EVALUACIÓN DE PLOMO (PB) EN POLVO DE PINTURAS DE TRÁFICO EN CARRETERAS RURALES Y URBANAS AFECTADAS POR EL HURACÁN MARÍA EN PUERTO RICO

Isamar Rivera-Lugo, BS, MSEM(c)[1], Joanne Negrón-Caldero, MSEM[2], & Harry Peña-Ruiz, MSEM2

Recibido 2 de agosto de 2020 | Aceptado 28 de octubre de 2020

Resumen - El plomo puede almacenarse en órganos y tejidos del cuerpo humano por exposición a altas concentraciones. La contaminación por plomo es un problema de salud ambiental asociado con los procesos industriales donde se maneja derivados de petróleo como la gasolina y la pintura, en soldaduras de los alimentos enlatados, tuberías de agua, y a través de fuentes en el aire, en el polvo, en las calles, suelo, agua y alimentos. Este metal ha sido utilizado en la manufactura de la pintura de tráfico como un agente reflector, inhibidor de corrosión y que otorga mayor durabilidad en condiciones climáticas extremas, el cual no está regulado por la reglamentación federal. La literatura demuestra que el plomo puede prevalecer en muestras de polvo a unos niveles preocupantes para la población en general, pero más aún a la trabajadora. En Puerto Rico, el Huracán María provocó varios deslizamientos de terrenos, el colapso de puentes y deterioro de carreteras en varios municipios que pueden haber degradado la pintura de tráfico y hacerlo disponible en aire, suelo y agua. La degradación de esta pintura puede ser un riesgo potencial a los trabajadores de carreteras. Este estudio propone evaluar la concentración de plomo en polvo en carreteras rurales y urbanas afectadas por el huracán María en Puerto Rico y compararlos con los niveles recomendados por las agencias reguladoras para determinar potenciales riesgos ocupacionales de los trabajadores de reconstrucción. Para lograr esto, una serie de carreteras afectadas en Puerto Rico fueron seleccionadas para ser evaluadas con la muestra de plomo en polvo utilizando los *ghost wipes* sobre las líneas de tráfico positivas y componentes de seguridad

Palabras claves: Plomo, pinturas de tráfico, huracán María, salud y seguridad

Abstract - Lead can be stored in organs and tissues of the human body by exposure to high concentrations. Lead pollution is an environmental health problem associated with industrial processes, gasoline, paint, welding in canned food, water pipes and through routes such as air, dust, streets, soil, water and food. This metal has been used in the manufacture of traffic paint as a reflective agent, corrosion inhibitor and provides greater durability in extreme weather conditions. Federal regulations do not prohibit the use of this metal in traffic paint. The literature shows that lead can prevail in dust samples at levels that are worrying for general population but even more so for the workers. In Puerto Rico, Hurricane Maria caused several landslides, the collapse of bridges, and the deterioration of roads in various municipalities that may have degraded

[1]División Ciencias y Tecnología, Universidad Ana G. Méndez, Recinto Cupey. Correo electrónico: irivera@zimmetry.com

[2] Compañía Zimmetry Environmental, Inc. Bayamón, Puerto Rico

the traffic paint and made it available in air, soil, and water. Degradation of this paint may be a potential risk to road workers. This study proposes to evaluate the concentration of lead dust in rural and urban roads affected by Hurricane Maria in Puerto Rico and comparing them with the levels recommended by regulatory agencies to determine potential occupational hazards for reconstruction workers. To achieve this, a series of affected highways in Puerto Rico were selected to be evaluated with the lead dust sample using the Ghost Wipes on the positive traffic lines and safety components.
Keywords: Lead, traffic paint, hurricane Maria, health and safety

Introducción

El plomo (Pb) es un metal de formación natural, pesado y con características que ayudan a su persistencia en el suelo, lo cual se cataloga como una fuente de exposición a largo plazo para los seres humanos. Tiene punto de fusión bajo, es sedoso, exhibe resistencia a la corrosión, y se puede moldear fácilmente, lo que ha permitido su uso a través de la historia. El plomo ha sido utilizado en procesos industriales donde se maneja derivados de petróleo como la gasolina y la pintura, en soldaduras de los alimentos enlatados, tuberías de agua, y puede estar presente en el aire, en el polvo, en las calles, suelo, agua y alimentos (Tong et al., 2000).

El botanista griego Nicandro de Colofón fue el primer autor que describió envenenamientos por plomo durante el Siglo II a.C. En uno de sus tratados publicó los síntomas de pacientes ocasionados por la ingesta de un material obtenido luego de la separación del plomo y la plata y de otro material proveniente del plomo blanco (Hernberg, 2000). La exposición al plomo en el ámbito ocupacional y de la población en general ha sido investigada desde los siglos IXX y XX.

Debido a los casos ocupacionales, mayormente en industrias desde el 1970, se creó la Ley de Seguridad y Salud Ocupacional, en la cual se incluye la prohibición de exposición a niveles nocivos de sustancias como el plomo y la obligación de realizar pruebas al ambiente del lugar de trabajo para confirmar que los trabajadores no se expongan a estas sustancias peligrosas (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, 2017). Además, se requirió como parte de protocolo de las industrias que trabajaban directamente con plomo a proveer adiestramiento, ventilación y protección a sus empleados.

El uso del plomo como aditivo en la gasolina fue relacionado a la intoxicación humana, contaminación en superficies y cuerpos de agua en los Estados Unidos (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2016). Mientras que los usos comunes del plomo en las pinturas en residencias, juguetes, muebles

y edificios públicos fueron prohibidos para el 1977 por la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor (CPSC, por sus siglas en inglés) debido al aumento de casos reportados de intoxicación severa infantil (United States Department of Housing and Urban Development, 2012).

Rivera y otros (2012) evaluaron los niveles de plomo en sangre en los trabajadores de la antigua fábrica Battery Recycling Company en Puerto Rico, los que revelaron que la exposición constante a este metal en grandes concentraciones puede ser almacenado y distribuido alrededor del cuerpo ocasionando efectos nocivos para la salud con el pasar del tiempo. Esta evaluación fue realizada luego del cierre de operaciones de la compañía en el 2010, cuando se evaluaban niveles de plomo en sangre a los trabajadores y sus familiares. En el estudio encontraron que un 16% de los niños evaluados presentaron niveles sobre el nivel de acción exigido por los Centros de Control y Prevención de Enfermedades (Rivera et al., 2012).

Científicamente, se ha demostrado que el plomo puede ingresar al cuerpo por las vías respiratorias, digestivas y dérmicas y por otros sistemas. Rodríguez y otros (2016) evaluaron la distribución del plomo alrededor del cuerpo humano y concluyeron que dicho metal se transporta en un 95% por el torrente sanguíneo con una vida media de 35 días y se distribuye a los tejidos blandos por 40 días y en los huesos por 27 años.

White y otros (2014) encontraron que las concentraciones altas de plomo en el cuerpo podrían afectar el sistema nervioso central o periférico, sistema reproductivo, sistema cardiovascular, algunos órganos y componentes en la sangre. Datos epidemiológicos indican que la población más afectada han sido los niños de 6 años de edad o menores, adultos con salud comprometida y mujeres embarazadas. Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y de Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés), los niveles altos de exposición de plomo en niños (niveles mayores a 5 microgramos por decilitros (μg/dL), pueden afectar grandemente el cerebro, producir anemia y hasta provocar la muerte en casos más severos (United States Department of Health and Human Services, 2007).

En Puerto Rico existen varias leyes administradas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), que regulan la presencia de plomo como: la Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA, por sus siglas en inglés), la Ley de Reducción de Riesgos de Pintura a base de Plomo Residencial de 1992 (Título X), la Ley de Aire Limpio (CAA), la Ley de Agua Limpia (CWA, por sus siglas en inglés), la Ley de Agua Potable Segura (SDWA, por sus siglas en inglés), la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA, por sus

siglas en inglés) y la Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambiental (CERCLA) (United States Environmental Protection Agency, 2018).

Además, en Puerto Rico la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) estableció la Ley Núm. 161 de 1 del diciembre de 2009: Ley para la Reforma del Proceso de Permisos de Puerto Rico. Dentro de esta Ley, se exige una certificación negativa de presencia de plomo y asbestos como parte de los documentos requeridos para la obtención de permisos de demolición o construcción de carretera o estructura. Esta oficina se encarga de emitir permisos, licencias, certificaciones y autorizaciones para el cumplimiento ambiental. Si los mismos se encuentran libre de pintura con base de plomo o materiales con contenido de asbestos se le otorga el permiso de la OGPe y su formulario PGC-010 conocido como la Certificación de no presencia pintura con base de plomo en estructuras a demolerse y el PGC-009 conocido como Certificación de no presencia de asbesto en estructuras a demolerse (Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe), 2009).

Problema de estudio

Las líneas amarillas de tráfico también son fuentes dispersas de plomo; sin embargo, no existe legislación que prohíba el uso de la pintura con base de plomo en su contenido. Estas líneas se comenzaron a utilizar a partir de los años 1900, para minimizar los accidentes de tránsito (Satterfield, 2015). El Departamento de Transportación y Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA, por sus siglas en inglés) llevó a cabo diseños exclusivos para indicarle a los conductores qué parte de la carretera podían utilizar. Con estas marcas, le proporcionaban información al conductor sobre dónde se permite el paso y dónde no, y alertar sobre posibles condiciones más adelante (construcción, carretera cerrada, desvío), entre otros (Department of Transportation Federal Highway Administration, 2002).

Una línea de pavimento amarilla consiste de perlas reflectantes de un color claro y de una base que ha sido incrustada parcialmente. Dicha base refleja el color amarillo durante la noche por el uso de pigmentos amarillos que contienen metales pesados, tales como el cadmio, cromo y plomo (Jacobs et al.,1994). Las propiedades que contienen dichos metales ayudan a dispersar la luz para así ser reflejada en las líneas y que sea fácil de ver a simple vista.

La agencia federal para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) confirmó que una de las fuentes de plomo en particulado de polvo y en tierra incluyen los pedazos de pintura con plomo que caen al suelo desde el aire debido al desgaste y desprendimiento de los mismos por parte

de edificios, puentes y otras estructuras en deterioro (ATSDR, 2016).

El 20 de septiembre de 2017, el archipiélago de Puerto Rico fue impactado por el huracán María con vientos de 155 millas por horas y hasta 40 pulgadas de lluvia afectando grandemente a la isla (GRF Media, 2019). Un evento completamente inesperado y con desastres de grandes magnitudes afectó mayormente los terrenos debido a la gran cantidad de agua y viento que trajo consigo dicho huracán, sin contar la cantidad de desbordamiento de ríos y alza en los niveles del mar. Una combinación para la provocación de deslizamientos de terrenos en varios municipios, colapsó puentes y carreteras, los cuales tienen una gran posibilidad de tener pintura de tráfico con base de plomo debido a los años en que fueron construidos.

En Puerto Rico existen puentes que fueron construidos alrededor de los años 1800, pintados con pintura a base de plomo para la duración de los mismos y evitar que se corroyeran fácilmente. Debido a la localización geográfica de nuestra isla y el clima variado, las condiciones de estos puentes se han visto en deterioro significativo por la falta de mantenimiento debido a la presencia de materiales potencialmente peligroso y el alto costo (Peña, 2003). Para esta época, era completamente normal su uso por lo que podemos decir que el plomo aún está presente en nuestras vías. En la actualidad, no existe una ley que prohíba el uso del plomo en la pintura de tránsito por lo que es común encontrar concentraciones debido a sus características de durabilidad y reflexión.

La degradación de pintura utilizada en componentes de seguridad, puentes y líneas de tráfico con base de plomo podría estar impactando la salud de los trabajadores encargados de restaurar las áreas cada vez que necesitan reparación posterior al Huracán. Estos trabajos de restauración en varias carreteras y puentes a nivel isla, implican un aumento en la remoción de asfalto y componentes antiguos. Esta remoción expone a dichos empleados si el manejo no es el adecuado y los componentes se encuentren en condiciones de deterioro que permitan la producción de pequeños pedazos de pintura que a su vez generen polvo contaminado.

Sin una evaluación que corrobore que el área a trabajar contiene plomo, los empleados no pueden distinguir a simple vista si el metal está presente o no. Por otro lado, si el área a trabajar en efecto sí contiene plomo es difícil notar que está siendo expuesto al polvo contaminado y el mismo puede depositarse en los alimentos que se esté ingiriendo cerca del área, así como la ropa, zapatos, herramientas, y manos entre otros. Las partículas de plomo en el polvo pueden ser ingeridas o llevarlo en su ropa a sus hogares exponiendo a su familia de igual manera.

Es conocido que el plomo existe aún en varios lugares de trabajo, por lo que la Administración de Seguridad y Salud bajo el Departamento del Trabajo (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, 2017), impone un nivel de exposición permisible laboral de compuestos inorgánicos de plomo el cual es de 0.05 miligramos por metros cúbicos (mg/m3) como promedio para un turno de trabajo compuesto por ocho horas (United States Department of Labor, 2012). Además, la Institución Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) recomienda el mismo nivel de exposición de 0.05 mg/m3, pero con promedio para un turno de trabajo de 10 horas, lo cual controla las concentraciones en aire para que el nivel de plomo en sangre sea inferior, ya que el cuerpo de un adulto tiene la capacidad de eliminar una cierta cantidad de plomo en el cuerpo que no sea necesitado (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2017).

Por su parte, OSHA, una vez identifica que los trabajadores exceden los niveles de plomo en sangre, exige un monitoreo constante y un procedimiento de evaluación para los mismos hasta disminuir el porcentaje de trabajadores contaminados. Pero, como fue mencionado anteriormente, todo esto aplica si el lugar de trabajo es definido con pintura con base de plomo.

Ciertamente, la posible exposición a plomo en polvo en empleados de restauración de carreteras afectadas es un tema poco investigado y publicado. Un país donde a través de la historia ha sido escena de desastres naturales como huracanes y terremotos deja en la incógnita el estatus de la contaminación por plomo de estructuras, puentes, carreteras, y tuberías, que han sido deterioradas con el tiempo. Además, el Programa de Patrimonio Histórico Edificado del Instituto de Cultura Puertorriqueña identifica, protege, conserva y regula lugares y zonas históricas (Instituto de Cultura Puertorriqueña, 2018). Este programa asegura que dichos lugares y zonas construidas para los años de la colonización española en Puerto Rico no sean demolidos o modernizados para el disfrute turístico y sostener la historia de estos; por tal razón, la posibilidad de contaminación por plomo podría ser más grande de lo que imaginamos.

La evaluación en la concentración de plomo en polvo en carreteras rurales y urbanas afectadas por el huracán María en Puerto Rico es altamente recomendada. Se desconoce cómo comparan los niveles existentes y si estos están en cumplimiento con los niveles recomendados por las agencias reguladoras. Esta información nos ayudaría a la determinación de potenciales riesgos ocupacionales de los trabajadores de reconstrucción.

Materiales y métodos

En esta investigación, evaluaremos la concentración de plomo en polvo en carreteras rurales y urbanas afectadas por el huracán María en Puerto Rico y los compararemos con los niveles recomendados por las agencias reguladoras que muestren riesgos potenciales ocupacionales para trabajadores de reconstrucción. El objetivo es tomar un total de 10 muestras de polvo con toallas húmedas por carretera seleccionada, para enviarlas a un laboratorio acreditado para analizar su contenido. Para la selección de carreteras, utilizamos los datos secundarios de estudios previos en los que se identifican las carreteras en Puerto Rico con hallazgos positivos realizados por una empresa consultora local Zimmetry Environmental. El protocolo de muestreo y análisis fue aprobado por la Oficina de Cumplimento de la Universidad Ana G, Méndez con el número **IBC B01-063-20** aprobado el 24 de marzo de 2020.

Área de estudio

El muestreo de líneas de tráfico y componentes de seguridad lo llevaremos a cabo en 10 carreteras rurales y urbanas que fueron afectadas por el huracán María en Puerto Rico. Las áreas de estudio fueron ubicadas en los municipios de Yauco, Guayama, Añasco, Aguada, Lajas, Jayuya, Naguabo, Guaynabo, Bayamón y Caguas. Las muestras estarán pautadas para la PR-359, Km. 0.3; en Guayama en la PR-748, Km. 1.4; en Añasco en la PR-402, Km. 3.3 y Aguada en la PR-416, Km. 3.0. Por otro lado, estaremos evaluando el polvo de igual manera en los municipios de Jayuya en la PR-141, Km. 2.2; Lajas en la PR-303, Km. 14.5; Guaynabo en la PR-173, del Km. 31.6 al Km. 31.7, la PR-174 en el pueblo de Bayamón y en la PR-796 en el pueblo de Caguas. Finalmente, se tomarán muestras de un deslizamiento de tierra ubicado en la PR-3 en el pueblo de Naguabo.

El plomo es un metal pesado y con características que ayudan su persistencia en el suelo por lo que es importante realizar muestreos de plomo en polvo durante meses cálidos en Puerto Rico. Este periodo no debe comprender días lluviosos para evitar que los resultados se afecten debido al posible asentamiento de este metal y la movilización del mismo por medio de las escorrentías.

Muestreo

Luego de haber seleccionado las áreas de muestreo, utilizaremos un analizador fluorescente de rayos X (XRF, por sus siglas en inglés) para obtener nueva información de la pintura de tráfico, las cuales son marcadas en un mapa de Puerto Rico para mostrar las vías de transporte seleccionadas. El analizador XRF es utilizado para determinar la composición química y elemental de los materiales midiendo los rayos X fluorescentes emitidos de una muestra que es excitada con una fuente de

rayos X fluorescente única para ese elemento en específico que el instrumento estaría leyendo, en este caso, plomo (Thermo Fisher Scientific, 2016). Una vez completado su iniciación de sistema y calibración automática, este analizador es colocado sobre las líneas de tránsito y componentes de seguridad (de tener alguno) de carreteras previamente seleccionadas y el gatillo es presionado del aparato para comenzar a obtener las lecturas. Luego comenzamos a obtener resultados sobre la pantalla del analizador determinando si la lectura fue positivo o negativa. Se determina positivo todo aquel valor en la sección de "Pb" mayor o igual a 1.0 mg/cm2. Una vez los resultados obtenidos reflejen que sean positivos se procede a la segunda parte del protocolo: *Muestreo de Plomo en Polvo*.

Muestreo de plomo en polvo

Las toallas húmedas marca Ghost Wipe están compuestas de agua desionizada; material resistente que mantiene partículas aglomeradas para un mejor muestreo en polvo. Las mismas tienen una medida de 15 centímetros de alto por 15 centímetros de largo, las cuales cumplen con los requisitos de los métodos de recolección de muestreo de polvo con contenido de plomo de ASTM E 1792, OSHA ID125Gy NIOSH 9102. Como parte de los materiales para protección personal, utilizamos guantes y mascarillas desechables para la recaudación de cada muestra. Las mismas se realizan sobre las líneas de tráfico o componentes de seguridad donde se obtuvieron hallazgos positivos.

Siguiendo el protocolo del United States Department of Housing and Urban Development (HUD, 2012) para muestreo de plomo en polvo en superficie, marcamos el área seleccionada con una plantilla de 10 centímetros de ancho por 10 centímetros de largo y aseguradas con cinta adhesiva para evitar el movimiento mientras se realizaba el muestreo. Estas medidas específicas facilitarían los cálculos una vez se reciban todos los resultados presentados por el laboratorio. Una vez el área de muestreo sea seleccionada y marcada con la plantilla, preparamos la toallita húmeda entre secciones de la mano y las presionamos hacia abajo limpiando el área dentro de la plantilla con movimientos tipo "S" y cubriendo la zona antes medida en su totalidad y luego de arriba hacia abajo con movimientos tipo "Z".

Es importante recalcar que no se debe tocar el lado contaminado de la toallita con las manos o yema de los dedos, ni se debe agitar la toallita para evitar la pérdida de polvo recolectado. Una vez se obtenga bastante polvo, la toallita es doblada por el lado contaminado mirando hacia adentro, repitiendo el mismo proceso en dos ocasiones más. Finalmente, la toallita húmeda es insertada con la muestra dentro de un tubo de centrífuga con tapa ya identificado con la información apropiada de lugar de muestreo y fecha. Luego de haber recolectado las 10 muestras las mismas se

estarán enviando para análisis al laboratorio seleccionado, el cual es acreditado por el National Lead Laboratory Program (NLLAP).

Debido a la falta de informes publicados sobre niveles de plomo en polvo en carreteras rurales y urbanas en Puerto Rico afectadas por el huracán María, utilizamos datos de muestras de pintura de tráfico positiva a plomo en el pavimento y componentes de seguridad obtenidos y autorizados por la empresa consultora Zimmetry Environmental, la cual es una empresa local dedicada a estudios ambientales desde el 2002. Estos datos proveyeron información sobre la existencia del uso de pintura de tráfico con base de plomo en carreteras, los cuales ayudaron a realizar una selección de carreteras por pueblos para realizar mi muestreo de plomo en polvo.

Implicaciones futuras

Los resultados obtenidos de este estudio serán publicados una vez culminada la investigación y los mismos podrán ser de beneficio a los trabajadores en general y de reconstrucción de carreteras en Puerto Rico para que estén alerta e informados de posible exposición ocupacional si los mismos no utilizan su equipo de seguridad correctamente. De igual manera, este estudio le podrá informar al gobierno y compañías de construcción a relacionar cualquier envenenamiento por plomo que pueda estar afectando a los trabajadores y comunidades adyacentes y comenzar un programa que ayude a la disminución de casos. Además, muchas comunidades podrían educarse sobre los resultados de este estudio.

Agradecimientos

Al proyecto Atlantic Emerging Technologies & Industrial Hygiene Training Center (SUBAWARD 41977-B) de la Universidad Ana G. Méndez, dirigido por la Dra. María Calixta Ortiz, el cual está auspiciado por el Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental (NIEHS, por sus siglas en inglés) de los Institutos Nacionales de la Salud (NIH, por sus siglas en inglés) bajo el liderato de la Universidad de la Ciudad de Nueva York (CUNY, por sus siglas en inglés) por ofrecerme una beca para desarrollar el estudio. De igual manera a la compañía Zimmetry Environmental por el apoyo y respaldo durante todo el estudio.

Literatura citada

Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. (2017). *Derecho de los trabajadores.* https://www.osha.gov/Publications/3473workers-rights-spanish.pdf

Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. (2016). *Resúmenes de salud* pública-plomo. Departamento de Salud y Servicios Humanos. https://

www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html#bookmark1

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2017). Instituto *Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Apéndice C – Otros límites de exposición.* https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/apendicec-sp.html#Plomo

GRF Media (agosto 18, 2018). *María, un nombre que no vamos a olvidar.* https://huracanmaria.elnuevodia.com/2017/

Hernberg, S. (2000). Lead poisoning in a historical perspective. *American Journal of Industrial Medicine. 38,* 244-254 https://doi.org/10.1002/1097-0274(200009)38:3<244::AID-AJIM3>3.0.CO;2-F

Instituto de Cultura Puertorriqueña. (2018). *Presentación. programa de patrimonio histórico edificado del Instituto de Cultura Puertorriqueña.* https://www.icp.pr.gov/patrimonio-edificado/

Jacobs, G. F., Lasch, J. E., Hedblom, T. P., & Stump, L. K. (1994). *US patent No. 5,*286,682. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. https://patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US5286682.pdf

New Jersey Department of Health. (2017). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas, cromato de plomo.* Trenton, NJ: Right to Know Program. https://web.doh.state.nj.us/rtkhsfs/spindexfs.aspx?lan=spanish

Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe). (2009). Ley para la Reforma del Proceso de Permisos de Puerto Rico del 1ero de diciembre de 2009. *Ley Núm. 161.* http://www.bvirtual.ogp.pr.gov/ogp/Bvirtual/leyesreferencia/PDF/Permisos/161-2009.pdf

Peña-Ruiz, H. (2003). *Evaluación de los procesos de caracterización y mitigación de pintura con base de plomo en los puentes históricos de acero en Puerto Rico.* (Disertación de tesis de maestría no publicada). Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan Puerto Rico.

Rivera, B., Rullán, J., O'Neill, M., Santella, D., Maddaloni, M., Evangelista, P., Cirillo, A., Huertas-Montanez, G., Caldwell, K., Dignam, T., & Jean, M. (2012). Centers for Disease Control and Prevention. Take-home lead exposure among children with relatives employed at a battery recycling facility – Puerto Rico. *Morbidity and Mortality Weekly Report, 61*(47), 967 – 970. https://www.cdc.gov/

mmwr/preview/mmwrhtml/mm6147a4.htm

Rodríguez, A., Cuéllar, L., Maldonado, G., & Suardiaz, M. E. (2016). Efectos Nocivos del Plomo para la Salud del Hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. 35*(3). https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=70505

Satterfield, C. (2015). *Chapter 1: Introduction. Synthesis of pavement marking research.* (pp. 1 – 3). U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/42812

Thermo Fisher Scientific. (2016). XRF technology. https://www.thermofisher.com/pr/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/spectroscopy-elemental-isotope-analysis-learning-center/elemental-analysis-information/xrf-technology.html

Tong, S., Shirnding, Y. E., & Prapamontol, T. (2000). Environmental lead exposure: A public health problem of global dimensions. *World Health Organization, 78*(9), 1068 - 1077. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11019456/

United States Environmental Protection Agency. (2018). Boletín sobre plomo. Oficina de Acatamiento y Cumplimiento del Derecho. https://espanol.epa.gov/espanol/boletin-sobre-el-acatamiento-de-plomo-ano-fiscal-2018

United States Department of Health and Human Services. (2007). *Toxicological profile for lead.* Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=96&tid=22

United States Department of Housing and Urban Development. (2012). *Lead-based paint inspection. Guidelines for the evaluation and control of lead-based paint hazards in housing.* Office of Healthy Homes and Lead Hazard Control. https://www.hud.gov/program_offices/healthy_homes/lbp/hudguidelines

United States Department of Labor. (2012). *Lead-based paint inspection. Guidelines for the evaluation and control of lead-based paint hazards in housing.* Occupational Safety and Health Administration. https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1025

United States Department of Transportation Federal Highway Administration. (2002). *United States pavement markings.* https://mutcd.fhwa.dot.gov/services/publications/fhwaop02090/index.htm

White, K., Detherage, T., Verellen, M., Tully, J., & Krekeler, M. P. S. (2014). An investigation of lead chromate (crocoite-PbCrO4) and other inorganic pigments in aged traffic paint samples from Hamilton, Ohio: Implications for lead in the environment. *Environmental Earth Sciences, 71*(8), 3517–3528. http://doi.org/10.1007/s12665-013-2741-0