

Exposición ambiental al mercurio y valores en orina de los habitantes de la comunidad Boca de Yaracuy, ubicada en la costa centro-norte de Venezuela

Prof. Sharim Marrero¹, Lcda. Jessmin Richani¹, Lcda. Greiddy Rojas¹, Prof. Marvin Querales^{2,3}, Prof. Soraya González⁴

e-mail: marvinquerales@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue relacionar la concentración de mercurio urinario de 100 residentes de la comunidad Boca de Yaracuy (zona costera del Estado Carabobo-Venezuela) con los niveles mercuriales encontrados en pescado, agua y sedimento provenientes del Caño El Alparगतón. Durante el estudio fueron captados 4 peces, 2 muestras de agua y tres de sedimento y analizadas por absorción atómica. La media de los niveles de mercurio en la orina de los individuos analizados fue de $3,62 \pm 1,09$ $\mu\text{g/g}$ creatinina, ubicándose por debajo del valor límites establecido por la Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades, Conferencia americana de higienistas industriales gubernamentales y la Organización Mundial de la Salud, además de las Gacetas oficiales venezolanas N° 5382 y 5021. En las muestras ambientales provenientes del Caño El Alparगतón, no se encontraron niveles elevados de mercurio, así como ausencia de intoxicación por mercurio en sus habitantes. Se requieren de nuevas investigaciones que abarquen un mayor número de elementos que faciliten un mejor abordaje de la contaminación mercurial.

Palabras clave: Mercurio urinario. Exposición ambiental al mercurio. Caño El Alparगतón

¹Departamento de Ciencias Básicas. Escuela de Bioanálisis. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

²Departamento de Bioquímica. Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

³Instituto de Biología Molecular de Parásitos (InBiomolp). Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

⁴Departamento de Morfofisiopatología. Escuela de Bioanálisis. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

SUMMARY

The aim of this study was to relate the concentration of urinary mercury than 100 residents of the Community Boca Yaracuy (Carabobo state coastal-Venezuela) with mercury levels found in fish, water and sediment from the Caño Alparगतón. During the study were caught 4 fish, 2 samples of water and three samples of sediment and, analyzed by atomic absorption. The average mercury levels in urine of individuals analyzed was 3.62 ± 1.09 mg /g creatinine, ranking below the limits set by the Agency for toxic substances and disease registry, American conference of gubernamental industrial hygienists, the World Health Organization and the Venezuelan Official Gazettes No. 5382 and 5021. In environmental samples from the Caño Alparगतón not were found elevated levels of mercury and mercury poisoning absence of its inhabitants. Further investigations are needed to cover a larger number of elements to be a better approach to mercury pollution.

Keywords: Urinary mercury. Environmental exposure. Caño El Alparगतón.

INTRODUCCIÓN

El mercurio (Hg) es un metal blanco, plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente, que normalmente se utiliza en termómetros y en algunos interruptores eléctricos. A temperatura ambiente, y si no está encapsulado, el mercurio metálico se evapora parcialmente formando vapores

incolores e inodoros. Existe en tres formas básicas: mercurio elemental, inorgánico y orgánico (1-2). Las fuentes más importantes de emisiones internacionales que contribuyen al ciclo global y al depósito de mercurio por vía aérea son las fuentes de combustión del carbón, la explotación minera y metalúrgica, así como las plantas de producción cloroalcalina con celdas de mercurio (3).

La toxicidad del mercurio en el ser humano varía según el tipo de mercurio al que se está expuesto. Los compuestos orgánicos del metal, como el metilmercurio, atraviesan el filtro placentario y la barrera hematoencefálica y pueden afectar negativamente el desarrollo del cerebro y favorecer malformaciones anatómicas e inhibiciones o alteraciones de órganos en el feto durante la gestación (2).

La principal vía de ingreso del metilmercurio al organismo humano es a través del consumo de pescado contaminado. Esta es una manera en la cual el mercurio, que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos, puede entrar en la cadena alimentaria, tomando en cuenta que el metilmercurio es producido principalmente por microorganismos, específicamente bacterias metanogénicas en el ambiente, y no por actividad humana (4). Este factor tiene gran relevancia, debido a que los peces tienen la capacidad de almacenar en su organismo una concentración mayor de metilmercurio en comparación con la presente en el medio acuoso, siendo considerados un indicador importante de contaminación (5-7).

Las principales vías de excreción de metilmercurio en seres humanos son las heces y la orina; no obstante, una pequeña parte es excretada por el sudor, uñas, cabellos y leche materna (2). En la orina predomina el mercurio inorgánico, ya que es la forma de depósito a nivel renal (2,8).

En América Latina existen decretos y leyes respecto al control de la producción y comercialización de sustancias mercuriales para proteger al ambiente y la salud humana, como se señala en el Diario Oficial de la Federación Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (9). Pero a pesar de ello, muchos países tienen altos niveles de contaminación, como es el caso de Brasil y la bahía de Cartagena en Colombia donde fueron vertidas aproximadamente siete toneladas de mercurio metálico (10). Considerando que 250 gramos del metal pueden contaminar 10 millones de libras de pescado, se puede suponer el peligro de esta situación.

En Venezuela, a pesar de existir una legislación

de protección al ambiente, como se expone en las Gacetas Oficiales de la República Bolivariana de Venezuela N° 5382 y 5021 (10-11), se confrontan problemas serios de lesión al ambiente. De hecho, es bien conocido que el complejo petroquímico de Morón ubicado en las costas del Estado Carabobo arrojó durante 15 años 30 000 toneladas de mercurio a las aguas del Caño El Alpargatón para la fabricación de cloro-soda; presentándose así valores altos de concentraciones mercuriales en la biota procedente de esta región (2,12).

Tomando en cuenta el prolongado tiempo de exposición al mercurio que tuvieron las comunidades de las zonas adyacentes a este caño y suponiendo que las diferentes especies comestibles que habitan en estas aguas y sus alrededores pudiesen tener un nivel significativo de este metal, el objetivo principal de la presente investigación fue evaluar la exposición ambiental al mercurio de los habitantes de una comunidad aledaña al Caño El Alpargatón, y estudiar su posible relación con los niveles urinarios de mercurio de sus habitantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población estudiada fue la comunidad Pesquera Boca de Yaracuy, ubicada en la costa centro-norte de Venezuela, entre los estados Falcón, Yaracuy y Carabobo, a 10 kilómetros de la Planta Petroquímica de Morón y aledaña al Caño El Alpargatón. De esta comunidad se vincularon por convocatoria abierta 100 individuos de ambos sexos con edades comprendidas entre 15-55 años, que además firmaron un consentimiento informado. Se consideraron las normas éticas establecidas por la Organización Mundial de la Salud para trabajos de investigación en seres humanos y la declaración de Helsinki, ratificada por la 52ª Asamblea general, Edimburgo, 2000 (13).

A los participantes se les aplicó una encuesta para conocer sus datos personales, antigüedad en la zona, hábitos dietéticos, antecedentes patológicos personales y familiares, presencia de malformaciones congénitas en el grupo familiar, síntomas y signos relacionados con exposición a mercurio. Luego se les solicitó muestras de la primera orina de la mañana, cantidad mínima de 25 mL.

La determinación del mercurio se realizó por absorción atómica por el método de vapor frío. El fundamento de esta metodología consiste en convertir el mercurio presente en la orina en mercurio metálico al agregarle borhidruro de sodio en una cámara cerrada.

El mercurio metálico generado se transporta a una cámara de lectura donde se mide en absorbancia a 540 nm y se calcula la concentración de mercurio siguiendo una curva de calibración, utilizando patrones que oscilan entre 0-10 µg/L (14).

El valor obtenido se relaciona con la concentración urinaria de creatinina y los valores son expresados como µg de mercurio por cada gramo de creatinina. El rango de referencia es < 5 µg/g creatinina, establecido por la *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR), *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), Organización Mundial de la Salud (OMS) y las Gacetas Oficiales Venezolanas N° 5382 y 5021.

Para determinar la exposición ambiental de la comunidad Boca de Yaracuy al mercurio se tomaron muestras de peces, agua y sedimento provenientes del Caño El Alparगतón. Se evaluaron 4 peces de tres especies diferentes: pargo (*Lutjanus purpureus*), curvina (*Cynoscion sp.*) y palometa (*Trachinotus goodei*), siendo estos los de consumo frecuente en la dieta diaria de los habitantes de la comunidad. A estos peces se les hizo una disección y las vísceras, bronquios y tejido muscular fueron almacenados en frascos de teflón a 4 °C hasta su posterior análisis. Asimismo, se recolectaron 2 muestras de agua de un litro cada una, de las cuales la primera fue tomada cerca de la cabecera del río y la segunda aproximadamente en la mitad del cauce.

Fueron 3 y por duplicado las muestras de sedimento captadas utilizando el método de Auger en el cual se manipularon picos, palas y un palín que sirven de colectores de muestras a diferentes profundidades (15). La primera muestra fue tomada entre la costa y la desembocadura del río a un metro de profundidad, la segunda cerca de las líneas del tren a un metro de profundidad y la tercera entre las líneas del tren y la embocadura del río a una profundidad de dos metros.

Para determinar las concentraciones de mercurio se utilizaron aproximadamente 500 g de las muestras de sedimento, 1 000 mL de las muestras de agua y 0,5 g entre vísceras, bronquios y tejido muscular de los pescados, realizándoles a cada muestra de pescado un secado a 35 °C para después homogeneizar los tejidos en un mortero de teflón. Se colocaron en un vaso de digestión, se agregaron 0,5 mL de HNO₃, 1,5 mL de HCl y 10 mL de agua destilada y se llevaron a un horno microondas por 90 min.

El proceso de extracción del mercurio de la mezcla digerida se realizó transfiriendo 1L de la misma a un embudo de separación junto con 25 mL de solución

de ditizona (C₁₃H₁₂N₄S). Se agitó vigorosamente y la capa orgánica inferior fue transferida a otro embudo de separación, llevando a cabo el proceso de extracción nuevamente, repitiéndolo 3 veces.

Los extractos obtenidos fueron lavados con 50 mL de H₂SO₄ 0,25N y 10 mL de solución de KBr en otro embudo de extracción, esto con la finalidad de transferir el mercurio diatizonado de la capa orgánica inferior a la capa acuosa, esta última posteriormente lavada con un pequeño volumen de CHCl₃. El extracto fue filtrado a través de una fibra de vidrio o un papel de filtro. Por último, se añadieron 20 mL de fosfato y buffer carbonato. La solución de mercurio diatizonado se leyó en absorbancia a una longitud de onda de 492 nm en un equipo de absorción atómica AVANTA serie GBC (14). Los valores de referencia manejados fueron: suelo < 1 mg/kg, agua < 0,3 µg/L y peces < 0,3 mg/kg.

Para el análisis de los datos obtenidos, se utilizó el programa estadístico SPSS versión 9.0 y los valores se expresaron como promedio ± desviación estándar. Para comprobar la normalidad de los datos se empleó la prueba de Kolmogorov – Smirnov. Se aplicó la prueba t-Student para una muestra y para muestras independientes, así como el análisis de varianza unilateral. La asociación de los datos se determinó por el coeficiente de correlación de Pearson, análisis de regresión lineal simple y la prueba de Chi-cuadrado. Se consideraron estadísticamente significativos los valores de P < 0,05.

RESULTADOS

La edad promedio de los individuos estudiados fue 34,75 ± 13,34 años, 41 % eran del sexo masculino y 59 % del sexo femenino. La media de mercurio urinario encontrada en el sexo masculino (3,90 ± 1,15 µg/g creatinina) fue superior a la hallada en el sexo femenino (3,42 ± 1 µg/g creatinina); sin embargo, ambos son considerados valores aceptables según lo establecido por la ATSDR, ACGIH, OMS y la Gaceta Oficial Venezolana.

Al estudiar la relación entre los niveles de mercurio urinario de los pobladores respecto a su edad, se obtuvo una asociación creciente significativa con un grado de intensidad media (r=0,453; P=0,000), lo que indica que a mayor edad más elevados son los valores de mercurio urinario (Cuadro 1). Esta misma relación fue evaluada a través del modelo lineal de regresión simple dando como resultado un coeficiente de determinación de r²=0,2505, encontrándose que

EXPOSICIÓN AMBIENTAL AL MERCURIO

un 25 % de las variaciones en los niveles de Hg-O obtenidos es explicada por las variaciones de la edad (Figura 1). En base a esto, se determinó cuales eran los intervalos de edad que presentaban diferencias entre sí de acuerdo a los valores de Hg-O, obteniendo como resultado que los pobladores con edades comprendidas entre los 46-55 años presentaron una media significativamente superior a la media de los pobladores en edades entre 15-25 años ($P=0,0001$).

Cuadro 1

Niveles de mercurio urinario en la población estudiada de acuerdo a sus rangos de edad

Rango de edad (años)	n	X ± DE (µg/g Creat)
15 – 25	34	3,06 ± 1,21*
26 – 35	17	3,64 ± 1,00
36 – 45	22	3,71 ± 0,76
46 – 55	27	4,23 ± 0,87*
Total	100	3,62 ± 1,09

*significativo ($>P<0,05$).

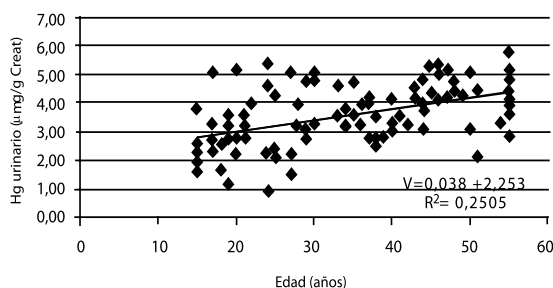


Figura 1. Asociación entre la edad de los participantes y los niveles de Hg urinarios.

Durante el estudio se observó que 13 % de la población estudiada (9 de los 41 hombres y 4 de las 59 mujeres) presentaron valores de mercurio en orina mayores a 5 µg/g creatinina, por lo que se hizo una asociación entre la frecuencia en el consumo de pescado, el sexo y valores de mercurio en orina. Se obtuvo significancia estadística solo entre el sexo y los valores de mercurio urinario ($X^2=4,92$; $P=0,0265$).

Los resultados de las encuestas arrojaron que 91 % de los pobladores tienen más de 10 años residenciados

en la comunidad, mientras que 64 % de los individuos refirieron consumir pescado 1 vez a la semana. Ninguno de los dos hechos mostró asociación alguna con los niveles mercuriales en orina.

Las muestras de sedimento captadas eran de color marrón oscuro y negro, de textura arenosa húmeda y sin mal olor. La media de los niveles de mercurio encontrados fue de $0,33 \pm 0,27$ mg/kg. Por su parte, las alícuotas de agua tomadas mostraron valores promedios menores a $0,01$ µg/L, mientras que las muestras de vísceras y bronquios de los peces recolectados en la zona presentaron valores inferiores a $0,01$ mg/kg. Todos estos resultados estuvieron por debajo del límite permisible.

DISCUSIÓN

El mercurio es considerado como uno de los químicos tóxicos ambientales de mayor importancia, desplazándose a grandes distancias a través de la atmósfera, aumentando la morbi-mortalidad en los seres humanos y formando complejos con la materia orgánica presente tanto en el agua como en los suelos (1). En el presente estudio, aun cuando la media de los valores de mercurio urinario de los individuos está por debajo del rango de referencia, un 13 % de los mismos presentó valores de mercurio por encima de dicho límite, lo cual revela que en la comunidad Boca de Yaracuy existe contaminación por este metal. Este dato es de suma importancia, ya que estos individuos ameritan de un monitoreo biológico continuo para evitar complicaciones patológicas propias de la intoxicación.

Al no encontrar asociación estadísticamente significativa entre el hecho de consumir pescado proveniente del Caño El Alpagatón y los valores de mercurio en orina ≥ 5 µg/g de creatinina, es posible inferir que el consumo de pescado no es el responsable del nivel de mercurio en estos individuos, pudiendo deberse a otros factores de exposición mercurial significativa. Esto difiere de lo reportado por Paco y col. (16), quienes evidenciaron una relación entre la cantidad de Hg encontrado en las comunidades de los municipios de Baures y Magdalena, río Itenez (Bolivia) y el nivel de consumo de pescado: cuanto mayor sea el consumo de pescado existe la probabilidad de que la cantidad de Hg en el organismo vaya en aumento.

El hecho de que los hombres presentaran valores más elevados de mercurio urinario que las mujeres puede estar relacionado con la exposición ambiental

que tienen los primeros con la pesca, actividad laboral que ejercen la mayoría de los hombres de la comunidad.

Aun cuando, los valores de mercurio en el sedimento del Caño ameritan un monitoreo continuo, se encuentran por debajo de la normativa oficial, sin embargo, es necesario tener en cuenta que la resuspensión y redistribución natural del sedimento del caño explicaría los niveles detectados (5). Es necesario destacar que las industrias petroleras y mineras desechan sus residuos inorgánicos, entre ellos el mercurio, a los mares, ríos y otras zonas o fondos sedimentarios, hecho que traería como consecuencia que al pasar los años este nivel aumente llegando a ser perjudicial para la salud de la población adyacente al caño (12).

Las muestras de agua presentaron niveles de mercurio prácticamente indetectables. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Ramos y col. (17), en la región de Mojana en Colombia, y por Urlich y col. (18), en las muestras de agua del río Irtysh, donde los niveles de mercurio no se encontraron en concentraciones peligrosas.

Lo mismo sucedió con el análisis de las muestras de peces, cuyas concentraciones de mercurio fueron bastante bajas. Este dato difiere de los reportados por García y Sánchez (12), quienes obtuvieron niveles elevados en las muestras de peces obtenidas en el mismo caño en el año 1983, notándose así una disminución de las concentraciones de mercurio en estos organismos vivos. Resultados totalmente diferentes fueron obtenidos en México, donde Vázquez y col. (19) identificaron un incremento de Hg en los bagres del golfo de México con el pasar de los años. De igual forma, Carrasquero-Durán (20), reportó que los peces más consumidos en una población venezolana presentaban niveles de Hg mayores a 0,5 µg/g.

En conclusión, no existe una exposición ambiental al mercurio de importancia clínica en la comunidad Boca de Yaracuy proveniente de las aguas, sedimento y peces del Caño El Alpagatón. No obstante, debido al porcentaje de personas cuyas concentraciones urinarias de mercurio superaban el límite permisible, está claro que existe otro factor ambiental relacionado con este metal que pone en riesgo a los individuos de esta comunidad. Se requieren de nuevas investigaciones que abarquen un mayor número de elementos que faciliten un mejor abordaje de la contaminación mercurial.

REFERENCIAS

1. Córdova D. Toxicología. 5ª edición. Colombia: Editorial El Manual Moderno; 2006.
2. Carmona G, Villasana L, Pérez E, Peña M. El mercurio un enemigo invisible. Venezuela. Universidad de Carabobo. 2005.
3. Klaasen D, Watkins III JB. Manual de Toxicología, la ciencia básica de los tóxicos. 5ª edición. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana; 2001.
4. Marcano V, Troconis A. Evaluación de contenido de mercurio en el pescado expendido en la ciudad de Mérida, Venezuela. Rev Eco Lat Am. 2001;8:15-24.
5. Ávila P. Evaluación de los metales pesados Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb y Hg en agua, sedimento y lirio acuático (*Eichornia crassipes*) de la presa José Antonio Alzate, Estado de México. Tesis de Maestría. Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México. 1995.
6. Mancera N, Álvarez R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Acta Biol Colomb. 2006;11:3-23.
7. Clarkson T. The three modern faces of mercury. *Environ Health Perspec.* 2002;110:11-23.
8. Ávila P, Zarazúa G, Barceló I, Rosas I, Díaz C, Laure A. Distribución de mercurio en agua y sedimento de una presa mexicana. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México. Octubre 2002.
9. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. Agua para uso humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
10. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5021. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. 1995.
11. Gaceta Oficial de la república de Venezuela N° 5382. 1999.
12. García BC, Sánchez PA. Determinación del contenido mercurial de muestras de biota recolectadas en la desembocadura del Caño El Alpagatón, Morón, Estado Carabobo. Tesis de Licenciatura. Universidad del Zulia. 1983.
13. De Abajo F. La declaración de Helsinki VI. Rev Esp Salud Pública. 2001;75:407-420.
14. Leong C, Ong P. Determination of mercury by using a gold tramp in samples containing considerable sulfide mineral. *Anal Chem.* 1971;43:940-941.

15. Andrew E, Lenore C, Arnold G, Eugene R. Standards Methods for the Examination of water and wastewater. 21^a edición. Am Public Health Assoc. 2005.
16. Paco P, Barbieri F, Duprey J, Gardon J, Pouilly M. Exposición humana al mercurio en los Municipios de Baures y Magdalena, río Itenez, Bolivia. Tesis de Maestría. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Medicina. 2007.
17. Ramos C, Estévez S, Giraldo E. Nivel de contaminación por metilmercurio en la región de la Mojana. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 2002.
18. Ullrich S, Iyushchenko M, Kamberov I, Tanton T. Mercury contamination in the vicinity of a derelict chlor-alkali plant. Part I: sediments and water contamination of Lake Balkyldak and river Irtysh. Science of total environment. 2007;381:1-16.
19. Vázquez F, Florville T, Herrera M y Díaz L. Metales pesados en tejido muscular del bagre *Ariopsis felis* en el sur del golfo de México. Lat Am J Aquat Res. 2008;36:223-233.
20. Carrasquero-Duran. Mercury contamination fo workers of gold processing centers al El Callao, Venezuela. An Asoc Quim Agent. 2006;94:91-100.

Correspondencia: Lcdo. Marvin Isaac Querales. Av. Bolívar Norte, Sector La Ceiba, Callejón Peña-Pérez, Edif. Somos, Apto. 6-1. Valencia, Venezuela. Fono. +58 [241] 8380810. Fax: +58 [241]8561200

Gac Méd Caracas 2011;119(4):320-328

Síndrome disautonómico de Ross: variaciones de un tema¹

Drs. Jeanine Obage, Rafael Muci-Mendoza²

e-mail: Rafael@muci.com

RESUMEN

El síndrome de Ross fue descrito en 1958 como una afección degenerativa del sistema nervioso autónomo definido por la tríada de anhidrosis generalizada, disminución de los reflejos tendinosos y pupila tónica. Desde su descripción inicial se han descrito cerca de cuarenta casos. Comunicamos tres pacientes con variantes

de interés que incluyen la presencia de espasmos cíclicos espontáneos del esfínter del iris, el desarrollo conjunto de síndrome de Holmes-Adie en un lado y síndrome de Horner posganglionar en el otro, trastornos del desarrollo piloso en el lado de la anhidrosis, alteraciones de la motilidad intestinal, lengua sin papilas gustativas y disfunción sexual.

Palabras clave: Síndrome de Ross. Síndrome de Holmes-Adie. Síndrome de Horner. Síndrome de arlequín. Sistema nervioso autónomo. Espasmo cíclico del esfínter del iris

¹Trabajo Especial de Investigación de culminación de "fellowship" en neuro-oftalmología, Dra. Jeanine Obage.

²Universidad Central de Venezuela. Facultad de Medicina. Escuela de Medicina José María Vargas. Cátedra de Clínica y Terapéutica Médica B. Unidad de Neuro-Oftalmología del Hospital Vargas de Caracas. Caracas, Venezuela. Presentado en la Reunión Ordinaria de la Academia Nacional de Medicina correspondiente al jueves 26 de mayo de 2011.

SUMMARY

Ross Syndrome was described in 1958 as a degenerative