

Artículos

■ **Análisis de plomo y mercurio por el método de absorción atómica y vapor en frío vs oligoscan: ¿por qué no usar oligoscan como guía diagnóstica?**

■ Introducción

■ Métodos

■ Resultados y discusión

■ Conclusiones

■ Referencias

Franklin Jesús Pacheco Coello

1Universidad de Carabobo,
Departamento de Ciencias Básicas
(Química-Fisicoquímica y Análisis
Instrumental), Laboratorio de Metales
Pesados y Solventes Orgánicos, Centro
de Estudio en salud de los Trabajadores
(CEST-UC), Laboratorio de
Biotecnología FITOQU

ORCID: 0000-0002-2765-4069

Cian Yulfer Castro Márquez

Médico Internista. Laboratorio de
Biotecnología FITOQUIMICA20 C.A,
Venezuela

Medicina interna

Análisis de plomo y mercurio por el método de absorción atómica y vapor en frío vs oligoscan: ¿por qué no usar oligoscan como guía diagnóstica?

Fecha de recepción: 21/04/2025

Fecha de aceptación: 12/06/2025

Objetivos: Verificar la información arrojada por el dispositivo oligoscan referente a los metales Pb y Hg con métodos de validación internacional como absorción atómica. **Métodos:** Participación de 50 individuos los cuales previamente se realizó un análisis con el oligoscan y se les reportó altos niveles de estos dos metales (no aprobados por entes internacionales). A cada paciente se le extrajo por punción venosa 5 mL de sangre transfiriéndose a un tubo con ácido etilendiaminetetraacético (EDTA). Asimismo, se solicitó una muestra de orina parcial para el análisis de Hg. **Resultados:** Se contó con la participación de 50 pacientes, 36 del sexo femenino y 14 del sexo masculino con una edad promedio entre ambos grupos de 34,5 años. Los análisis de Pb en sangre total arrojaron una media de 4,58 µg/dL con una desviación estándar de ±0,45, este valor estuvo por debajo a lo establecido para personas sin exposición ocupacional (<8 µg/dL) y cercanos a lo que establece la Organización Mundial de la Salud para niños y niñas el cual es <3,5 µg/dL. Respecto al mercurio el valor promedio fue de 2,54±0,34 µg/g de creatinina, siendo un valor sumamente menor al Índice Biológico de Exposición (BEI hasta 5 µg/g creatinina). **Conclusiones:** oligoscan no puede ser utilizado con fines diagnósticos ni mucho menos constituye un reemplazante de los métodos de determinación por excelencia de metales pesados.

Palabras Claves: Atomización, Generador de hidruros, Metales pesados, Oligoscan, Intoxicación

Title

Lead and mercury analysis using the cold vapor atomic absorption method vs. oligoscan: why not use oligoscan as a diagnostic guide?

Abstract

The research aimed to verify the information provided by the oligoscan device regarding the metals Pb and Hg with internationally validated methods such as atomic absorption. **Methods:** The study involved 50 individuals who had previously performed an oligoscan analysis and were reported to have high levels of these two metals (not approved by international entities). 5 mL of blood was extracted from each patient by venipuncture and transferred to a tube with ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA). Likewise, a partial urine sample was requested for Hg analysis. **Results:** A total of 50 patients participated, 36 females and 14 males with an average age between both groups of 34.5 years. Whole blood Pb analysis yielded a mean of 4.58 µg/dL with a standard deviation of ±0.45. This value was below the threshold for people without occupational exposure (<8 µg/dL) and close to the World Health Organization threshold for

children, which is $<3.5 \mu\text{g/dL}$. Regarding mercury, the mean value was $2.54 \pm 0.34 \mu\text{g/g}$ creatinine, significantly lower than the Biological Exposure Index (BEIs up to $5 \mu\text{g/g}$ creatinine). Conclusions: Oligoscan cannot be used for diagnostic purposes, nor can it replace traditional heavy metal determination methods.

Key Word

Atomization, Hydride generator, Heavy metals, Oligoscan, Poisoning

Introducción

El análisis de absorción atómica se basa en la capacidad de los átomos para absorber radiación en bandas estrechas de longitud de onda específicas para cada elemento. Esta absorción se logra introduciendo una solución del elemento en una llama controlada y pasando la energía específica del elemento a analizar con una fuente de luz radiante a través de esta llama a un sistema de detección y lectura (1). La aplicación práctica de la absorción atómica está en la identificación y en la cuantificación de diferentes elementos metálicos en solución. El análisis cuantitativo implica analizar con el instrumento soluciones estándar de concentración conocida, para posteriormente analizar la muestra de concentración desconocida de modo que su concentración esté ubicada dentro de los límites de la curva de calibración para así interpolar su concentración por medición en el instrumento (2,3). Esta medición permite calcular fácilmente la concentración de 77 elementos diferentes desde la solución original. Para el análisis por AA, como su nombre lo indica, las partículas deben ser atomizadas con el fin de realizar el análisis. Después de que el compuesto ha sido atomizado, una fuente de radiación produce ondas que pasan a través de la sustancia y son recibidas por el detector (4).

Ahora bien, respecto al oligoscan no existe información que valide su fiabilidad, reproducibilidad y sensibilidad. Es un equipo que según las informaciones publicadas en portales no académicos se basa en la “espectrofotometría” (figuras1 ,2). Se realiza un escáner en cuatro puntos de la mano y a través de un ordenador se observa un porcentaje que permite al usuario interpretar el grado de la “intoxicación” que presenta el paciente. En 2018 el Ministerio de Salud de Chile, invalidó el informe emanado por el Laboratorio Vitaclinic encargado por el municipio de Coronel y que indicó que 21 personas de la comunidad estudiantil Rosa Medel tenían metales pesados en la sangre (5).



Figura1. Puntos de la palma de la mano donde se realiza el muestreo



Figura 2. Dispositivo OLIGOSCAN

Se negó la eficacia y certeza de la técnica *OligoScan* que califica como malo, aceptable y bueno la presencia global en este caso de aluminio, antimonio, mercurio, plomo y cadmio, concluyendo que para efectos "médicos no es recomendable ni utilizable, en eso hay que ser categóricos, de que no puede utilizarse esta técnica para hacer un diagnóstico de una exposición de metales ni crónica ni aguda (5).

Conforme a lo anterior el estudio presentado tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo y mercurio por el método de absorción atómica en un grupo de 50 individuos sin exposición ocupacional a estos metales previamente analizados con el oligoscan.

Métodos

El presente trabajo se enmarcó en el tipo de investigación descriptiva, comparativa y de corte transversal. La muestra fue conformada por 50 personas elegidas en base a los siguientes criterios de inclusión: personas de ambos sexos dispuestas a participar en el estudio voluntariamente, mayores de 18 años, con buenos hábitos alimenticios, no fumadores y de poco o esporádico consumo de alcohol. Se excluyeron personas que con enfermedades crónicas o hematológicas y aquellas ocupacionalmente expuestas a metales pesados.

Recolección de muestras sanguíneas. Para la extracción de las muestras sanguíneas, se procedió siguiendo las reglas de asepsia y antisepsia. Se extrajeron 5 mL de sangre de la vena antecubital con inyectadora y aguja de 21G x 1", transfiriendo el contenido a un tubo con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para el análisis de plomo. Ninguna muestra presentó coágulos o hemólisis.

Asimismo, a cada individuo participante en el estudio se le tomó una muestra de orina puntual (la primera orina de la mañana, antes de iniciar las actividades), en envases plásticos limpios, previa indicación para su correcta recolección.

Para el análisis de plomo (Pb) se empleó el método recomendado por el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (*National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH*) (7). El plomo se compleja con pirrolidinditiocarbamato amónico (APDC) y el complejo formado, se extrae con metilisobutilcetona (MIBK). El plomo contenido en la fase orgánica se determina por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama, a una longitud de onda de 283,3 nm, utilizando un método directo de cuantificación.

Preparación de la muestra. Antes del análisis y una vez alcanzada la temperatura ambiente, la sangre se homogeneizó para luego pipetear 3 mL de sangre en tubos de ensayo de tapón roscado. Se añadió 0,8 mL de disolución de Triton X-100/ APDC y agitó mecánicamente durante 10 segundos. Posteriormente se añadieron 2 mL de MIBK se mezcló manualmente durante 2 minutos, invirtiendo los tubos a intervalos regulares. El complejo APDC-Pb en MIBK es poco estable por lo que el análisis debe efectuarse lo antes posible y en cualquier caso antes de las dos horas siguientes a la extracción del complejo. Se centrifugó a 3000 r.p.m. durante 10 minutos, repitiendo este paso si la operación si la separación de las fases orgánica y acuosa no

es completaba. Del mismo modo se prepararon las disoluciones de trabajo de 0,4; 0,8; 1,0 y 1,2 $\mu\text{g Pb/mL}$. Seguidamente se preparó un blanco de agua bidestilada, sometido al mismo tratamiento que las muestras y patrones. La lectura obtenida para el blanco debe ser sustraída de las obtenidas para muestras y patrones (7).

Determinación de mercurio. Se realizó por espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío, haciendo uso del método recomendado por NIOSH. A 4 mL de orina sin centrifugar se le agregaron 7 mL de HNO_3 al 65 % (Merck KGaA, Alemania). Luego de 5 minutos, se adicionaron 60 mL de agua desionizada y, para reducir el ion mercurio Hg^{2+} a su forma elemental e iniciar la emisión de vapores fríos (NIOSH 1994), se añadió 1 mL de solución de SnCl_2 al 20 % preparada a partir de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ACS 98 % (Sigma-Aldrich Co., USA). La medición de absorbancia de las muestras a 253,7 nm (máxima absorción en la línea de resonancia del mercurio) fue realizada con un espectrofotómetro de vapor frío Bacharach® MAS-50B (8).

Determinación de creatinina. El análisis de creatinina por el método de Jaffe modificado se basa en hacer reaccionar la muestra con picrato de sodio, en medio alcalino, para formar un cromógeno rojo con un máximo de absorción a 510 nm (Jaffe 1886). Los resultados analíticos son frecuentemente expresados en microgramos de mercurio por cada gramo de creatinina. El método consiste en diluir la muestra de orina con agua destilada (1/100) hasta un volumen final de 5 mL. Se tomó una alícuota de 0,5 mL de muestra, se adicionaron 0,5 mL de agua destilada y 2 mL de picrato alcalino, este último reactivo fue preparado mezclando 20 mL de una solución acuosa saturada de ácido pícrico ACS 99 % (Merck KGaA, Alemania) y 4 mL de NaOH ACS 97 % (Sigma-Aldrich Co., USA) al 10 %. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica Millenium3® (9).

Se realizó un análisis estadístico descriptivo empleando medidas de dispersión y tendencia central como media y desviación estándar, empleando como programa estadístico, Statistix10.0 para Windows.

Resultados y discusión

Como fue señalado anteriormente el estudio tuvo como objetivo constatar si la lectura del oligoscan eran comparable con la determinación de Pb y Hg en 50 pacientes los que el dispositivo arroja “altos niveles de ambo metales”. Para entrar en contexto la ficha técnica de este dispositivo indica que a través del mismo se puede visualizar la intoxicación del ser humano. Pero, ¿cómo es eso posible? ¿Qué valores usan para eso? ¿Son los establecidos por la Organización Mundial de la Salud u otra organización internacional dedicada a los agentes toxicológicos? La respuesta rotundamente es NO.

Los análisis de Pb en sangre total arrojaron una media de 4,58 $\mu\text{g/dL}$ con una desviación estándar de $\pm 0,45$, este valor es muy por debajo a lo establecido para personas sin exposición ocupacional ($< 8 \mu\text{g/dL}$) y cercanos a lo que establece la OMS para niños y niñas el cual debe ser $< 3,5 \mu\text{g/dL}$. Respecto al mercurio el valor promedio fue de $2,54 \pm 0,34 \mu\text{g/g}$ de creatinina, siendo un valor sumamente menor al Índice Biológico de Exposición (BEIs hasta 5 $\mu\text{g/g}$ creatinina).

Continuando con la poca información que se tiene de este dispositivo la ficha técnica indica que su medición se basa en los metales en tejidos. Partiendo de eso es importante dar una explicación de cómo es la distribución de estos dos metales en el cuerpo humano.

Primero el mercurio se puede encontrar en tres estados de oxidación: Hg (metálico), Hg^+ (mercurioso) y Hg^{2+} (mercúrico). Las formas mercuriosa y mercúrica pueden formar numerosos compuestos inorgánicos y orgánicos (1). El mercurio, una vez depositado, se transforma en metilmercurio por la acción de determinadas bacterias sulfato reductoras y se bioacumula en los organismos acuáticos incorporándose en la cadena trófica de alimentos (3). El mercurio y sus compuestos son especialmente tóxicos para el sistema nervioso, riñones y sistema cardiovascular. Otros sistemas que pueden verse afectados son el sistema respiratorio, gastrointestinal, hematológico, y reproductivo (4). Todos los seres humanos estamos expuestos a bajos niveles de mercurio. Los factores que determinan la aparición de efectos adversos y su severidad son: forma química del mercurio, dosis, edad, duración de la exposición, ruta de exposición y el hábito dietético de consumo de pescado y marisco.

En la sangre, el mercurio derivado de las sales de mercurio inorgánico se distribuye igualmente entre las proteínas plasmáticas y hematíes, mientras que el mercurio derivado de los organomercuriales se fija especialmente en los hematíes⁵, principalmente en los grupos SH de

la hemoglobina. Por tanto, la sangre es un buen marcador biológico para evaluar la exposición al metilmercurio procedente principalmente de la ingesta de pescado contaminado (6,10).

Por su parte La exposición a Pb ocurre a través de varias formas, como inhalación, ingestión o contacto con la piel. El contacto directo con plomo o compuestos a base de plomo a través de la boca, nariz, ojos y grietas en la piel también puede aumentar los niveles de plomo. En adultos, alrededor del 35 %-40 % del polvo de Pb inhalado se deposita en los pulmones y alrededor del 95 % pasa al torrente sanguíneo (11). En la ingestión de Pb inorgánico, se absorbe casi el 15 %, sin embargo, este valor es mayor en niños, mujeres embarazadas y personas con deficiencias de calcio, zinc o hierro (12,13). Una cierta cantidad que generalmente está ligado a tejidos como huesos, dientes, cabello o uñas se considera no tóxica debido a su no disponibilidad para otros tejidos. La tasa de absorción de en huesos y dientes es alta, llegando a casi el 94 % en adultos, mientras que en niños esta tasa es del 70 %, lo que permite que los tejidos blandos absorban más plomo y, por lo tanto, causen graves consecuencias para la salud (14). La vida media del Pb en dichos tejidos da como resultado su inducción en el torrente sanguíneo mucho después de la exposición inicial. El plomo en sangre tiene una vida media más baja de solo unos 40 días en humanos. Esto aumenta en el caso de mujeres embarazadas y de niños cuyos huesos están en una etapa de desarrollo. Los huesos en desarrollo en los niños que experimentan remodelación permiten que el Pb se reintroduzca continuamente en el torrente sanguíneo (15).

Debido a una exposición prolongada al plomo durante años, se produce una depuración mucho más lenta. Esto se debe a la acumulación prolongada de plomo en los huesos liberado durante un largo período de tiempo (16). Junto con los huesos, los dientes y la sangre, muchos otros tejidos almacenan Pb en el cuerpo, es decir, el cerebro, el bazo, los riñones, el hígado y los pulmones (17,18).

Conclusiones

Los resultados indican que oligoscan no puede ser un dispositivo de guía diagnóstica. Destacamos que la metodología Gold estándar y más empleada para la determinación de Pb y Hg es la absorción atómica. Al no existir estudios que valen al oligoscan como un método fiable para evaluar una posible intoxicación se debe sugerir a los pacientes acudir a laboratorios especializados que permitan confirmar lo hallado con dicho dispositivo.

Referencias

1. Sunderman FW Jr. Electrothermal atomic absorption spectrometry of trace metals in biological fluids. *Ann Clin Lab Sci*. 1975 Nov-Dec;5(6):421-34. PMID: 1200617.
2. Wu P, Zhang Y, Liu R, Lv Y, Hou X. Comparison of tungsten coil electrothermal vaporization and thermospray sample introduction methods for flame furnace atomic absorption spectrometry. *Talanta*. 2009 Mar 15;77(5):1778-82. DOI: 10.1016/j.talanta.2008.10.017.
3. Li Y, Yin XB, Yan XP. Recent advances in on-line coupling of capillary electrophoresis to atomic absorption and fluorescence spectrometry for speciation analysis and studies of metal-biomolecule interactions. *Anal Chim Acta*. 2008 May 19;615(2):105-14. DOI: 10.1016/j.aca.2008.03.053.
4. Lv C, Xu Y, Wang J, Shao X, Ouyang J, Li J. Dysplastic changes in erythroid precursors as a manifestation of lead poisoning: report of a case and review of literature. *Int J Clin Exp Pathol*. 2015 Jan 1;8(1):818-23. PMID: 25755780; PMCID: PMC4348912. Patrick L. Lead toxicity, a review of the literature. Part 1: Exposure, evaluation, and treatment. *Altern Med Rev*. 2006 Mar;11(1):2-22. PMID: 16597190.

5. www.diarioconcepcion.cl/ciudad/2018/04/14/caso-metales-pesados-laboratorio-reconocio-que-resultados-no-son-validos.html
6. Pratiwi R, Mulyaningsih RD, Hasanah AN. Development of paper based colorimetric method using pigment from red dragon fruit for determination of Cu and Fe. *Sci Rep*. 2025 Apr 19;15(1):13522. DOI: 10.1038/s41598-025-98693-7
7. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health. 1978. [Mar. 27, 2012]. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Inorganic Lead, Revised Criteria – 1978. DHEW (NIOSH) No. 78–158. [Internet]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/1970/78-158.html>.
8. NIOSH (National Institute For Occupational Safety And Health). 1994 [Internet].. Manual of analytical methods NMAM. Mercury: method 6009, issue 2. 4th ed, pp. 5. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/6009.pdf>
9. Rogan WJ, Dietrich KN, Ware JH, Dockery DW, Salganik M, Radcliffe J, *et al*. Treatment of Lead-Exposed Children Trial Group. The effect of chelation therapy with succimer on neuropsychological development in children exposed to lead. *N Engl J Med*. 2001 May 10;344(19):1421-6. DOI: 10.1056/NEJM200105103441902.
10. Zhou Q, Huang D, Xu C, Wang J, Jin Y. Hair levels of heavy metals and essential elements in Chinese children with autism spectrum disorder. *J Trace Elem Med Biol*. 2021 Jul;66:126748. DOI: 10.1016/j.jtemb.2021.126748.
11. Mostafaii G, Karamali F, abooSaedi Z, Atoof F, Hesami Arani M, Miranzadeh MB. Determination of Heavy Metals in Hair Dye Sale in Iranian Market: Dermal Sensitivity and Carcinogenicity Assessment. *Biol Trace Elem Res*. 2022 Mar;200(3):1464-1472. DOI 10.1007/s12011-021-02738-7.
12. Yu CC, Lin JL, Lin-Tan DT. Environmental exposure to lead and progression of chronic renal diseases: a four-year prospective longitudinal study. *J Am Soc Nephrol*. 2004 Apr;15(4):1016-22. DOI: 10.1097/01.asn.0000118529.01681.4f.
13. Zhang H, Liu Y, Zhang R, Liu R, Chen Y. Binding mode investigations on the interaction of lead(II) acetate with human chorionic gonadotropin. *J Phys Chem B*. 2014 Aug 14;118(32):9644-50. DOI: 10.1021/jp505565s.
14. Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, *et al*. Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004 Jun 1;109(21):2655-71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
15. O'Neill MS, Veves A, Zanolletti A, Sarnat JA, Gold DR, Economides PA, Horton ES, Schwartz J. Diabetes enhances vulnerability to particulate air pollution-associated impairment in vascular reactivity and endothelial function. *Circulation*. 2005 Jun 7;111(22):2913-20. DOI 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.517110.
16. Pearson TA, Blair SN, Daniels SR, *et al*. Guías de la AHA para la prevención primaria de enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares: Actualización de 2002: Guía del panel de consenso para la reducción integral del riesgo en pacientes adultos sin enfermedades coronarias ni otras enfermedades vasculares ateroscleróticas. Comité Asesor y Coordinador Científico de la Asociación Americana del Corazón. *Circulation*. 2002;106:388–391.
17. Geller AM, Zenick H. Aging and the environment: a research framework. *Environ Health Perspect*. 2005 Sep;113(9):1257-62. DOI: 10.1289/ehp.7569.

NOTA: Toda la información que se brinda en este artículo es de carácter investigativo y con fines académicos y de actualización para estudiantes y profesionales de la salud. En ningún caso es de carácter general ni sustituye el asesoramiento de un médico. Ante cualquier duda que pueda tener sobre su estado de salud, consulte con su médico o especialista.