia cardíaca y sistema cardiovascular. El grupo coeficiente intelectual explicó el 21.48% de la variación, con incidencia de los antecedentes patológicos de cáncer, neoplasias, tiempo de residencia, ubicación rural y origen del agua para beber. La base de datos mujeres permitió explicar el 55.32% de la variación, dada por los antecedentes número de embarazos, edad, fecundidad, amenorrea primaria y/o menarca. **Conclusiones:** Estos resultados propician las posibilidades de sistematizar esta metodología en ésta y otras zonas similares.

**Palabras clave:** propuesta de metodología clínico ambiental; reuso de aguas residuales, metales pesados, impacto a la salud

### **ABSTRACT**

**Objective:** To apply a methodology for evaluating the health impact on humans, effects on environmental quality and bioaccumulation of heavy metals. **Method:** a) Design: Clingy methodologies to ATSDR and EPA, with insertion of a clinical history toxicological approach, survey instrument, with extensive information for the characterization of individuals in the population, obtaining health scenario, situation

assessment and projection of transition epidemiological. B) Location: Made in Xochitlán, State of Hidalgo, Mexico. C) Interventions: Routes of exposure, showed as a critic, the consumption of vegetables, vegetables and grains harvested in the area. **Results:** Concentrations of metals Cd, Cr, Pb and Al found in blood and urine and tissues of hair and nails, showed its presence in all samples. Two individuals had urinary Cd concentrations above the biological tolerance, which must be controlled. For statistical analysis and principal component analysis applied to data by age group, explains 26.95% of the cumulative variation, focusing on this group characters, age, heart rate and cardiovascular system. The IQ group explained 21.48% of the variation, with incidence of disease history of cancer, neoplasm, residence time, rural location and source of drinking water. The database allowed women explain 55.32% of the variation, given by the background number of pregnancies, age, fertility, primary amenorrhea and / or menarche. **Conclusions:** These results foster the possibilities of systematizing this methodology in this and other similar areas.

**Keywords:** proposal of environmental clinical methodology; waste water reusability, heavy metals, impact to the health

### **INTRODUCCIÓN**

Las evaluaciones de riesgos a la salud por factores ambientales en América Latina y en especial en México, se han efectuado utilizando la metodología propuesta por la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR)<sup>1</sup> y la Agencia de Protección al Ambiente (EPA)<sup>2</sup>, de acuerdo a los reportes de la CEPIS<sup>3</sup>. La EPA ha desarrollado una metodología que evalúa los riesgos para la salud con un enfoque cuantitativo, centrado en las sustancias tóxicas; en tanto la ATSDR emplea un método de evaluación de salud cuyo propósito es jerarquizar sitios en los que se encuentran residuos de acuerdo a los peligros que representan para poblaciones aledañas. Los ejes en que se cimientan las

<sup>1</sup> Doctor en Química. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Químicas, Estado de Hidalgo, México

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Químicas, Estado de Hidalgo, México

<sup>3</sup> Doctora en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Estado de Hidalgo, México

<sup>4</sup> Doctora en Medicina. Universidad de las Ciencias Médicas 'Carlos J. Finlay', Camagüey, Cuba

#### **Correspondencia:**

Dr Francisco Prieto García  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Químicas,  
Estado de Hidalgo, México  
E-mail: [prietog@uah.edu.mx](mailto:prietog@uah.edu.mx)

metodologías citadas son la identificación y caracterización de residuos peligrosos, sus fuentes y rutas de exposición humana, determinación de la exposición y efectos adversos, gestión y la comunicación social de riesgos, sistematización de abordaje de situaciones de agentes peligrosos<sup>4</sup>. Sin embargo, las adecuaciones a la metodología original, en su mayoría, son de alto costo en su aplicación inicial y los subsecuentes monitoreos, algunas otras no se adaptan a las condiciones de los sitios contaminados. Debido a esto, surgió la presente propuesta de metodología diseñada para aplicarse a cualquier sitio. Esta metodología diseñada y probada ha sido el objetivo central de este trabajo; la metodología que se propone se ciñe a las metodologías de la ATSDR y la EPA, con inserción de una historia clínica que se agrega y la cual cuenta con un amplio enfoque en toxicología, diseñada como instrumento de encuesta, que reditúa en una amplia información para la caracterización de individuos y de poblaciones con amplio potencial para obtener un panorama de salud, un diagnóstico situacional, una proyección de la transición epidemiológica, al dimensionar el impacto y posibilitar el diseño del plan operativo para la evaluación integral de riesgo toxicológico, optimizando recursos tanto humanos como materiales y financieros.

Durante más de 100 años los suelos agrícolas del Valle del Mezquital, en Hidalgo, México, han sido regados con aguas residuales de la zona metropolitana por el método de inundación. Los residuos industriales de la gran urbe, el uso de agroquímicos y los metales contenidos en agua y suelos por la misma naturaleza geomorfológica en esta región agrícola<sup>5</sup>, han contribuido considerablemente al incremento de las concentraciones de metales pesados, generándose un proceso de acumulación con gran potencial ecotóxico. Cajuste et al<sup>5</sup> detectaron concentraciones de metales en agua para riego más elevadas que las permitidas por la Norma Oficial Mexicana<sup>6</sup> que regula el uso agrícola; Siebe y Cifuentes<sup>7</sup>, desde hace trece años, ya estimaban que la acumulación de metales pesados en suelos de cultivo en estas regiones, ya está en un rango de 3 a 6 veces mayor en comparación con las que son regadas con aguas no residuales. Estudios de Mascareño y Guajardo<sup>8</sup>, Carrillo<sup>9</sup>, Cifuentes<sup>10</sup>, Lucho et al<sup>11</sup>, Prieto et al<sup>12</sup>, entre otros, detectaron Cr, Cd, Pb y Ni en cultivos. La fracción más activa de los metales en el suelo ha tenido un incremento en relación con la disponibilidad de las plantas<sup>13</sup>, en especial de Cd y Pb. Al incorporarse los metales a la cadena trófica, debido a su carácter tóxico y bioacumulativo, existe el riesgo de ocasionar alteraciones a la salud humana<sup>14-17</sup>.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se eligió la localidad de Xochitlán y tres poblaciones circunvecinas, El Moreno, La Ranchería, y la Mora, por

el riesgo potencial a la salud de los habitantes y trabajadores por presencia de elementos traza; catalogados los sitios a investigar en cuatro zonas: urbana, periurbana, suburbana y rural, respectivamente. La metodología se diseñó en 5 fases: Primera fase de investigación documental sociodemográfica y de salud, donde se corroboró la dinámica poblacional a partir de indicadores como tasa de crecimiento poblacional, tasa de natalidad (año 2000), notándose un decremento en este sentido (fuentes, PROVAC y Microdiagnóstico de salud); tasa de fecundidad (proporción de hijos por cada 1 000 mujeres en edad fértil, 15 a 49 años) para el período enero-julio de 2005; niveles de esperanza de vida al nacer, la cual se ha incrementado paulatinamente, tanto para hombres como para mujeres. En lo referente a la morbilidad general, las 10 primeras causas de ambos rubros no muestran diagnósticos fehacientes de padecimientos relacionados con los metales en estudio, sino enfermedades crónicas degenerativas e infecciosas. Este comportamiento del panorama de salud es similar desde el año 2001 y al menos hasta el año 2005, (fuentes: hechos vitales del registro civil)<sup>18</sup>.

En la segunda fase se evaluaron las vías de exposición al riesgo: agua, cultivos y actividades ocupacionales agrícolas, entre otras. En la tercera fase se caracterizó a la población participante, aplicando el instrumento de propuesta metodológica clínico ambiental (encuesta). Los sitios elegidos fueron en base a la cercanía a los canales de aguas residuales y tierras de cultivo, hábitos y costumbres de riesgo para la salud y calidad de los servicios; todo ello con vistas a realizar un estudio comparativo con base en estos aspectos. Se encuestaron 275 participantes (previo consentimiento informado y bajo criterios de inclusión y exclusión), de ambos sexos, con edades comprendidas desde los 6 hasta 85 años. Fueron agrupados en 4 rangos de edades designadas: A) de 6 a 17 años, B) de 18 a 45 años, C) de 46 a 60 años, y D) de 61 años y más, lo que posibilita analizar el comportamiento de las concentraciones de los metales en los 4 estadios de vida<sup>18</sup>.

El instrumento de encuesta clínico ambiental se estructuró en tres secciones:

1. Sección I, para los grupos B, C, y D denominada "Edades" con 53 caracteres (variables) y 152 participantes, con las siguientes secciones, datos de identificación; encuesta alimenticia; hábitos y costumbres; antecedentes hereditarios (cuatro generaciones); antecedentes personales patológicos; antecedentes laborales; esfera psicológica (test "mini mental") de Folstein et al<sup>19</sup>, por medio del cual se determina el deterioro de las funciones cerebrales superiores; memoria, lenguaje, orientación, cálculo y atención; anamnesis por aparatos y sistemas; exploración de segmentos corporales; signos vitales y somatometría.

2. Sección II, para el grupo de edad A, denominado "Escolares", con 62 caracteres (variables) y 93 participantes, con las secciones: Ficha de identificación; encuesta sobre alimentación; hábitos y costumbres de riesgo para la salud; antecedentes hereditarios (cuatro generaciones), anamnesis por aparatos y sistemas, antecedentes personales patológicos (incluidos los periodos prenatal, de gestación, perinatal, nacimiento.); coeficiente intelectual (referente: historial de rendimiento escolar de la Secretaría de servicios educativos en Hidalgo).
3. Sección III, en el tercer grupo, denominado "Mujeres", se incluyó al total de participantes del sexo femenino (131) con 12 caracteres (variables) que in-

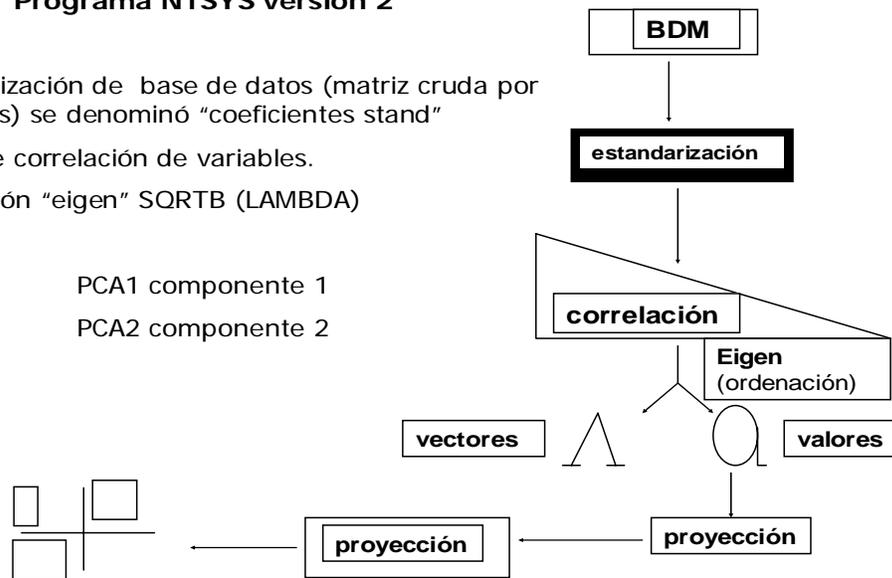
cluyó antecedentes ginecológicos; obstétricos en el caso de mujeres en edad fértil y mujeres adultas en general incluyendo a las de la tercera edad.

La cuarta fase se desarrolló en la toma de muestras biológica y realización de análisis de metales en fluidos y tejidos corporales<sup>20</sup>. Todos los resultados de las cuatro fases en su conjunto, fueron procesados para establecer correlaciones entre ellas. Las valoraciones de correlaciones fueron realizadas por análisis de componentes principales (ACP). Para el tratamiento estadístico, se utilizó un análisis multivariado (ANOVA) de componentes principales, utilizando el paquete NTSYS 2 (figura 1).

**Figura 1**  
**Esquema del programa NTSYS en su versión 2 (NYSYS Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2)**

**Programa NTSYS versión 2**

1. Estandarización de base de datos (matriz cruda por renglones) se denominó "coeficientes stand"
2. Matriz de correlación de variables.
3. Ordenación "eigen" SORTB (LAMBDA)



**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la investigación documental se analizaron los diagnósticos de salud de 3 años consecutivos (2003-2005), no encontrándose registros de padecimientos donde se establezca la etiología o comorbilidad por metales pesados. Para tal efecto se revisaron los reportes de morbimortalidad anual, así como los indicadores de salud y dinámica poblacional. La tasa de crecimiento poblacional de agosto de 2004 a julio de 2005 fue de 2,88 por cada 100 habitantes; la tasa de natalidad de 3,23 por 100 habitantes (para el año 2000), que representa un promedio de 45 nacimientos por año, notándose un decremento en el número de nacimientos (fuentes.

PROVAC y Microdiagnóstico de salud). La tasa de fecundidad, para el período enero-julio de 2005 fue de 1,54 por 100 mujeres en edad fértil.

Los reportes indican que la esperanza de vida al nacer se ha incrementado paulatinamente, tanto para hombres como para mujeres; en el 2002 fueron de 71,87 y 76,5 años, respectivamente (Fuentes: SISPA, SUIVE<sup>21</sup>, INEGI). Sobre la morbimortalidad general, las 10 primeras causas no mostraron diagnósticos fehacientes de padecimientos relacionados con los metales en estudio. Sin embargo, se compararon estos rubros con los de la media nacional y se observaron diferencias significativas.

La investigación documental (microdiagnóstico de salud SSH, 2005) y la evaluación del riesgo de las rutas o vías de exposición, aportaron que los poblados estudiados cuentan con agua potable intra y extradomiciliaria casi en la totalidad, proveniente de un pozo cuyo monitoreo está a cargo de la Comisión Nacional del Agua y la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Progreso (CNA y CAAMPAO).

El sector salud prohíbe por norma el cultivo de hortalizas regadas con aguas residuales; la mayoría de los cultivos de la región están catalogados como forrajeros y son enviados a otros lugares para su comercialización y consumo; sin embargo, se detectó el consumo de cultivos propios (granos y legumbres). Por último, que la ruta de riesgo que comprendió las actividades laborales agrícolas indican que la población económicamente activa corresponde a un 66,6 % del total de la población (581 personas), de éstas el 33 % (170 personas) se dedi-

can a labores agrícolas; representan un número reducido por dos causas, la dinámica poblacional, que manifiesta una gran migración por escasas fuentes de empleo y la tecnificación agrícola que desplaza en gran medida la mano de obra. Con la aplicación de la encuesta con enfoque clínico toxicológico constituida por 10 apartados y 130 variables cuantitativas, se estructuraron las tres agrupaciones mencionadas: “*población general*”, “*edad escolar*” y “*mujeres*”.

El comportamiento de la bioacumulación de los metales pesados tanto en los cuatro rangos de edad como en los medios urbano, periurbano, suburbano y rural respectivamente, estuvieron dentro de los valores límites de tolerancia biológica (LTB) reportados en la bibliografía<sup>22-24</sup>. Los niveles promedios encontrados para cada uno de los metales evaluados en los fluidos y tejidos corporales muestreados se observan en la tabla 1.

**Tabla 1**  
**Resultados promedios encontrados por cada metal evaluado en los fluidos y tejidos corporales muestreados en pobladores del Municipio de Xochitlán**

|                            |                     | Cadmio | Cromo  | Plomo  | Aluminio |
|----------------------------|---------------------|--------|--------|--------|----------|
| Uñas (µg/kg)               | Media               | 4,95   | 0,032  | 0,037  | 0,133    |
|                            | Máximo              | 7,09   | 0,073  | 0,082  | 0,318    |
|                            | Mínimo              | <0,024 | <0,002 | <0,002 | <0,009   |
|                            | Desviación estándar | 0,01   | 0,03   | 0,07   | 0,46     |
|                            | n                   | 244    | 244    | 244    | 244      |
| Sangre (µg/L)              | Media               | 1,18   | 12,05  | 4,76   | 31,31    |
|                            | Máximo              | 6,45   | 81,00  | 44,00  | 210,00   |
|                            | Mínimo              | <0,024 | <0,002 | <0,002 | <0,009   |
|                            | Desviación estándar | 0,27   | 0,28   | 0,11   | 0,38     |
|                            | n                   | 253    | 253    | 253    | 253      |
| Orina (µg/g de creatinina) | Media               | 4,55   | 1,79   | <0,002 | 11,16    |
|                            | Máximo              | 16,55  | 6,55   | 0,36   | 67,27    |
|                            | Mínimo              | <0,024 | <0,002 | <0,002 | <0,009   |
|                            | Desviación estándar | 0,18   | 0,02   | <0,002 | 0,21     |
|                            | n                   | 237    | 237    | 237    | 237      |
| Cabello (µg/kg)            | Media               | 2,99   | 43,56  | 0,27   | 3,88     |
|                            | Máximo              | 3,18   | 71,00  | 1,59   | 33,00    |
|                            | Mínimo              | 0,03   | 7,00   | <0,002 | <0,009   |
|                            | Desviación estándar | 0,16   | 0,25   | 0,40   | 0,39     |
|                            | n                   | 240    | 240    | 240    | 240      |

Los resultados de metales en orina se expresan en µg del metal/g de creatinina, en saliva se expresan en µg de metal/L de fluido y para cabellos y uñas, se expresan en µg de metal/kg de tejido. Con respecto a la bioacumulación de los metales evaluados, destaca que todos ellos estuvieron presentes (o al menos detectables) en todos los fluidos y tejidos valorados. Esto puede estar asociado a la proximidad de los pobladores a los canales de riego

de aguas negras y a la relativa cercanía al río Tula, área de mayor contaminación.

Comparados estos resultados con los obtenidos en muestras de fluidos y tejidos de los testigos (controles negativos, formado por pobladores de otra zona no contaminada), se puede decir que resultan de 5 a 20 veces más elevadas las concentraciones de Cd y Cr en fluidos de sangre y orina y de 2 a 5 veces más elevadas en tejidos de uñas y cabellos. Esto hace evidente y demuestra

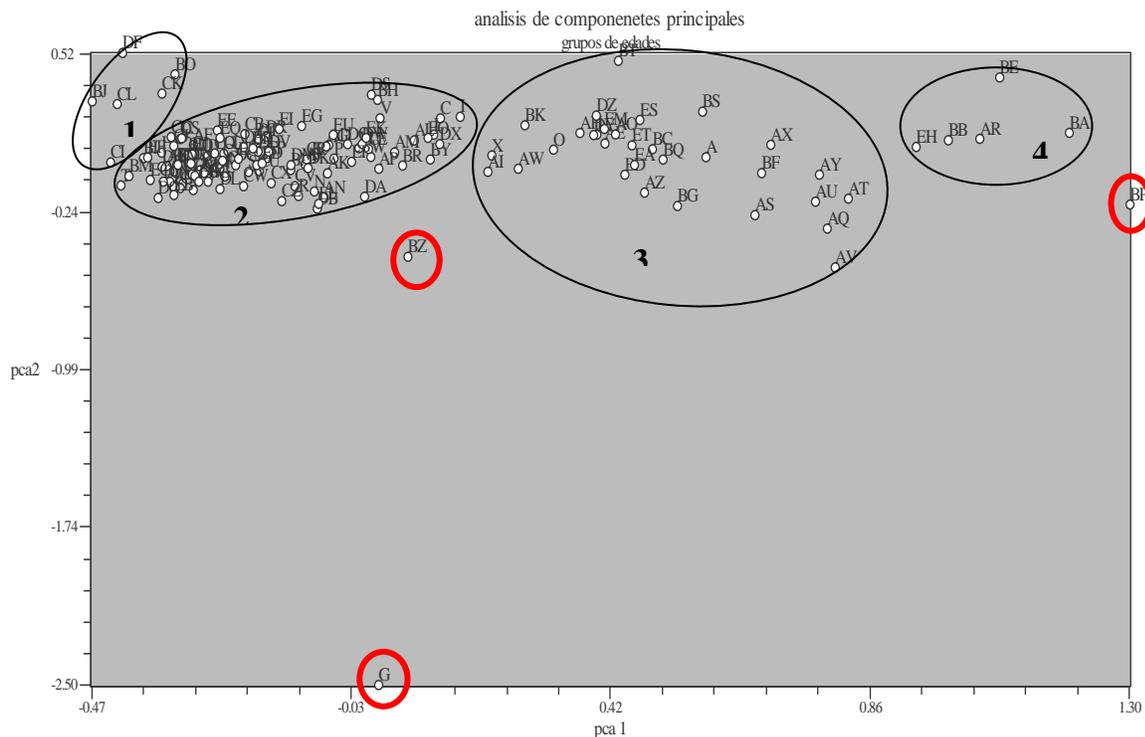
que existe un riesgo potencial de salud en las personas que habitan estas zonas contaminadas, ya sea por el uso y reuso de las aguas negras, como por otros factores de tipo antropogénico que posibilitan la contaminación por metales de estos medios.

Sin embargo, debe resaltarse que no se encontró ningún caso (poblador) con concentraciones de los metales estudiados excesivamente elevadas. Solamente la presencia de Cd en orina, que puede estar asociada a una contaminación por exposición tanto reciente como pasada<sup>25,26</sup>, y que a pesar de ello, no sobrepasó los valores establecidos como límite de tolerancia biológica (LTB >10 µg/g creatinina); sólo se encontraron dos casos de la zona rural (La Mora) con valores excedidos (12,42 y 16,55 µg/g creatinina, respectivamente). Estos dos casos

serán monitoreados de forma sistemática y como parte de seguimiento de este trabajo.

Los resultados obtenidos de un análisis multivariado de componentes principales (ACP), fueron los siguientes: el ACP aplicado a la base de datos “grupos de edades” (B, C Y D), con 152 individuos y 53 caracteres, explicó el 26,95 % de la variación acumulada. En este caso, el componente principal 1 (CP1) explicó el 14,96 %, dado principalmente por los caracteres, edad, frecuencia cardiaca y sistema cardiovascular. El CP2, explicó el 6,38 %, lo que se dio por los caracteres de antecedentes patológicos tales como alergias, intoxicaciones por alimentos, entre otras. El CP3, el 5,61 %, y está referido a antecedentes hereditarios como neoplasias y cáncer (figura 2).

**Figura 2**  
**Análisis de componentes principales por “grupos de edades”**



De la figura se puede indicar la presencia de tres individuos identificados por “G”, “BP” y “BZ”, que se corresponden a casos que se separan de los grupos encontrados. Se observan los cuatro grupos de edades (1 al 4) bien definidos y diferenciados. La CP1 permite explicar estas agrupaciones. La mayor agrupación de individuos se encuentra en el grupo marcado con “2” lo que se corresponde con la pirámide poblacional encontrada anteriormente<sup>18</sup>, donde el 56 % de la población se encuentra entre 10 y 40 años de edad, (mayoritaria entre 10 y 20 años de edad), mostrando un carácter invertido de dicha pirámide y en la cual se aprecia que decrece brus-

camente en las edades iniciales (menores de 5 años, ubicados en el grupo “1”) y terminales de la vida (mayores de 60 años, en el grupo “4”).

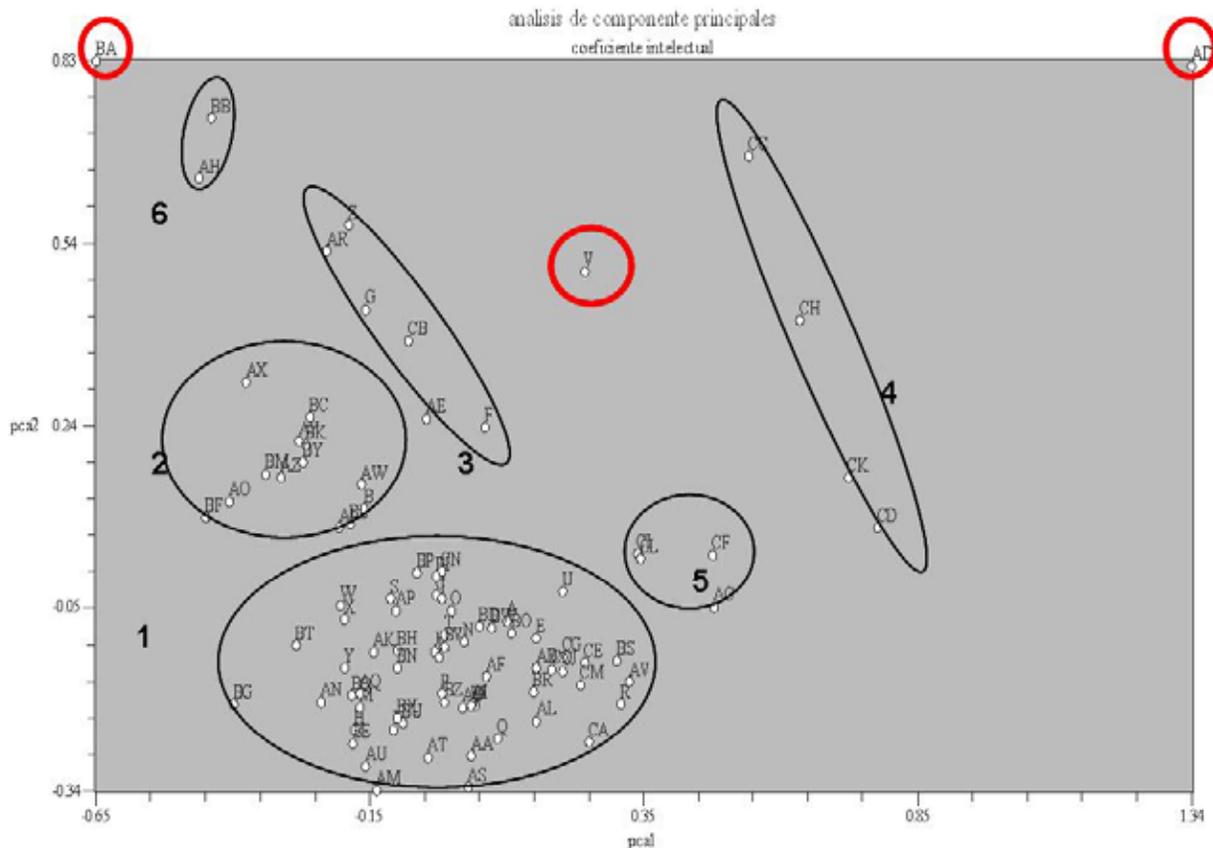
Entre los grupos 2 y 3 se observa una separación dada por la incidencia de las diferencias en la frecuencia cardiaca y el distanciamiento del grupo 4, asociado a trastornos o alteraciones en el sistema cardiovascular. La CP2 explica la ubicación de los grupos 1 y 2 con las mayores incidencias de antecedentes patológicos de alergias e intoxicaciones por alimentos, más crítica en edades tempranas. De manera general se puede inferir que las afecciones por ingestas de alimentos (intoxica-

ciones) pudieran incidir en prácticamente toda la población evaluada.

El ACP aplicado a la base de datos “coeficiente intelectual” que comprendió al grupo de edad “A”, con 93 participantes y 62 caracteres, explicó el 21.48% de la variación acumulada en sus tres primeros componentes; el CP1 explicó el 8,56 %, dado por las variables de antecedentes patológicos como cáncer, neoplasias, tiempo de

residencia, ubicación rural, origen del agua para beber, entre las principales. El CP2 explicó el 7,16 %, y se constituyó por los caracteres del rendimiento escolar, antecedentes hereditarios por línea paterna, entre otras; y finalmente el CP3 que explicó el 5,76 %, que correspondió a las variables edad, tiempo de residencia, alteraciones del sistema nervioso y endocrino (figura 3).

**Figura 3**  
Análisis de componentes principales por “valoración del coeficiente intelectual”

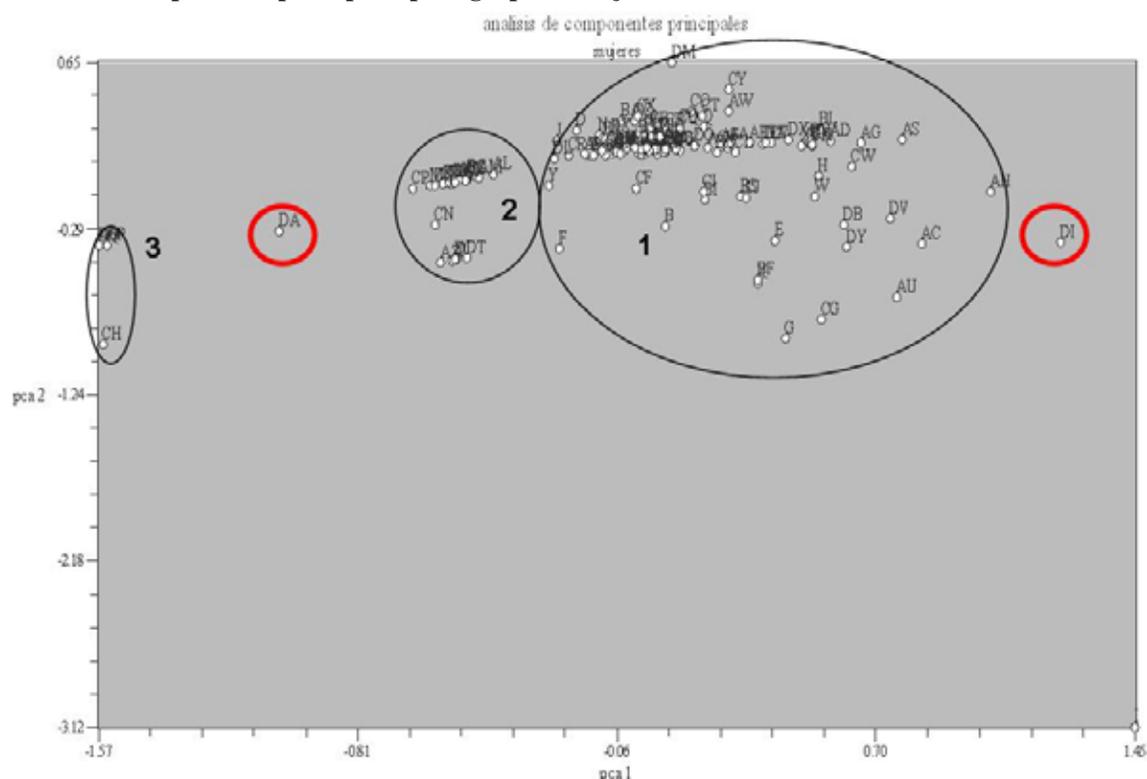


Se aprecian tres individuos, “BA”, “AD” y “V” que se apartan de las 5 agrupaciones principales (1 al 5) y de una agrupación (6) de solo dos individuos. El grupo 1 de este ACP es explicado por la CPI; es la agrupación mayoritaria y se corresponde con un tiempo de residencia en la zona relativamente corto, acorde con las edades (entre 10 y 20 años). Por otra parte el origen del agua de consumo, que en su mayoría (más del 67%) la recibe de fuentes potables, entubadas y externas a las viviendas<sup>18</sup>, y que no tienen hábitos de hervirla o purificarla, pudieran incidir en probables manifestaciones de enfermedades gastrointestinales que afectan a los escolares (ausencias a clases). Los grupos 2 y 3 se corresponden a ubicaciones rurales y periurbanas donde pueden suceder estos eventos de forma más marcada. Las agrupaciones que se enmarcan por CP2 pueden explicarse en asociación con los antecedentes heredofamiliares por la línea paterna.

Los grupos 2, 3, 4 y 6, se ubican en relaciones positivas (hacia la parte media y superior de la figura), lo que estaría en correspondencia con su derivación de los orígenes paternos; sin embargo esto debe seguir siendo revisado de manera más exhaustiva.

El ACP aplicado a la base de datos “mujeres” que incluyó al total de participantes del género femenino con 131 participantes y 12 caracteres, explicó el 55,32 % de la variación acumulada en sus tres primeros componentes. El CP1 explicó el 26,01 % correspondiente a las variables dadas por el número de embarazos, edad, fecundidad, amenorrea primaria, menarca, entre otros. El CP2 explicó el 15,35 %, variables que correspondieron a partos de término, características de la menarquía, partos pretérmino y otras. El CP3 explicó el 13,96 %, constituido por las variables número de embarazos y la variable edad (figura 4).

**Figura 4**  
**Análisis de componentes principales por “grupo de mujeres”**



De esta última figura se aprecia que dos mujeres (“DA” y “DI”) se separan de los tres grupos diferenciados o separados. Los grupos 1 y 2 resultan los mayoritarios y solamente el grupo 3 formado por tres casos. Este último es indicativo y se corresponde con alto número de embarazos en edades tempranas y alta tasa de fecundidad. En este sentido la fecundidad en el grupo 2 es igualmente alta (hasta tres hijos por mujer). Existe también una relación con los procesos de amenorrea primaria; este puede ser el caso que se representa de manera aislada en el individuo marcado en la figura 4 con “DA”. La mayoría de las niñas comienzan a menstruar entre los 9 y 18 años, con una edad promedio aproximada de 12 años. La amenorrea primaria no se considera una dolencia hasta que la niña tenga más de 16 años, si ella ha experimentado otros cambios normales que se presentan durante la pubertad. Este tipo de amenorrea puede presentarse con o sin otros signos de la pubertad. Existen muchas causas para una amenorrea primaria, entre ellas la pérdida de peso drástica (resultado de la pobreza, la moda de hacer dieta, anorexia nerviosa, bulimia, ejercicio vigoroso u otras causas) o casos extremos de obesidad, enfermedades crónicas y/o anomalías genitales congénitas (ausencia del útero o de la vagina, tabique vaginal, estenosis cervical, himen imperforado), entre otras. Este caso (“DA”) seguirá siendo sometido a estudios exploratorios. Así mismo sucede con el otro caso que se aprecia en la figura 4 (“DI”). Por otra parte la

incidencia de la menarca pudiera estar asociada a los antecedentes heredofamiliares o por déficit de nutrientes como en la anorexia nerviosa. Por su parte con la CP2 se entiende que los partos que se han sucedido en su mayoría han sido a término, aunque se detecta en las historias clínicas realizadas y de los resultados de las encuestas que existen alrededor de un 15% de partos pretérminos.

Queda en estudios de continuidad, establecer alguna correlación entre las concentraciones de metales (Cd, Cr, Pb y Al) bioacumuladas y detectadas en análisis de fluidos y tejidos corporales<sup>20</sup> en los pobladores de esta comunidad con los antecedentes patológicos valorados. Por ejemplo dos casos con contenidos de Cd en orina, por encima de los límites de tolerancia biológica (LTB), es decir, superiores a 10 µg/g de creatinina.

La investigación documental sociodemográfica y de salud y los indicadores considerados para evaluar la calidad de vida en el poblado de Xochitlán, Hidalgo, manifiestan una relación equivalente y en correspondencia con la media nacional. En cuanto a la morbimortalidad, las 10 primeras causas muestran a las enfermedades crónico degenerativas e infecciosas, sin denotar una comorbilidad por contaminación ambiental, hasta la fecha. La evaluación de las rutas o vías de exposición al

riesgo ambiental, mostraron como lo más crítico el consumo de hortalizas y vegetales silvestres en gran cuantía y granos cosechados en la zona. La determinación de las concentraciones de los metales Cd, Cr, Pb y Al en fluidos de sangre y orina y tejidos corporales de cabellos y uñas, demostraron la presencia de los metales estudiados en todas las muestras de dichos biomarcadores de exposición; sin embargo se debe señalar que no resalta alguno en particular; sólo dos individuos manifestaron concentraciones de Cd en orina por encima de lo establecido como LTB. Ambos casos continuarán siendo sometidos a control más estricto. Esto pudo constatarse a través del análisis y tratamiento estadístico a partir de un análisis de componentes principales. Este análisis permitió obtener un diagnóstico clínico presuntivo que permitió afirmar o reorientar estrategias metodológicas del estudio; ampliar los criterios de selección de la población para realizar el muestreo de los biomarcadores definidos y los sitios en donde muestrear y posibilitó el uso de recursos tanto de tiempo como financieros de una manera eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ATSDR. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *Reseña Toxicológica de los Cromo*. Atlanta, Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. Servicio de Salud Pública; 2000.
2. US-EPA. Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens. Washington, DC: Risk Assessment Forum, Environmental Protection Agency. EPA/630/R-03/003F. US EPA.
3. CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS), Ecología Humana y Salud (ECO), Organización Panamericana de la Salud (OPS), U.S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Reporte de Evaluación de Riesgos por Residuos Peligrosos*. Estado de México, México ; 2006.
4. Instituto Nacional de Ecología. *Experiencias derivadas del manejo inadecuado de residuos peligrosos*. México, D.F. Última actualización: 14 de noviembre del 2002.
5. Cajuste LJ, Carrillo GR, Cota GE, Laird RJ. The distribution of metals from wastewater in the Mexican Valley of Mezquital. *Water Air Soil Pollut*. 1991;57/58:763-71.
6. Norma Oficial Mexicana NOM-048-SSA1-1993 que establece el Método Normalizado para la Evaluación de Riesgos a la Salud; 1993.
7. Siebe C, Cifuentes E. Environmental impact of wastewater irrigation in central Mexico: an overview. *Int. J. Environ. Health Res*. 1995;5:161-73.
8. Mascareño C, Guajardo V. Estudio preliminar sobre contaminación de los suelos y de la producción agrícola en el distrito de riego 03 por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. *Agrociencia*. 1977;(27):95-119.
9. Carrillo G, Cajuste LJ, Hernández H. Acumulación de metales pesados en un suelo regado con aguas residuales. *Terra*. 1992 ;10:166-73.
10. Cifuentes E, Blumenthal U, Ruiz G, Bennett S, Quigley M, Peasey M, Romero H. Problemas de salud asociados al riego agrícola con agua residual en México. *Salud Pública Méx*. 1994;34:163-72.
11. Lucho CA, Prieto F, Del Razo LM, Rodríguez R, Poggi H. Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*. 2005;108:57-71.
12. Prieto F, Lucho CA, Poggi H., Álvarez M.; Barrado E. Caracterización fisicoquímica y extracción secuencial de metales y elementos trazas en suelos de la región Actopan-Ixmiquilpan del distrito de riego 03, Valle de Mezquital, Hidalgo, México. *Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 2005;83(6):96-102.
13. Siebe C. Heavy metal availability to plants and soils irrigated with wastewater from Mexico City. *Water Sci. Technol*. 1995; 32:29-34.
14. Alam MI, Gomes A. Snake venom neutralization by Indian medicinal plants (*Vitex negundo* and *Emblica officinalis*) root extracts. *J Ethnopharmacol*. 2003;86(1):75-80.
15. Wang ML, Barkle, NA, Yu J, Dean J, Newman ML, Sorrells ML, Pederson GL. Transfer of simple sequence repeat (SSR) markers from major cereal crops to minor grass species for germplasm characterization and evaluation. *Plant Genetic Resources*. 2005;3:45-57.
16. Shanker AK, Cervantes C, Loza-Tavera H, Avudainayagam S. Chromium toxicity in plants. *Environment International*. 2005;31(5):739-53.
17. Cui X; Jin X, Rehana A, Condamine P, Svensson J, Wanamaker S, Stein N, RooseM, Close T. Detecting single-feature polymorphisms using oligonucleotide arrays and robustified projection pursuit. *Bioinformatics*. 2005;21: 3852 -8.
18. García R, Prieto F, Scott-Monks W, Pulido G, Zúñiga A. Afectaciones a la salud por metales tóxicos en la población de Xochitlán, Hidalgo, México. Parte I: Caracterización de la población potencialmente expuesta. *Revista Ciencia Ergo Sum*. México. 2008.
19. Folstein MF, Folstein, SE, Mc Hugh PR. Minimal state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12:189-98.
20. García R, Prieto F, Scott-Monks W, Pulido G, Zúñiga A. Afectaciones a la salud por metales tóxicos en la población de Xochitlán, Hidalgo, México. Parte II:

- Bioacumulación de metales (Cd, Cr, Pb y Al) en fluidos y tejidos corporales. Revista Ciencia Ergo Sum. México. 2008.
21. SUIVE. Sistema único de información de vigilancia epidemiológica; Secretaría de Salud del Estado de Hidalgo, 2005
  22. Corey G, Galvao L. Serie Vigilancia 4. Cadmio. México DF: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; 1989.
  23. Corey G, Galvao L. Serie Vigilancia 5. Cromo. México DF: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; 1989.
  24. Corey G, Galvao, L. Serie Vigilancia 8. Plomo. México DF: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; 1989.
  25. González M, Banderas JA, Raya C, Báez A, Belmont R. Cuantificación de plomo, cadmio y cromo mediante sialoquímica. Salud Pública México. 1997;39:179-86.
  26. Rinehart WE, Gad SC. Current concepts in Occupational Health: Metals-Chromium. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1986;47(11):696-9.
- 

**Recibido:** 8 de enero de 2014

**Aprobado:** 8 de julio de 2015