

11225

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DELEGACION 4 SURESTE DEL DISTRITO FEDERAL
JEFATURA DE EDUCACION MEDICA E INVESTIGACION
HOSPITAL GENERAL DE ZONA No. 32 VILLA COAPA

**“CORRELACION BIOQUIMICA DE PLOMO EN SANGRE
CON ACIDO DELTA-AMINOLEVULINICO URINARIO EN
TRABAJADORES DE TALLERES ARTESANALES DE
LOZA VIDRIADA DEL ESTADO DE MEXICO,
INTOXICADOS POR PLOMO”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL TRABAJO

P R E S E N T A :

DRA. FABIOLA MARTINEZ BARAJAS

ASESORA: DRA. PATRICIA ESCALANTE GALINDO



IMSS

MEXICO, D.F.

ENERO DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
HOSPITAL GENERAL DE ZONA 32**



**DR. AUGUSTO JAVIER CASTRO BUCIO
JEFE DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN MÉDICA**



TESIS ASESORADA Y SUPERVISADA POR:

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop at the top, followed by a vertical stroke and a series of overlapping loops and lines that form the name 'Patricia Escalante Galindo'.

**DRA. PATRICIA ESCALANTE GALINDO
TUTOR DE TESIS**



**DR. ALONSO DE JESUS SERRET GONZALEZ
COORDINADOR DEL SEGUNDO AÑO ESPECIALIDAD EN
MEDICINA DEL TRABAJO**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por darme la vida y por ser siempre mi apoyo en todo momento.

A la Dra. Patricia Escalante Galindo por brindarme sus conocimientos sin los cuales no habría sido posible este trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Salud en el Trabajo del Hospital General de Zona No. 32 por su ayuda en el análisis de las muestras.

A la Dra. Judith Espinoza Raya por su apoyo en el análisis estadístico, pero principalmente por brindarme su amistad.

A todos los trabajadores del taller de alfarería en Metepec Estado de México, por brindarme su confianza.

A todos y cada uno de mis compañeros de esta especialidad.

A todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

INDICE DE CONTENIDO

Resumen	7
Antecedentes	9
Justificación	15
Planteamiento del problema	16
Hipótesis	16
Objetivos	16
• General	
• Específico	
Metodología	17
Tipo de diseño	16
Población en estudio	17
Tamaño de muestra	17
Criterios de selección	18
• Criterios de inclusión	18
• Criterios de exclusión	18
• Criterios de eliminación	18
Definición de variables	19
• Variables independientes	
○ Definición conceptual	
○ Definición operacional	
○ Escala de medición	
○ Indicador de medición	
• Variables dependientes	19
○ Definición conceptual	
○ Definición operacional	
○ Escala de medición	
○ Indicador de medición	
• Factores confusores	
○ Definición conceptual	
○ Definición operacional	
○ Escala de medición	
○ Indicador de medición	
Descripción general del estudio	21
Plan de análisis	22
Recursos	22
• Humanos	
• Físicos	
• Financieros	
Factibilidad y aspectos éticos	22
Resultados	24
Discusión y conclusiones	29
Bibliografía	31

Anexos	33
• Anexo 1: Carta consentimiento bajo información	34
• Anexo 2: Cuestionario	35
• Anexo 3: Técnica para la determinación de ALA urinario.	37
• Anexo 4: Técnica para la determinación de plomo en sangre	39

RESUMEN

“CORRELACIÓN BIOQUÍMICA DE PLOMO EN SANGRE CON ACIDO DELTA-AMINOLEVULINICO URINARIO EN TRABAJADORES DE TALLERES ARTESANALES DE LOZA VIDRIADA DEL ESTADO DE MÉXICO, INTOXICADOS POR PLOMO”.

Objetivo: Establecer la correlación bioquímica entre el plomo en sangre con el ácido delta-aminolevulinico urinario en trabajadores de dos talleres artesanales de loza vidriada del Estado de México, intoxicados por plomo.

Sujetos, Material y Métodos: El trabajo se diseñó como un estudio transversal, prolectivo, descriptivo, observacional y comparativo. Se llevó a cabo en dos talleres artesanales de loza vidriada localizados en el Estado de México. Se establecieron los siguientes criterios de inclusión: que sean trabajadores de fabricación de loza vidriada, que actualmente utilicen el proceso de esmaltado de la misma, cualquier antigüedad en el puesto de trabajo, cualquier edad, cualquier sexo. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: antecedente de alguna alteración congénita o adquirida de metabolismo del grupo heme, como las porfirias, alcoholismo crónico, que se encuentren consumiendo algunos de los siguientes fármacos que alteran el metabolismo del grupo heme: estrógenos o progestágenos sintéticos, barbitúricos, sulfamidas, anticonvulsivos; haber estado en tratamiento quelante en el último año, que no acepten participar voluntariamente en el estudio. Se solicitó el consentimiento informado por escrito de los trabajadores haciendo énfasis que podrían abandonar el estudio cuando ellos quisieran.

El estudio consistió en la concertación con los talleres artesanales de fabricación de loza vidriada para la recolección de los datos. El primer taller no utiliza plomo en el esmaltado de las piezas de loza, y el segundo taller sí lo utiliza de forma regular. Se inició con un reconocimiento sensorial de las áreas de trabajo y además de los puestos específicos de cada trabajador, observando sus actividades, tiempos y movimientos; así como de la frecuencia de la utilización de la materia prima, el barniz para el vidriado de la loza, de la utilización o no del equipo de protección personal, así como del sistema de ventilación y extracción de aire (sí lo hubiera), contaminado con barniz plomado, se realizó la aplicación de un cuestionario con once reactivos, en el cual se investigó el antecedente de material o sustancias empleadas en el lugar de trabajo, frecuencia de exposición, tiempo de laborar en el taller, edad y utilización del equipo de protección personal; además se realizó la recolección de muestras de sangre obtenida por venopunción y orina, utilizando material libre de plomo para determinar concentraciones de Plomo en sangre y Ácido delta-aminolevulinico urinario, las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Salud en el Trabajo del Hospital General de Zona No. 32 “Villa Coapa” utilizando la técnica de columnas de resinas

de intercambio iónico-catiónico y espectrofotometría visible para el ácido delta-aminolevulinico y la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con flama para el plomo en sangre.

Para el análisis de los resultados, se realizó una base de datos y se utilizaron las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y las medidas de dispersión (rango, desviación estándar, varianza). Con el fin de establecer la correlación entre la concentración de plomo en sangre y ácido delta-aminolevulinico urinario, se utilizaron las pruebas de correlación de Pearson y t de student.

Resultados: Se realizó el estudio en una población de 15 trabajadores, 6 expuestos y 9 no expuestos. De la población expuesta, todos son del sexo masculino con un rango de edad que va de los 31 a los 73 años, con una media de 49; de la población no expuesta, 3 trabajadores son del sexo femenino y 6 del sexo masculino, con un rango de edad que va de los 12 a los 58 años, con una media de 33, todos aceptaron participar en el estudio. La concentración de plomo sanguíneo encontrado en el grupo expuesto es de 37.7 µg/dl, mientras que en la población no expuesta presentan un promedio de 13.03 µg/dl cifra considerada dentro de los límites normales. Se realizó una t de student para comprobar la significancia estadística de las concentraciones de plomo entre ambas poblaciones, encontrándose una t de student de 4.01 con una p corregida <0.01.

El promedio del ácido delta-aminolevulinico (ALA-U) en la población expuesta fue 4.96 µg/ml, ligeramente superior al nivel normal de referencia que es de 4 µg/ml. En la población no expuesta, por otra parte se presentó un promedio de 0.03 µg/ml.

Al establecer la correlación entre las concentraciones de plomo en sangre con el ácido delta-aminolevulinico urinario, se observó que en la población no expuesta se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.5412387 por lo que no se puede establecer que exista correlación entre los datos. Por otro lado, en la población expuesta, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.92353137.

En el análisis de los resultados del cuestionario que se aplicó a la población expuesta, observamos que aquellos trabajadores que tienen mayor tiempo de exposición, sus concentraciones de plomo en sangre son mayores aunque no proporcionalmente, por otro lado se observó que aquellos trabajadores que tienen una mayor frecuencia de exposición en días a la semana y horas al día, también presentan concentraciones de plomo en sangre mayores que en aquellos trabajadores que no tienen una exposición tan frecuente.

Conclusiones: Se encontró que existe una correlación directamente proporcional muy importante entre los niveles de plomo en sangre con el ácido delta-aminolevulinico urinario en la población expuesta, tal como lo establece la literatura. Por lo que se concluye que el ácido delta-aminolevulinico urinario puede ser un marcador de toxicidad útil en aquellos pacientes intoxicados con plomo, en quienes se descarte la presencia de alguna patología que pueda alterar su concentración.

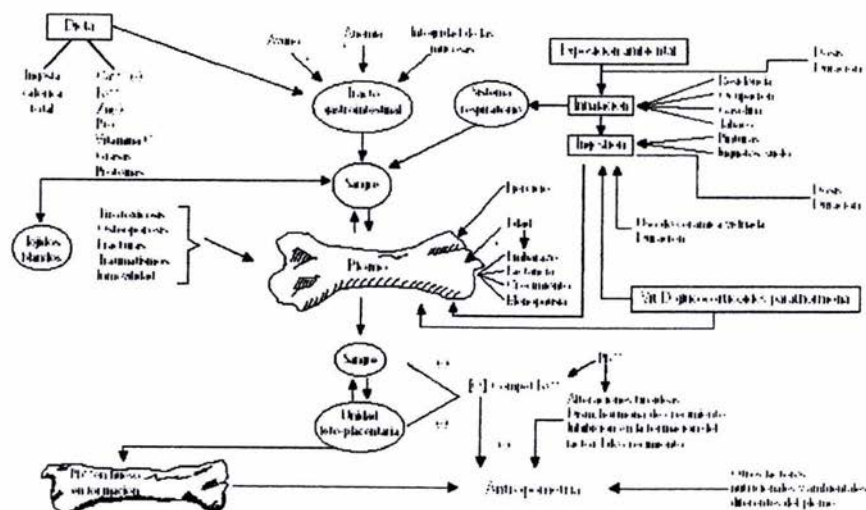
“CORRELACIÓN BIOQUÍMICA DE PLOMO EN SANGRE CON ACIDO DELTA-AMINOLEVULINICO URINARIO EN TRABAJADORES DE TALLERES ARTESANALES DE LOZA VIDRIADA DEL ESTADO DE MÉXICO, INTOXICADOS POR PLOMO”

ANTECEDENTES

El plomo es el elemento natural ampliamente distribuido en la atmósfera, color azul grisáceo, dúctil, blando y maleable. Tiene una densidad de 11.3 y un punto de fusión de 327°C. Cuando se calienta por encima de los 550°C emite vapores, que en contacto con el aire se transforman en óxido de plomo. Su punto de ebullición se sitúa a 1525°C; es un metal conductor de la electricidad, reacciona muy lentamente con el ácido clorhídrico, y el ácido sulfúrico.¹ Los minerales de plomo se encuentran en muchos lugares del mundo. El plomo es muy abundante en la naturaleza, el mineral más rico es la galena (sulfuro de plomo) y constituye la fuente principal de producción comercial de este metal. En muchos casos, los minerales de plomo pueden contener otros metales tóxicos. El plomo metálico se utiliza en forma de planchas o tubos cuando se requiere una gran maleabilidad y resistencia a la corrosión, como en la industria química o en la construcción. También se utiliza para el revestimiento de cables, como componente de soldadura y como empaste en la industria automovilística. Es un material excelente como protector de radiaciones ionizantes. Se utiliza en los procesos de metalizado para proporcionar recubrimientos protectores, en la fabricación de acumuladores y como baño de termotratamiento en el revestimiento de hilos metálicos. El plomo se encuentra en una gran variedad de aleaciones y sus compuestos se preparan y utilizan en grandes cantidades en numerosas industrias. Aproximadamente un 40 % del plomo se utiliza en forma metálica, un 25 % en aleaciones y un 35 % en compuestos químicos. Los óxidos de plomo se utilizan en las placas de las baterías eléctricas y los acumuladores (PbO y Pb_3O_4), como agentes de mezcla en la fabricación de caucho (PbO) y en la fabricación de pinturas (Pb_3O_4) y como componentes de barnices, esmaltes y vidrio. En México, el plomo orgánico y el inorgánico se utilizan en diversos procesos industriales que van desde los muy artesanales (cerámica vidriada), hasta los que implican la utilización de sistemas sumamente tecnificados y automatizados (armadoras de autos). Se calcula que existen alrededor de 1,500,000 trabajadores potencialmente expuestos a ese metal.²

El riesgo de exposición a plomo es muy distinto según se está en el ambiente general o en el ocupacional, donde la vía de absorción más importante es la respiratoria. El plomo inhalado y depositado en las vías respiratorias bajas se absorbe por completo. La cantidad de plomo absorbida en el tracto gastrointestinal de los adultos suele estar comprendida entre el 10 y el 15 % de la cantidad ingerida; en los niños y las mujeres embarazadas, la cantidad absorbida puede aumentar hasta en un 50 %.³ La penetración del plomo a nivel respiratorio esta

en función de varios factores: 1.- del tamaño de las partículas, ya que su nocividad es inversamente proporcional al tamaño; 2.- de la concentración de plomo en la atmósfera, ya que una concentración $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ implica una absorción respiratoria diaria de alrededor de 1.2 mg para un trabajador que efectúe un trabajo medianamente penoso e inspire 8 m^3 de aire en 8 hrs.; 3.-del debito pulmonar, que es más importante durante el esfuerzo, y en particular para las personas con secuelas después de haber padecido afecciones pulmonares. Una vez en la sangre, el plomo se distribuye en tres compartimentos: la sangre, los tejidos blandos (riñón, médula ósea, hígado y cerebro) y el tejido mineralizado (huesos y dientes). El tejido mineralizado contiene aproximadamente el 95% de la carga corporal total de plomo en los adultos. El 99 % del plomo en la sangre está asociado con los eritrocitos; el 1 % restante está presente en el plasma, donde se encuentra disponible para ser transportado a los tejidos. El plomo en la sangre que no se retiene se excreta a través de los riñones o del aclaramiento biliar al tracto gastrointestinal. En estudios de exposición única en adultos, el plomo muestra una vida media natural en sangre de aproximadamente 25 días; en los tejidos blandos, de unos 40 días; y en la porción no lábil de los huesos, de más de 25 años. El organismo acumula este metal durante toda la vida y lo libera lentamente, por lo que incluso dosis pequeñas pueden producir, con el transcurso del tiempo, una intoxicación por plomo, pues de la carga corporal total de plomo depende el riesgo de efectos adversos.^{4, 19} La exposición natural al plomo a lo largo de la vida, ha hecho que el hombre mantenga un estado de equilibrio entre la cantidad que absorbe diariamente, la que almacena en sus tejidos (fundamentalmente hueso) y la que excreta; de tal manera que a pesar de la gran toxicidad del plomo, los seres humanos no sufren sus efectos adversos. Para que esto ocurra es necesario que se rompa dicho equilibrio, lo que sucede cuando el metal se incrementa en el ambiente como resultado de maniobras llevadas a cabo por el propio hombre.



Si la cantidad de plomo absorbido se eleva significativamente y sobrepasa las posibilidades de eliminación del organismo, aparecen una serie de alteraciones biológicas debidas a las perturbaciones que causa el plomo, presentándose una intoxicación, que puede ser aguda o crónica.

El plomo causa sus efectos tóxicos predominantemente en el sistema nervioso, el sistema hematopoyético y el riñón.

- Efectos en el Sistema Nervioso.

El plomo cruza la barrera hematoencefálica, lo que ocurre más fácilmente en los niños menores de 5 años en los que esta estructura es morfológica y funcionalmente deficiente. En el cerebro causa una encefalopatía difusa (encefalopatía plúmbica o saturnina), resultado del daño al endotelio capilar, infiltración percapilar y edema difuso secundario. El plomo daña además directamente a las neuronas, provocando alteraciones bioquímicas de las que resulta un déficit en el metabolismo energético. Al nivel del sistema nervioso periférico, en casos de exposición prolongada, el plomo ocasiona desmielinización segmentaria y degeneración axonal. Además, puede interactuar con el calcio en la placa neuromotora interfiriendo así en la transmisión del impulso.

- Efectos en el sistema hematopoyético.

La anemia del saturnismo se debe a dos causas fundamentales: alteraciones en la síntesis del grupo prostético *heme* al interferir en varios pasos enzimáticos, ya que muestra afinidad por los grupos sulfhidrilos (-SH) de varias enzimas que intervienen en la síntesis del grupo *heme* en su sitio de acción: 1. Inhibe la enzima ácido delta-aminolevulinico deshidrogenasa, lo que acarrea un aumento del ácido delta-aminolevulinico en sangre y en consecuencia en orina; 2. Interfiere la inserción de hierro en la protoporfirina catalizada por la enzima ferroquelatasa, lo cual provoca un acumulo de protoporfirina IX en los precursores de los eritrocitos en la médula ósea y por otro lado, por incremento en la destrucción de los eritrocitos debido a fragilidad osmótica de los mismos.

- Efectos renales.

El plomo causa una tubulopatía reversible semejante a la que ocurre en el síndrome de Fanconi, lo que impide la reabsorción de algunas moléculas orgánicas como los aminoácidos, glucosa, ácido úrico, ácido cítrico y fosfatos. Un signo característico de esta intoxicación son los cuerpos de inclusión intranuclear, que constituyen la primera reacción del organismo cuando aumenta su contenido de plomo. Al incrementarse la exposición al metal, el número de estos cuerpos simultáneamente aumenta. Se supone que tienen una función protectora contra los efectos adversos del plomo y en su estructura se han identificado proteínas sintetizadas en el citoplasma,

ricas en grupos –SH, que se unen al plomo para finalmente transportarlo al interior del núcleo en donde se aísla. Se localizan preferentemente en las células descamativas de los túmulos renales, con lo que se facilita su excreción urinaria.

Las manifestaciones de intoxicación por plomo varían de acuerdo con la edad del paciente y al tipo de compuestos involucrados, inorgánicos u orgánicos. En el adulto a diferencia del niño la encefalopatía aguda es excepcional, el cuadro clínico que predomina es semejante al síndrome abdominal agudo, acompañado de manifestaciones hematológicas, neurolomusculares y renales.

Después de un periodo de exposición a concentraciones elevadas de plomo y de su acumulación en el organismo, el adulto presenta, durante una o dos semanas, algunas manifestaciones que preceden a la fase de agudización de la intoxicación. Hay anorexia, pérdida de peso, sabor metálico, náusea y estreñimiento que puede alternar con diarrea. El factor desencadenante es, en la mayoría de las ocasiones, una intoxicación etílica, y en algunos casos, un padecimiento infeccioso. El paciente presenta dolor abdominal de tipo cólico, difuso, de gran intensidad, acompañado de náusea y estreñimiento acentuado, que en algunos casos llega a íleo. La anorexia se acentúa, la cefalea es común y en las extremidades manifiesta mialgias, artralgias, parestias, parestesias y calambres. La palidez cutánea es acentuada, terrosa y no corresponde a las cifras de hemoglobina (en el saturnismo hay vasoconstricción periférica). En la mayor parte de los casos se observa en los bordes gingivodentarios una línea de color violáceo, correspondiente a depósitos de metal y que clásicamente se describe como línea o ribete de Burton. Coloración semejante, pero menos intensa, se puede observar en la cara interna de los carrillos a la altura de la desembocadura de los conductos de Stenon (signo de Gubler), a los lados de la lengua y en la mucosa vaginal.

El signo de Burton no es patognómico del saturnismo, en todo caso es indicativo de incremento del metal en el organismo, y es frecuente encontrarlo en individuos asintomáticos, expuestos a concentraciones elevadas de plomo, en los que la higiene bucal es deficiente. Paradójicamente, la exploración abdominal es prácticamente negativa, no obstante la intensidad de los síntomas mencionados. No hay signos de irritación peritoneal y el abdomen se palpa blando y en algunos casos la palpación mejora el cólico.

Aunque la presencia de los signos y síntomas de toxicidad antes mencionados también dependerá de la susceptibilidad individual.⁵

Son básicos para el diagnóstico en la población de alto riesgo los antecedentes laborales y no laborales, como es la exposición a vidrio de la cerámica. Los estudios epidemiológicos se han orientado al estudio de los riesgos de exposición de los trabajadores de algunas industrias y, de manera particular, entre los que laboran en la producción de esta cerámica vidriada.^{6,7}

Desde el siglo XVI, se tenía conocimiento de la que preparación y conservación de comidas y bebidas en recipientes vidriados con plomo, originaban contaminación, dando lugar a casos de intoxicación aguda y crónica; desde entonces se supo que los trabajadores eran afectados frecuentemente, cuando trabajaban en la cerámica vidriada, por medio de óxidos y carbonatos de plomo. Desde principios del siglo XVI existen otros antecedentes, como el señalado por Bernardini Ramazzini, que se familiarizó con el saturnismo, llamándolo "la plaga metálica de los artesanos", en el capítulo V de su "De Morbis Artificum Diatriba", dedicado a la enfermedad de los alfareros. En 1773, Houlston escribe: "sobre la intoxicación accidental por plomo, cuando se ingiere la leche, mantequilla, jarabe y otras sustancias, para las que se han usado recipientes vidriados". En Inglaterra, en 1892, se reconoció legalmente como peligrosa la manufactura de loza de barro y porcelana vidriada y en 1898, se prohibió el trabajo de mujeres y menores en la cerámica. En nuestro país, para los médicos de Oaxaca, el saturnismo de los alfareros de la cerámica vidriada, desde hace muchos años es de conocimiento general, y en 1933 se tuvo conocimiento de casos de saturnismo en alfareros de la loza vidriada de Oaxaca y Puebla. En 1960, se tuvo conocimiento de casos de intoxicación por plomo en una población alfarera del Estado de México.⁸

Con el nombre de cerámica se entiende el arte de trabajar las arcillas, fabricando con ellas toda suerte de objetos. En castellano suele darse el nombre de alfarería a la elaboración de objetos de barro cocido y se reserva, a veces, el de cerámica, para expresar solamente la fabricación de loza y porcelana. Productos cerámicos es un término genérico para productos que, por lo general, son blancos y de textura fina. Debido a las diferentes cantidades y clases de fundentes que cada uno emplea, hay una variación en el grado de vitrificación entre estos productos, que van desde la loza de barro hasta la porcelana vitrificada. El proceso de producción es variable, ya que algunos materiales cambian dependiendo la localidad en donde se estén fabricando; sin embargo el proceso de elaboración es similar, como sigue a continuación: a) Recepción: las materias primas son transportadas y almacenadas en las casas de los alfareros. Las tres principales materias primas usadas para hacer los productos cerámicos tradicionales, son arcilla (silicatos de aluminio hidratados, más o menos impuros) y arena. b) Mezcla: el agua es el líquido más comúnmente empleado en la mezcla. Algunos agentes para ayudar el proceso son añadidos a la mezcla cerámica, tales como de floculantes, surfactantes y antiespumante. Los defloculantes mejoran la dispersión y su estabilidad. Los agentes surfactantes son usado en el procesamiento en pasta para ayudar a la dispersión. Los agentes antiespumante son usados para remover las burbujas de gas atrapadas de la pasta. c) Colado o torneado: en la etapa de colado las mezclas, son consolidados y moldeados para producir la cohesión del cuerpo, de un tamaño y forma deseada. El colado de cerámicas se logra generalmente mediante vaciado. En la operación de vaciado una mezcla que tiene un contenido de humedad de 20 a 35%, es vertida en un molde poroso. La succión capilar del molde conduce el líquido del molde, consolidando así el material cerámico repartido. d) Acabado: la pieza de cerámica se le eliminan las asperezas de la superficie o las vetas, o se modifica la forma. e) Secado: el método más comúnmente usado para secar la cerámica es por convección, en la cual el aire caliente se hace circular alrededor de la cerámica. A menudo el secado

con aire es realizado en hornos rústicos o al aire libre. f) Bizcocho: previo a la cocción, a menudo las cerámicas son tratadas con calor a temperaturas por debajo de la temperatura de cocción. El propósito de este procesamiento térmico es proporcionar un secado adicional, vaporizar o descomponer aditivos orgánicos y otras impurezas, y remover agua residual que esta en forma de cristales o que este unida químicamente. g) Barnizado: el barniz se aplica a las cerámicas ya sea por rociado o inmersión. El rociado es probablemente el método más común de aplicación de barniz en la industria cerámica. h) Cocción: la cocción es el proceso mediante el cual la cerámica es consolidada térmicamente en un cuerpo denso y cohesivo constituido por granos finos y uniformes. El método de cocción convencional se logra mediante el calentamiento de la cerámica cruda en hornos caseros, elaborados exclusivamente por los propios artesanos para este fin, los cuales están elaborados con ladrillos no refractarios, por lo que con el paso del tiempo se van recubriendo en sus paredes por el esmalte plomado. i) Terminado: con posterioridad a la cocción, algunos productos cerámicos son procesados aún más para potenciar sus características. La decoración se hace con calcomanías especiales, con partículas de materiales que permiten su total adherencia a la pieza de cerámica, con pigmentos de colores, o también se puede decorar a mano con pigmentos especiales.⁶

En el proceso de producción de loza vidriada se utiliza el plomo metálico en la elaboración del barniz. Añadir plomo al barniz incrementa dramáticamente su durabilidad química e intensidad del color, ayudando a resistir el ataque de los detergentes. El plomo proporciona una superficie brillante, de higiene durable que resiste el rayado. El plomo también permite al barniz ser fundido y fluir fácilmente, a la vez que incrementa la fuerza de las uniones entre el barniz y el sustrato. El carbonato de plomo blanco básico ($2\text{PbCO}_3\text{Pb(OH)}_2$) ha sido la clase de plomo preferido por los fabricantes de cerámica, para ser empleado en el barniz. Sin embargo, debido a que el plomo blanco y otros óxidos de plomo son más solubles - lixiviando en el tiempo- que otras formas de plomo, es que la industria de la cerámica lo esta dejando de lado. Los barnices consisten principalmente en óxidos y pueden ser clasificados como barniz bruto o barniz frita. En el caso de barniz bruto, los óxidos están en la forma de minerales o compuestos que funden rápidamente y actúan como solventes para los otros ingredientes. Alguno de las materias en bruto, más comúnmente usados para barnices son cuarzo, feldespato, carbonatos, boratos y zirconia. La frita es un barniz ya preparado.^{6,9}

En el diagnostico de una enfermedad se basa en un conjunto de signos y síntomas producidos por los cambios patológicos, los test o pruebas son sólo criterios de apoyo. Sin embargo es preciso contar con aquellas pruebas que detecten la enfermedad en fases tempranas y se les otorgue un valor real en cuanto a al capacidad de identificar las personas sanas de las enfermas, en nuestro medio es poca la información a este respecto. Los biomarcadores de efecto toxicológico como es el aumento del ácido delta-aminolevulinico urinario (ALA-U), se deben a la acción del plomo sobre la síntesis del grupo heme, presenta la ventaja de tener alta sensibilidad y buena especificidad frente a la desventaja de las posibles diferencias individuales de la excreción. Se consideran valores normales en orina los inferiores 0.4 a 4.0 $\mu\text{g/ml}$.¹⁰

Los estudios que han documentado niveles de exposición a plomo en trabajadores de loza vidriada en nuestro país, son deficientes o no son de reciente publicación, Por otro lado, a nivel internacional, en Estados Unidos se han realizado varios estudios en relación a la exposición laboral a plomo en la industria cerámica, el primero de ellos De Rosa E. y colaboradores, evaluaron la exposición a plomo en la industria cerámica, ya que este sector siempre ha estado considerado como de peligro, debido al uso de barniz con plomo. El estudio se realizó en nueve plantas de la industria, de las cuales cuatro fueron ampliamente monitorizadas. Un análisis de todos los resultados mostró una clara reducción de la concentración sanguínea de plomo, que el autor refiere que fue debido a la sustitución de un barniz que no contenía plomo.¹⁰ En otro estudio en relación a exposición de trabajadores de la industria de la cerámica, este mismo autor y varios investigadores más evaluaron el riesgo de absorción de plomo en 288 trabajadores de la industria de la cerámica. Los casos fueron estudiados en relación al sexo, tipo de exposición, características de la planta de producción y trabajo realizado, se estableció una diferencia en relación al sexo, debido a que los hombres realizan actividades de mayor riesgo de exposición. En la obtención de los datos, se observó una disminución importante en la absorción de plomo en aquellos trabajadores que estaban empleados en la realización del vidriado, trabajadores de los hornos, mantenimiento y decoración de la cerámica, en relación a aquellos en que no participaban de forma directa en este proceso, como en el caso de las mujeres, cuyas actividades consistían en la decoración y selección del material elaborado. El autor concluyó que en la industria cerámica en Italia, la exposición a plomo se debe a los diferentes puestos de trabajo que se encuentran directamente relacionados con el vidriado de la loza y la tecnología utilizada para ello.¹¹

JUSTIFICACIÓN

En nuestro país no se tienen datos estadísticos ni se ha evaluado suficientemente la magnitud real del problema de salud derivado de la exposición ocupacional al plomo en el sector informal. Las estadísticas del IMSS indican que el plomo y sus compuestos se encuentran dentro de las 11 primeras causas de enfermedad de trabajo¹²; aunque estas estadísticas solamente toman en cuenta el sector formal, cifra que seguramente aumenta en gran medida en el sector informal. Este proceso de producción se convierte en una fuente importante de exposición a plomo; si a esto se agrega el bajo porcentaje en el uso de equipo de protección personal y las malas condiciones de higiene, el riesgo de exposición a este metal es mayor.^{13,21} Con base a la problemática anterior; y debido a que no existen fuentes de información que permitan evaluar el alcance del problema en la población del sector informal, se realiza este estudio con el fin de establecer un diagnóstico del estado actual de exposición a plomo, y determinar de esta forma, si el ácido delta-aminolevulinico pueden ser utilizado como prueba diagnóstica para prever el daño a la salud y como vigilancia epidemiológica de trabajadores con altos niveles de plomo en sangre en talleres artesanales de loza vidriada del sector informal del Estado de México.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Existe diferencia en la concentración de plomo en sangre en una población de trabajadores artesanales expuestos a plomo en la elaboración de loza vidriada contra otro de no expuestos?

¿Existe correlación entre la concentración de plomo en sangre y los niveles de ácido Delta-aminolevulinico urinario, en trabajadores artesanales de loza vidriada intoxicados por plomo?

HIPÓTESIS

Si existe correlación de la concentración de plomo en sangre y los niveles de ácido delta-aminolevulinico urinario, en trabajadores artesanales de loza vidriada intoxicado por plomo entonces este marcador de toxicidad pueden ser utilizado como prueba diagnóstica para vigilancia epidemiológica de trabajadores con exposición laboral.

OBJETIVOS:

- **General:** Establecer la correlación entre los niveles de ácido delta-aminolevulinico urinario y la concentración de plomo en sangre en trabajadores de dos talleres artesanales de loza vidriada, en donde el primero de ellos utiliza plomo en el proceso de elaboración la loza vidriada en el segundo no la utiliza.
- **específicos:**
 - Determinar concentraciones de plomo en sangre en ambos grupos.
 - Determinar las concentraciones de ácido delta-aminolevulinico urinario en ambos grupos.
 - Determinar la relación existente ambos marcadores.

METODOLOGÍA

TIPO DE DISEÑO:

Transversal, prolectivo, descriptivo, observacional y comparativo.

POBLACIÓN EN ESTUDIO

Todos los trabajadores de dos talleres artesanales de loza vidriada (sector informal de la economía) que rotan por los diferentes oficios durante el proceso de producción de la loza vidriada ubicada en el Estado de México, que cumplan en los criterios de selección.

TAMAÑO DE MUESTRA

Todos los trabajadores del área de producción, que cumplan con los criterios de inclusión en dos talleres artesanales de loza vidriada ubicado en el Estado de México.

- **CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA POBLACION EXPUESTA**
 - **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**
 - Trabajadores de fabricación de loza vidriada, que actualmente estén expuestos al esmalte plumado.
 - Que acepten participar en forma voluntaria en el estudio.

➤ **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Antecedente de alguna alteración congénita o adquirida de metabolismo del grupo heme, como las porfirias.
- Alcoholismo crónico.
- Tabaquismo crónico.
- Que se encuentren consumiendo los siguientes fármacos que alteran el metabolismo del grupo heme: estrógenos progestágenos sintéticos, barbitúricos, sulfamidas, anticonvulsivos.¹⁴
- Haber estado en tratamiento quelante en el último año.

➤ **CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Que dejen de laborar durante el tiempo que se realice el estudio.

➤ **CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA POBLACION *NO EXPUESTA***

➤ **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Que sean trabajadores de fabricación de loza vidriada, que actualmente no utilicen plomo en el proceso de esmaltado de la loza vidriada y que hayan dejado de utilizarlo en por lo menos 1 año.
- Que acepten participar voluntariamente en el estudio.

➤ **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Que consuman sus alimentos en loza vidriada con esmalte con plomo.
- Que en algún momento del proceso de producción estén en contacto con el barniz con plomo.
- Que no acepten participar voluntariamente en el estudio.

➤ **CITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Los mismos para grupo expuesto.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

➤ Variable independiente:

- Concentración de plomo sangre.

Definición conceptual: el plomo es un metal azul grisáceo, dúctil, blando y maleable. Tiene una densidad de 11.3 y un punto de fusión de 327 °C. Cuando se calienta por encima de 550 °C emite vapores, que en contaminación con el ambiente se transforman en óxido de plomo, los principales compuestos inorgánicos de plomo utilizados en la industria son óxidos.

Definición operacional: el plomo contenido en los eritrocitos se libera de estos por adición de un agente tensoactivo; se forma un quelato con sal amónica del Ácido Pirrolidin-carbodiionico; se extrae en fase orgánica el plomo del quelato con metil-isobutil cetona y se cuantifica por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.¹⁷

Escala de medición: cuantitativa continúa.

Indicador de medición: mayor al nivel de referencia que es de 15 µg/dl.¹⁸

➤ Variable dependiente:

- Niveles urinarios de ácido delta-aminolevulinico.

Definición conceptual: metabolito de la biosíntesis del grupo heme que se obtiene del succinil-CoA, formado en las mitocondrias durante el ciclo de Krebs, que se combina con la glicina para su formación, la enzima que cataliza esta reacción es la delta-aminolevulinico sintetasa; la inhibición de la enzima ácido delta-aminolevulinico deshidrogenasa acarrea su aumento en sangre y, en consecuencia en orina.

Definición operacional: la dosificación del ácido delta-aminolevulinico urinario es uno de los métodos más importantes. Informa sobre el grado de intoxicación. Su sensibilidad es elevada, guarda relación con la diuresis.

Escala de medición: cuantitativa continúa.

Indicador de medición: mayor al rango de 0.4-4.0 µg/ml.¹⁶

➤ **Factores confusores:**

○ Edad

Definición conceptual: tiempo transcurrido desde el momento del nacimiento, en el que se considera cuadro estadios o periodos, infancia, adolescencia, madurez, senectud.¹⁸

Definición operacional: tiempo cronológico de vida del trabajador expresada en años.

Escala de medición: cuantitativa, discontinua.

Indicador de medición: tiempo en años.

○ Sexo

Definición conceptual y operacional: condición orgánica que distingue a los sexos; lo masculino y lo femenino.

Escala de medición: cualitativa, nominal, dicotómica.

Indicador de medición: masculino o femenino.

○ tiempo de exposición a plomo:

Definición conceptual: la duración de la exposición incluye años, exposición actual, y no necesariamente se relaciona con los años de trabajos en la industria, la duración de las exposiciones no discrimina nivel de exposición; por esta razón este dato se debe relacionar con dosis, exposición acumulativa y la intensidad de exposición.

Definición operacional: trabajadores expuestos a plomo, se considera al trabajador que dentro de sus actividades laborales en su puesto de trabajo, maneja o tenga contacto por vía cutánea o respiratoria con compuestos de plomo.

Escala de medición: cuantitativa discreta.

Indicador de medición: meses o años.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

Se realizó la concertación con los talleres artesanales de fabricación de loza vidriada para la recolección de los datos, siendo el área de producción las que tienen más estrecha relación en las actividades, con el barniz que se utiliza para el vidriado de la loza, el cual contiene grandes cantidades de plomo. El primer taller no utiliza plomo en el esmaltado de las piezas de loza, y el segundo taller sí lo utiliza de forma regular. A los encargados y trabajadores de los talleres artesanales, se les explicó el motivo del estudio, haciéndoles firmar una carta de consentimiento informado (anexo 1).

Se inició con un reconocimiento sensorial de las áreas de trabajo y además de los puestos específicos de cada trabajador, observando sus actividades, tiempos y movimientos; así como de la frecuencia de la utilización de la materia prima, el barniz para el vidriado de la loza, de la utilización o no del equipo de protección personal, así como del sistema de ventilación y extracción de aire (sí lo hubiera), contaminado con barniz de plomo.

Se realizó la aplicación de un cuestionario con quince reactivos (anexo 2), por el médico residente de medicina del trabajo, previamente capacitado, en la cual se investigó el antecedente de material o sustancias empleadas en el lugar de trabajo, frecuencia de exposición, tiempo de laborar en el taller, edad, utilización del equipo de protección personal; además se realizó la recolección de muestras de sangre obtenida por venopunción y orina, utilizando material libre de plomo para determinar concentraciones de ALA-U y Pb-S, la concentración de ALA-U se determinó mediante la técnica de columnas de resinas de intercambio iónico-catiónico y espectrofotometría visible (anexo 3), y el Pb-S se determinó mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (anexo 5), con un espectrofotómetro de absorción ultravioleta visible Perkin Elmer Lambda 4B, al cual se le realizan controles de calidad interno; estos procedimientos fueron llevados a cabo y analizados por el Químico Farmacéutico Industrial responsable del Laboratorio de Salud en el Trabajo del Hospital General de Zona No. 32 Villa Coapa. A todos aquellos trabajadores que resultaron positivos en las pruebas bioquímicas, y que además presentaron sintomatología de intoxicación crónica o aguda por plomo, se les realizó un monitoreo toxicológico y se les brindó tratamiento quelante a base de D-penicilamina, el cual se encuentran en el cuadro básico de medicamentos del IMSS.

PLAN DE ANÁLISIS

Se realizó una base de datos y dado que es un estudio descriptivo con variables cuantitativas, se utilizaron las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y las medidas de dispersión (rango, desviación estándar, varianza).

Se utilizaron con el fin de establecer la correlación entre los niveles de Plomo en sangre y ácido delta-aminolevulinico en orina, las pruebas de correlación, y t de student.

RECURSOS HUMANOS

- Un medico residente de segundo año de la especialidad de medicina del trabajo,
- Un medico especialista en pediatría y maestría en Ciencias Médicas en Toxicología, Hospital de Pediatría CMN XXI.
- Un químico fármaco biólogo, para la cuantificación de Plomo en sangre y Ácido Delta-aminolevulinico Urinario.

RECURSOS FISICOS

- Los existentes en el Laboratorio de Salud en el Trabajo del Hospital General de Zona No. 32 Villa Coapa.

RECURSOS FINANCIEROS

- Los propios del investigador.
- Los existentes en el Laboratorio de Salud en el Trabajo del Hospital General de Zona No.32 Villa Coapa.

FACTIBILIDAD Y ASPECTOS ETICOS

Se tienen los recursos necesarios para poder desarrollar esta investigación, contando con la participación autorizada de los mismos trabajadores, en beneficio de la población trabajadora, y poder efectuar recomendaciones y acciones de tipo preventivo.

Para éste estudio se han tomado en consideración:

- La Declaración de Helsinki de 1964 y sus adaptaciones de 1983 y 1989.
- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 4o. publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de abril de 1990.
- Ley General de Salud, de los Estados Unidos Mexicanos, título quinto "investigación para la salud" capítulo único Art.100 Fracción I-VII, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 1984, modificada el 7 de mayo de 1997.
- El Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el día 6 de enero de 1987.
- Las Normas Técnicas No. 313, 314, 315 en Materia de Investigación para la Salud de la Secretaría de Salud publicado en el Diario Oficial el día 25 de julio de 1988.

RESULTADOS

El primer taller artesanal de loza vidriada que se contacto, es un taller que no utiliza barniz con plomo desde hace 10 años en el proceso de producción, esta integrado por 9 personas, 3 del sexo femenino y 6 del sexo masculino, con un rango de edad que va de los 12 a los 58 años, con una media de 33, todos aceptaron participar en el estudio. En el segundo taller, los trabajadores utilizan el esmalte con plomo con regularidad y ésta integrado por 9 trabajadores, de los cuales sólo 6 aceptaron participar en el estudio, todos son del sexo masculino con un rango de edad que va de los 31 a los 73 años, con una media de 49.

Frecuencia de sexo en población no expuesta a plomo.

Sexo	Frecuencia	%
Masculino	6	66%
Femenino	3	33%

Frecuencia de sexo en población expuesta a plomo.

Sexo	Frecuencia	%
Masculino	6	100%
Femenino	0	0%

La concentración media de plomo en el grupo de trabajadores artesanos que utiliza plomo es de 37.7 µg/dl, con una edad promedio de 49.33 años; mientras que aquellos que no lo utilizan tienen un promedio de 13.03 µg/dl cifra considerada dentro de los límites normales, con una edad promedio de 33.88 años. Tal como se muestra en la siguientes tablas.

POBLACIÓN EXPUESTA	
Edad	pbSangre
31	44
30	30
43	42
66	66.4
73	14.4
53	29.8

POBLACIÓN NO EXPUESTA	
Edad	pbSangre
46	9.8
27	12.2
12	19.3
15	20.7
58	18.8
23	11
27	9.4
44	10.9
53	5.2

El promedio de plomo en sangre es menor a los reportados por Molina et al. en Tonalá Jal. (1979) y Metepec Edo. De México (1981) con 55.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y 65.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ respectivamente; pero superior al publicado por Olaiz et al, en Tzintzuntzan, Michoacán (1994), con 21.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$.²²

Se observó que en aquellos trabajadores que tienen mayor tiempo de exposición, sus concentraciones de plomo en sangre son mayores aunque no proporcionalmente, por otro lado se observó que aquellos trabajadores que tienen una mayor frecuencia de exposición en días a la semana y horas al día, también presentan concentraciones de plomo en sangre mayores que en aquellos trabajadores que no tienen una exposición tan frecuente, como el caso del trabajador que presenta niveles de plomo dentro de límites normales (14.4 $\mu\text{g}/\text{dl}$), en el cual, su exposición al esmalte es esporádica.

POBLACION EXPUESTA			
Edad (años)	Plomo en Sangre $\mu\text{g}/100\text{g}$	Tiempo de exposición (años)	Frecuencia de exposición (días a la semana o mes y horas al día)
31	44	10	1 vez/sem. 3hrs/día
30	30	16	1 vez/sem. 3 hrs./día
43	42	25	1 vez/sem. 8 hrs./día
66	66.4	54	1 vez/sem. 8 hrs./día
73	14.4	28	1 vez/ 6 meses 3hrs/día
53	29.8	45	3 veces / mes 3hrs/día

Se realizó una t de student para datos independientes con la finalidad de comprobar la significancia estadística de las concentraciones de plomo entre ambas poblaciones, encontrándose una t de student de 4.01 con una p corregida <0.01.

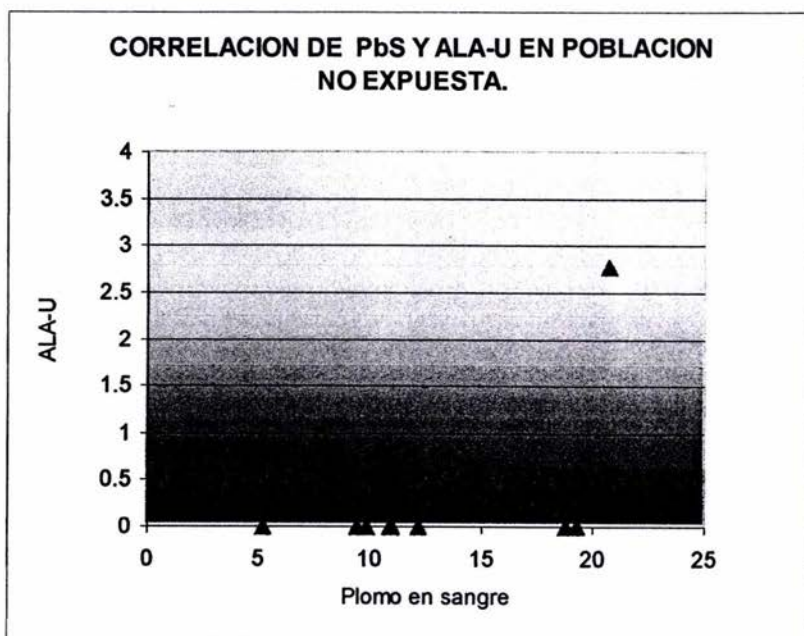
En los resultados correspondientes al ácido delta-aminolevulinico (ALA-U) y plomo en sangre (pbS) del grupo de población no expuesto, se presentó un promedio de 0.03 µg/ml, como se muestra en la tabla siguiente.

Población no expuesta	
PbS µg/dl	ALA-U µg/ml
9.8	0
12.2	0
19.3	0
20.7	2.77
18.8	0
11	0
9.4	0
10.9	0
5.2	0
13.03	0.3

Los resultados correspondientes al ácido delta-aminolevulinico (ALA-U) y plomo en sangre (pbS) del grupo de población expuesto, se observó un valor medio de ALA-U de 4.96 µg/ml, ligeramente superior al nivel normal de referencia que es de 4 µg/ml, como se muestra en la siguiente tabla.

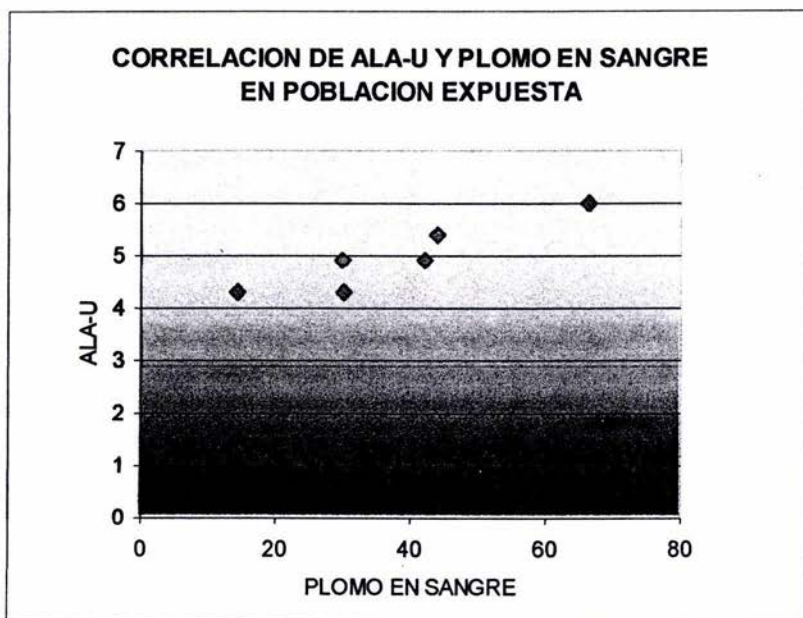
Población expuesta	
PbS $\mu\text{g/dl}$	ALA-U $\mu\text{g/ml}$
44	5.4
30	4.3
42	4.9
66.4	6
14.4	4.3
29.8	4.9
37.76	4.96

A continuación se presenta gráficamente la correlación entre el ácido delta aminolevulinico (ALA-U) y el plomo en sangre en el grupo de trabajadores no expuestos a plomo:



Se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.5412387 por lo que no se puede establecer que exista correlación entre los datos.

Por otro lado, en la siguiente grafica se observa la correlación entre el ácido delta aminolevulinico con el plomo en sangre en la población expuesta:



Se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.92353137, con lo cual se establece que sí existe una correlación positiva de los datos, es decir a mayor concentración de plomo en la sangre mayor concentración de ácido delta-aminolevulinico urinario.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos presentados, se puede observar que la población expuesta estudiada presenta una absorción aumentada de plomo, ya que el 84% (5 individuos) se encuentra por encima de los valores de referencia, por otro lado de la población no expuesta el 33% de las personas analizadas presentan niveles superiores a los de referencia. En estos trabajadores se investigó de forma dirigida la existencia de alguna fuente de exposición habitual o no profesional, no encontrando ninguna aparentemente.

Un aspecto muy importante a señalar es el alto nivel de adsorción de plomo y el nivel de ácido delta-aminolevulinico urinario que se presentan los grupos de edad jóvenes de la población expuesta; lo cual consideramos está en relación con el grado de contaminación que existe en las casas-taller familiares donde se observó que no existen medidas algunas de seguridad en el manejo de la "greta" (es así como llaman a la sustancia que contiene el plomo para el esmaltado de la loza), misma que se manipula de manera muy primitiva, ya que la mezcla de óxido de silicio y óxido de plomo ("greta"), se realiza en forma manual en una tina y sin protección alguna para cualquier miembro de la familia. El transporte de la misma se realiza básicamente en baldes, que en ocasiones son utilizados para acarrear agua con fines de consumo familiar.

Un dato que se debe de tomar en cuenta es que al interrogar intencionadamente a cada trabajador expuesto sobre la sintomatología de intoxicación crónica por plomo se observó que ningún trabajador presenta signo o síntoma alguno, sin embargo hay que considerar que a pesar que se encuentran en una etapa subclínica de la enfermedad, cualquier proceso infeccioso agudo, o la ingesta de alcohol es grandes cantidades puede traer como consecuencia que se presenten síntomas agudos de intoxicación, por lo que es muy importante concienciar a esta población del riesgo que presentan y emitir algunas recomendaciones encaminadas a la disminución en el uso de este tipo de esmalte.

A pesar de que en este estudio se contó con un tamaño de muestra pequeño, los resultados obtenidos en cuanto a la correlación entre la concentración de plomo en sangre y de ácido delta-aminolevulinico urinario, son similares a los reportados por otras investigaciones.²² Por lo que se concluye que en aquellos pacientes en lo que se sospeche o confirme una intoxicación por plomo, el ácido delta-aminolevulinico es un marcador de toxicidad confiable siempre y cuando se descarte alguna patología que altere el metabolismo del heme o que este consumiendo cualquier fármaco que de igual manera altere el metabolismo del grupo heme.

Al compararse factores como la edad y sexo, con la concentración de plomo en sangre no se pudo demostrar que exista relación entre ellos ya que el tamaño de la muestra es muy pequeño.

Por otro lado, a los marcadores de toxicidad como lo es el ácido delta-aminolevulinico así como al valor de plomo en sangre en la práctica clínica de

salud en el trabajo suele dársele un peso superior a sus verdaderos alcances diagnósticos, sobre todo en la etapa de sospecha de intoxicación por plomo. Tal interpretación concede una fuerza excesiva al momento de tomar la decisión de iniciar un tratamiento, de retirar al trabajador de su puesto o de emitir una calificación sobre un probable riesgo. Diversos autores mencionan algunos de estos marcadores como de una "buena" sensibilidad y especificidad, aunque otros autores mencionan como más relevante el nivel de plomo en plasma.²³

Al compararse factores como la edad y sexo, con la concentración de plomo en sangre no se pudo demostrar que exista relación entre ellos ya que el tamaño de la muestra es muy pequeño.

Pese a que el conocimiento sobre los daños relacionados con la exposición al plomo están muy bien establecidos, todavía hoy en día observamos procesos de trabajo donde la exposición a plomo es muy alta, tal es el caso de la alfarería de barro o loza vidriados donde los métodos empleados en la fabricación son sumamente rudimentarios y realizados en el mismo domicilio de los trabajadores con la consecuente afectación de todo el grupo familiar. Por lo que es la prevención la parte fundamental para evitar las enfermedades de tipo laboral, se inicia con el control, reducción o eliminación del esmalte o "greta", así como contar con una historia clínica completa de cada integrante de la familia.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Martí Mercadal J. A., Desoille H. Medicina del trabajo. 2º ed. 1993. Edit. Masson. Pp. 289-300.
- 2.- Aguilar-Madrid G, Piacitelli GM, Juárez-Pérez CA, Vázquez-Grameix JH, Hu H, Hernández-Avila M. Occupational exposure to inorganic lead in a printing plant in Mexico City. *Sal Publ Mex* 1999;41:42-54.
- 3.- Jiménez-Corona A, Gómez-Dantés H, y col. Niveles de plomo en sangre de cordón umbilical en hospitales de la ciudad de México (1992-1994). *Gac Med Mex* 1996; 132 (pt4):447-50.
- 4.- Enciclopedia de la OIT. Ginebra.
- 5.- Montoya, M.A. Toxicología Clínica. 3ª ed. Mendez Editores. 275-296.
- 6.- http://www.sofofa.cl/ambiente/documentos/fabricacióndeobjetosdebarro_lozayporcelana.pdf.
- 7.- <http://www.semarnat.gob.mx/cecaadesu/informacion/digital/educacionobrera>.
- 8.- Viniegra G. MD, Escobar M. R. El riesgo de saturnismo por cerámica folklórica mexicana (estudio preliminar). *Sal Publ Mex* 1966;8 (1):69-77.
- 9.- <http://www.cepis.ops-oms.org>.
- 10.- De Rosa E, Toffolo D, et al. Evaluation of the current risk of lead poisoning in the ceramics industry. *J Work Environ Health* 1983 Dec;9(6):463-9.
- 11.- De Rosa E, Brighenti F, et al. The ceramics industry and lead poisoning. Lead poisoning in relation to technology and jobs. *J Work Environ Health* 1980 Dec;6(4):306-11.
- 12.- Memoria estadística de salud en el trabajo 200. Coordinación de salud en el trabajo. Instituto Mexicano del Seguro Social.
- 13.- Cárdenas-Bustamante O, y col. Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fabricas de baterías, Bogotá, Colombia. *Sal Publ Mex* 2001;43(3):203-10.
- 14.- Fauci, A, S, y col. Principios de medicina interna de Harrison. 14º ed. México, edil Mcgraw-hill. Vol.2, pp 2448-55.

- 15.-Rubens O, Logina I, Kravale I, Eglite M, Donaghy M. Peripheral neuropathy in chronic occupational inorganic lead exposure: a clinical and electrophysiological study. *J neurology, Neurosurgery & psichiatry* 2001;71(2):200-204.
- 16.-R.Davis , S.L Andelman. Urinary delta-Aminolevulinic acid levels in lead poisoning, a modified method for the rapid determination of urinary delta-aminolevulinic acid using disposable, ion-exchange chromatography columns. *Arch Environ Health*, vol.15, July 1967;53-59.
- 17.-NIOSH Manual of analytical methods; Meted # 8003., Issued:2/15/84, US. Department of health and human services, Publ. NIOSH: 8003-1, 8003-4.
- 18.- Montoya CMA. Metales Pesados. En Montoya CMA (ed) Intoxicaciones y Envenenamientos. México, Edit. Intersistemas, 2002: 181-199
- 19.-Vega-Franco L., Alvear G., Meza Camacho C. La cerámica vidriada como un factor de exposición al plomo. *Sal Publ Mex* 1994; 36(2): 148-53.
- 20.- Lewis R. Metals. In: LaDou J, ed. Occupational medicine. Norwalk, Conn.Appleton & Lange, 1990:306-10.
- 21.-Cenderjas Huerta, S., Díaz González A., El problema de la toxicidad en la loza artesanal mexicana. *Sal Publ Mex* 1974; 16(1):83-88.
- 22.-Olaiz G, Rojas R, Fortoul, T. High bloom lead levels in ceramic folk art workers in Michoacan, Mexico. *Arch Environ Health*, vol.52, no.1, Jan 1997; 51-55.
- 23.-Schütz A, Bergdahl Y, Ekholm A, et al. Measurement by ICP-MS of lead in plasma and whole blood of lead workers and controls. *Occup Environ Med* 1996; 53:736-40.

ANEXOS

ANEXO 1

CARTA DE CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACIÓN

A quien corresponda.

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio: "CORRELACIÓN BIOQUÍMICA DE PLOMO EN SANGRE CON ACIDO DELTA-AMINOLEVULINICO URINARIO EN TRABAJADORES DE TALLERES ARTESANALES DE LOZA VIDRIADA DEL ESTADO DE MÉXICO, INTOXICADOS POR PLOMO." Que se realiza en el Instituto Mexicano del Seguro Social, cuyos objetivos consisten en realizar determinación de plomo en sangre y el marcador de toxicidad ácido delta-aminolevulinico en orina con el fin de prever el daño del plomo sobre el organismo. Estoy consciente de que los procedimientos, pruebas y tratamientos para lograr los objetivos mencionados consisten en la determinación de plomo en sangre y ácido delta-aminolevulinico en orina, y que los riesgos a mi persona serán los relacionados a la extracción de la muestra de sangre.

Entiendo que del presente estudio se derivarán los siguientes beneficios: se brindará tratamiento quelante en caso de que las pruebas resulten positivas y se realizará un monitoreo toxicológico.

Es de mi conocimiento que seré libre de retirarme de la presente investigación en el momento que yo así lo desee. También que puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos y beneficios de mi participación en este estudio. En caso de que decidiera retirarme, la atención que como paciente recibo en esta institución no se verá afectada.

Nombre _____

Firma _____

Dirección _____

Fecha: _____

Testigo _____ Dirección _____

Testigo _____ Dirección _____

Nombre y firma del Investigador _____

ANEXO 2

CUESTIONARIO

Fecha: _____

Hora: _____

DATOS GENERALES:

1. Nombre del trabajador: _____
Paterno materno nombre
2. Edad: _____
_____ fecha de nacimiento: _____
Día mes año
3. Sexo: femenino _____ masculino: _____
4. Escolaridad: _____

ANTECEDENTES DE EXPOSICION

5. Antecedentes laborales: _____

6. Puesto de trabajo: _____

7. Tiempo de exposición (meses o años): _____

8. Frecuencia de exposición (horas o días): _____

9. Material o sustancias empleadas en el lugar de trabajo: _____

10. Tipo de utensilios de cocina utilizados: _____

11. Ingiere bebidas alcohólicas
Sí _____
No _____

12. En caso afirmativo, a ingerido bebidas alcohólicas en la última semana: ____

13. Ingiere alguno de los siguientes medicamentos:

Anticonceptivos orales

Barbitúricos

Sulfamidas

Anticonvulsivos

14. A padecido en la última semana alguna enfermedad infecciosa: _____

15. Alguna vez se les a realizado determinación de niveles de plomo:

Si _____

Quando: _____

No _____

ANEXO 3

TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ACIDO DELTA AMINOLEVULINICO EN ORINA.

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO:

A. material biológico: 1 ml. de orina.

B. procedimiento:

1.-Recolectar una muestra en frasco de vidrio o plástico de 125 ml. con lavado de ácido específico para eliminar trazas de metales.

2.-Medir y ajustar el pH de la orina entre 5 y 7 con ácido acético glacial.

3.-Se colocan las columnas de intercambio iónico en las gradillas poniendo la aniónica en la parte superior y la catiónica en la parte inferior.

4.-Lavar las columnas con 10 ml. de agua bidestilada, haciendo pasar el agua por ambas columnas.

5.-Una vez lavadas las columnas, añadirles 1 ml de orina con pH ajustado a 5-7, permitiendo que pase por ambas columnas.

6.-Lavar nuevamente las columnas con 8 ml. de agua bidestilada. Con el embolo presionar la columna superior hasta que todo el líquido pase a través de la columna catiónica y de ahí al desagüe.

7.-Retirar la columna aniónica.

8.-Lavar nuevamente la columna inferior o catiónica con 30 ml. de agua bidestilada.

9.-Retirando los recipientes donde se colecta el agua de lavados, verificar con el reactivo en Ehrlich que el agua de los últimos lavados esté libre de urea, de no ser así, seguir lavando con agua bidestilada.

10.-Colocar bajo la columna catiónica un tubo de centrifuga graduado de 10 ml.

11.-Agregar a la columna 7 ml. de acetato de sodio. Colectar el efluente en el tubo antes mencionado.

12.-Con el embolo en la jeringa, presionar sobre la columna y recoger en el mismo tubo el líquido extraído.

13.-Añadir 0.2 ml. de 2,4-pentanodiona al líquido extraído de la columna, se afora a la marca de 10 ml. con solución buffer de acetato de sodio (pH 4.6), se agitan, se tapan y se colocan en un baño de agua hirviendo durante 10 minutos, se sacan los tubos del agua y se dejan enfriar a temperatura ambiente.

14.-De esta solución se toma 2 ml. colocándolos en otro tubo de ensaye, a continuación se le añade 2 ml. de reactivo de Ehrlich modificado, se agita ligeramente y se deja reposar durante 15 minutos.

15.-Medir la absorción del compuesto coloreado, usando una celta de 1.0 cm de paso de luz a 553nm en el espectrofotómetro ultravioleta/visible, usando el blanco de reactivo para ajustar las lecturas. La curva de calibración de elabora preparando estándares de 0,1,3,5,10,20 y 30 µg de ALA a partir de la solución de trabajo de ácido delta aminolevulinico (10µg/ml).

16.-Se agrega agua bidestilada, 0.2 ml. de 2,4-pentanodiona y 2.8 ml. de la solución buffer de acetato de sodio (pH 4.6), de acuerdo a la siguiente tabla:

Tubo no.	Solución de trabajo 10µg/ml	µg ALA	H ₂ O	2,4- pentanodiona	buffer
1	0.0 ml.	0	7.0 ml.	0.2 ml.	2.8ml.
2	0.1	1	6.9	0.2	2.8
3	0.3	3	6.7	0.2	2.8
4	0.5	5	6.5	0.2	2.8
5	1.0	10	6.0	0.2	2.8
6	2.0	20	5.0	0.2	2.8
7	3.0	30	4.0	0.2	2.8

17.-El blanco se prepara agregando a un tubo de 10 ml., 7 ml. de agua bidestilada, 0.2 ml. De 2,4-pentanodiona y 2.8 ml. de solución buffer de acetato de sodio (Ph 4.6)

18.-Los estándares y blanco se incuban agua hirviendo durante 10 minutos.

19.-Sacar del agua y enfriar a temperatura ambiente o en baño de hielo

20.-De los estándares e blanco, tomar 2 ml colocándolos en otro tubo y añadir 2 ml. de reactivo de Ehrlich modificado. Dejar reposar durante 15 minutos.

21.-Leer a 553 nm, llevando a cero la densidad óptica con el blanco reactivo.

22.-Construir la grafica de la curva de calibración (absorbancia vs concentración).

C. Calculo: La curva de calibración proporciona el medio de calcular por interpolación el valor de la concentración correspondiente a cada problema, si se desea mayor exactitud en el cálculo, se obtiene el factor de respuesta de la curva de calibración y se calcular la concentración de ácido delta aminolevulinico en la orina de los problemas:

$$\mu\text{g/ml ALA} = F. R \times \text{Absorbancia del problema.}$$

ANEXO 5

TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE PLOMO EN SANGRE.

1.-FUNDAMENTO

Las propiedades fisicoquímicas de este elemento y de los compuestos que de él derivan, han favorecido la elaboración de varios productos.

La absorción del plomo se da por vía ingestiva y pulmonar. Los pulmones adsorben bien el plomo en comparación con la absorción a través del tracto gastrointestinal que solamente capta cerca del 5 al 10% del plomo ingerido. El plomo absorbido se distribuye a tejidos blandos (hígado, riñón, músculos y cerebro) y en fase crónica se almacena en huesos y dientes.

El plomo ocasiona alteraciones en la biosíntesis del grupo heme por la inhibición de enzimas que participan en su síntesis, ocasionando aumento en los niveles del ácido 5-aminolevulínico, coproporfirinas y zinc.

El método más común para conocer los niveles de plomo en el organismo es la medición de la concentración de plomo en sangre comúnmente expresada en microgramos de plomo por decilitro ($\mu\text{g/dl}$ ATSDR 1998).

2.-EQUIPO E INSTRUMENTOS

- Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito, corrector de fondo Muestreador automático y flama equipo Analyst 700.
- Lámpara para absorción atómica; de cátodo hueco o de descarga sin electrodo (EDL) específica para el análisis de aluminio.
- Centrífuga modelo CS No. de serie 28539 P marca International Centrifuge.
- Balanza analítica modelo 2432 No. de serie 251201 marca Sartorius.

3.-REACTIVOS Y MATERIALES

- Muestra biológica de sangre total, heparinizada, proporción 0,03 μl por 1,0 ml.
- Jeringas de plástico desechables.
- Aguja hipodérmica estéril y desechable.
- Torundas de algodón con alcohol.
- Tubos de vidrio para colecta de sangre 15 ml.
- Gradillas.
- Micropipetas volúmenes de 200 – 1000 μl .
- Micropipetas para volúmenes de 10-200 μl .

- Puntas para micropipetas desechables.
- Pipeteros.
- Tubos de ensaye 16 x 75 mm.
- Tapones de hule resistentes a disolventes orgánicos.
- Pipetas lineales de 5ml – 10 ml.
- Matraz de aforo de 100 ml
- Agua desionizada tipo 2.
- Tubos cónicos de policarbonato libre de plomo de 1.0 ml de capacidad para auto analizador AAnalist 700 horno de grafito.

4.-SUBSTANCIAS

Triton X 100

REACTIVOS

- Modificador matriz absorción atómica $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (fosfato de amonio).
- Ácido nítrico ultrapuro.
- Solución patrón de aluminio / 1000 μg / ml.
- Solución de lavado para el automuestreador (Triton X 100 5N)

5.-PREPARACION Y CONSERVACIÓN DE REACTIVOS, PATRONES DE REFERENCIA Y MUESTRAS

SOLUCION A (Solución Intermedia)

De nuestro estándar de 1000 μg / ml tome 1,0 ml y colóquese en un matraz de aforo de 100 ml (10 μg / ml).

Adicione aproximadamente 50-60 ml de agua desionizada y mézclese vigorosamente al menos 2 minutos.

Agregue 5,0 ml de ac. nítrico ultrapuro.

Ajuste el volumen total a 100 ml con agua desionizada tipo II.

SOLUCION B (Solución Modificadora)

Agregue 30 ml de H_2O desionizada a un matraz de aforo de 100 ml.

A un vaso de precipitado, agréguese 20 ml de H_2O desionizada y 0,5 ml de triton x 100 lentamente haciendo varios enjuagues, procurando no producir burbujas.

Dentro del matraz de aforo, agregue 2 ml del modificador de absorción atómica (fosfato de amonio).

Agréguese al matraz 200 µl de ácido nítrico ultrapuro.

Complete el aforo con agua desionizada.

Curva del Estándar

De la solución de plomo 10 µg/ ml tomar las siguientes alícuotas y colocarlas en matraces volumétricos de 10 ml para tener concentraciones de 50, 100, 250, 500, 750 y 1000 µg/ l (5, 10, 25, 50, 75, y 100 µg/ dl).

SOLUCION INTERMEDIA Pb µl (mcl)	HNO ₃ u l(mcl)	AFORO matraz 10 ml H ₂ O desionizada	CONCENTRACIÓN
50	500	++++	50 µg/l ó 5 µg/dl
100	500	++++	100 mg/l ó 10 mg/dl
250	500	++++	250 mg/l ó 25 mg/dl
500	500	++++	500 mg/l ó 50 mg/dl
750	500	++++	750 mg/l ó 75 mg/dl
1000	500	++++	1000 mg/l ó 100 mg/dl

6.- PROCEDIMIENTO

6.1-Obtenga la muestra por venopunción, ya sea con jeringa y aguja o con sistema de vacío; homogenice por inversión al menos 20 veces para evitar coagulación de la sangre. Obtener por lo menos 2,0 ml. de sangre en el caso de personas mayores de 1 año y 1,0 ml en niños menores de un año.

6.2-Rotule los tubos necesarios para la determinación; es recomendable realizar pruebas por duplicado (dependiendo del volumen de muestra con que se cuente).

Si las muestras no son analizadas de inmediato, refrigérese a una temperatura de 4 – 8 °C para su conservación y posterior análisis que no será mayor a 3 semanas.

6.3- Pese el(los) tubo(s) de policarbonato en la balanza analítica con 900 microlitros de la solución modificadora, registre el peso inicial, agregue 100 microlitros de la(s) muestras y anote el peso final, para obtener el peso de la sangre, saque la diferencia del peso de la sol. Modificadora, respecto al peso final.

6.4- Selle con parafilm y agite con vortex durante 20 seg. los estándares y las muestras de sangre.

6.5- Coloque dentro del carrusel del automuestreador, los tubos de policarbonato que contengan las concentraciones para la curva, en orden progresivo de menor a mayor, empezando con el blanco, seguidas por las muestras. Incluya controles bajos, normales y altos. El análisis se realiza por duplicado, tomando 20 microlitros de muestra.

6.6- Ajuste las condiciones "estándar" para esta determinación, de acuerdo a las indicaciones del instructivo proporcionado por el fabricante del equipo.

- Longitud de onda: 283
- Ancho de banda: 0.7 nm
- Mezcla de gases: acetileno - aire
- Flama: oxidante (azul)

6.7- Los parámetros como las temperaturas y los tiempos de secado, calcinado y atomizado del horno de grafito se establecen a partir de las especificaciones de operación optimizadas en el laboratorio.

7.-EXPRESION DE RESULTADOS

Curva de calibración.-

Elaborar una curva de absorbancia integrada vs. Concentración con los estándares acuosos de plomo ó una curva de calibración con adición de estándar, debiendo obtener un coeficiente de correlación $r = 0.995$.

Para calcular la concentración de plomo de muestras, se interpola el valor de absorbancia integrada en la gráfica de la curva de calibración.

Cuando alguna muestra exceda el intervalo lineal definido con esta curva, se analizará nuevamente, realizando una dilución 1:20 de la siguiente manera:
100 microlitros sangre + 1900 microlitros sol. modificadora

Formato de uso de equipo.

Formato de reporte interno.