

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

**“NIVELES DE HIERRO Y PLOMO SÉRICO EN NIÑOS  
DE 6 MESES A 5 AÑOS DE EDAD”**

Estudio descriptivo de corte transversal realizado en el Valle Palajunoj,  
departamento de Quetzaltenango, 2019

Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Andree Fabián Gómez Davila  
Diana Carolina González Dardón  
José Miguel Morán Cordova  
Jennifer Daniela Herrera Sanchez  
Andrea Karina Aguilar Sánchez**

**Médico y Cirujano**

Guatemala, septiembre de 2019

El infrascrito Decano y el Coordinador de la Coordinación de Trabajos de Graduación –COTRAG–, de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hacen constar que:

Los bachilleres:

- |                                     |           |               |
|-------------------------------------|-----------|---------------|
| 1. ANDREE FABIÁN GÓMEZ DAVILA       | 200910505 | 2520119610101 |
| 2. DIANA CAROLINA GONZÁLEZ DARDÓN   | 201310169 | 2595269320101 |
| 3. JOSÉ MIGUEL MORÁN CORDOVA        | 201310321 | 2497287020101 |
| 4. JENNIFER DANIELA HERRERA SANCHEZ | 201310408 | 2922719211301 |
| 5. ANDREA KARINA AGUILAR SÁNCHEZ    | 201317995 | 2712876830101 |

Cumplieron con los requisitos solicitados por esta Facultad, previo a optar al título de Médico y Cirujano en el grado de licenciatura, y habiendo presentado el trabajo de graduación titulado:

**“NIVELES DE HIERRO Y PLOMO SÉRICO EN NIÑOS  
DE 6 MESES A 5 AÑOS DE EDAD”**

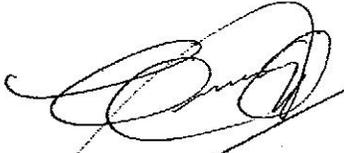
Estudio descriptivo de corte transversal realizado en el Valle Palajunoj,  
departamento de Quetzaltenango, 2019

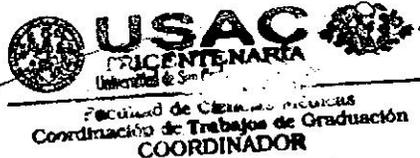
Trabajo asesorado por la Dra. Carmen Rosa Alvarado Benítez y revisado por la Dra. Mónica Ninet Rodas González, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firman y sellan la presente:

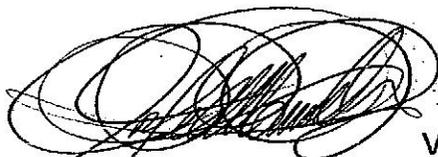
**ORDEN DE IMPRESIÓN**

En la Ciudad de Guatemala, el veinticinco de septiembre del dos mil diecinueve

*César O. García G.  
Doctor en Salud Pública  
Colegiado 5,950*

  
Dr. C. César Oswaldo García García  
Coordinador



  
Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva  
DECANO

Vo.Bo.

Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva  
Decano

El infrascrito Coordinador de la COTRAG de la Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, HACE CONSTAR que los estudiantes:

1. ANDREE FABIÁN GÓMEZ DÁVILA	200910505	2520119610101
2. DIANA CAROLINA GONZÁLEZ DARDÓN	201310169	2595269320101
3. JOSÉ MIGUEL MORÁN CORDOVA	201310321	2497287020101
4. JENNIFER DANIELA HERRERA SANCHEZ	201310408	2922719211301
5. ANDREA KARINA AGUILAR SÁNCHEZ	201317995	2712876830101

Presentaron el trabajo de graduación titulado:

**"NIVELES DE HIERRO Y PLOMO SÉRICO EN NIÑOS  
DE 6 MESES A 5 AÑOS DE EDAD"**

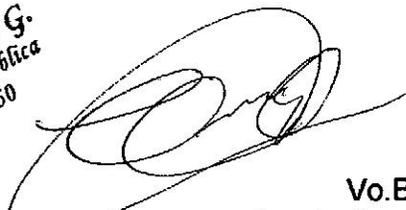
Estudio descriptivo de corte transversal realizado en el Valle Palajunoj,  
departamento de Quetzaltenango, 2019

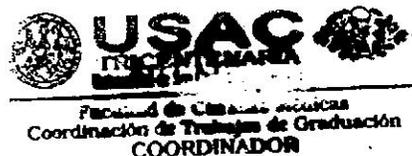
El cual ha sido revisado por la Dra. Mónica Ninet Rodas González, y al establecer que cumple con los requisitos establecidos por esta Coordinación, se les **AUTORIZA** continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala, a los veinticinco días de septiembre del año dos mil diecinueve.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
Dra. Mónica Ninet Rodas González  
Profesora Revisora  
Médica y Cirujana  
Col. 17,866

César O. García G.  
Doctor en Salud Pública  
Colegiado 5,950

  
Vo.Bo.  
Dr. C. César Oswaldo García García  
Coordinador



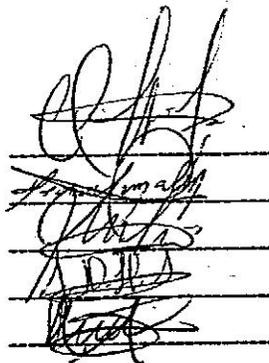
Guatemala, 17 de septiembre del 2019

Doctor  
César Oswaldo García García  
Coordinado de la COTRAG  
Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Dr. García:

Le informamos que nosotros:

1. ANDREE FABIÁN GÓMEZ DAVILA
2. DIANA CAROLINA GONZÁLEZ DARDÓN
3. JOSÉ MIGUEL MORÁN CORDOVA
4. JENNIFER DANIELA HERRERA SANCHEZ
5. ANDREA KARINA AGUILAR SÁNCHEZ



Presentamos el trabajo de graduación titulado:

**"NIVELES DE HIERRO Y PLOMO SÉRICO EN NIÑOS  
DE 6 MESES A 5 AÑOS DE EDAD"**

Estudio descriptivo de corte transversal realizado en el Valle Palajunoj,  
departamento de Quetzaltenango, 2019

Del cual la asesora y la revisora se responsabilizan de la metodología,  
confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la  
pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

**FIRMAS Y SELLOS PROFESIONALES**

Asesora: Dra. Carmen Rosa Alvarado Benitez

Revisor: Dra. Mónica Ninet Rodas González

Registro de personal 20180479.



Dra. Carmen R. Alvarado Benitez  
MÉDICO Y CIRUJANO  
COL. 17,984

Dra. Mónica Ninet Rodas González  
Médica y Cirujana  
Col. 17,866

## **AGREDECIMIENTOS**

- A la Universidad de San Carlos de Guatemala** Por instruirnos y construirnos como los profesionales que hoy somos.
- A nuestra Asesora y Revisora** Por la paciencia, orientación y ayuda que nos brindaron para la realización de esta tesis.
- A los catedráticos** Por ayudarnos a expandir nuestros conocimientos, enseñarnos a crear y gestionar los conocimientos con los cuales construiremos nuestro futuro.
- A Los Pacientes** Que fueron y serán un libro abierto para seguir instruyéndonos. Serán parte de inspiración.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por su infinito amor y misericordia, que guío mi camino, me utilizó como su instrumento para hacer el bien y jamás me abandono ni en mis peores momentos, por enseñarme que nada es imposible para el que cree en ti.

### **A mis padres**

Por todo su amor y apoyo incondicional, que han estado para mi en todo momento, por su paciente, por cuidarme, escucharme y siempre tener las palabras adecuadas para consolarme, por enseñarme que todo lo que vale la pena cuesta y siempre ser mi ejemplo a seguir. Este logro no es mío, es nuestro porque el esfuerzo lo hicimos todos, infinitas gracias.

### **A mis hermanas**

Por todo su amor y cariño, por aguantarme en mis postornos, escuchar mis historias, consentirme y estar conmigo en las buenas y en las malas, las amo.

### **A mi novio**

Por hacer un poco más dulce el camino, porque cada situación que surgía usted estaba a una llamada o a un pasillo de distancia por darme los consejos y abrazos que nadie más me podía dar.

### **A mi familia en general**

Por estar conmigo en cada paso que doy y apoyarme en todo momento.

### **A mis amigos**

Porque no ha sido fácil el camino, pero con usted todo fue mejor, gracias por las risas y los buenos momentos, los llevo en mi corazón.

**Diana Carolina González Dardón**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por haberme acompañado y guiado a lo largo de la carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y permitirme llegar hasta este momento.

### **A mis padres**

Ana María y Alfonso Estuardo quienes han realizado tantos esfuerzos y sacrificios para apoyarme en cada meta que me he propuesto. Gracias por su amor, comprensión, consejos y educación. Frankie por darme la oportunidad de educación durante el transcurso de mi vida y quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

### **A mis hermanos**

Christian y Anaí por ser los amigos más fieles que tengo, me han motivado a seguir adelante, llenan mi vida de alegría y amor cuando lo he necesitado.

### **A mis abuelitas**

Ilse por apoyarme, darme los mejores consejos y hacer de mí una mejor persona. Beti aunque ya no se encuentre físicamente con nosotros, desde el cielo se enorgullece por este logro.

### **A la familia Medina Saravia**

Por apoyarme, por su cariño y depositar su confianza en mí, en especial mención a Juan José por acompañarme durante este arduo camino, por tu paciencia y por animarme a seguir adelante.

### **A mis amigos**

Por brindarme su confianza, por escucharme y gracias por esos agradables momentos que siempre recordaré.

### **A mis profesores**

Quienes han hecho crecer en mí el amor por la medicina, mostrándome el camino de la excelencia profesional a través de la perseverancia.

**Jennifer Daniela Herrera Sanchez**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por su infinito amor e inmensa misericordia, que ha sido mi luz, mi fortaleza y mi refugio. Porque cuando he caído me ha levantado y me ha demostrado que todo es posible para el que cree, quien me ha permitido llegar hasta donde estoy.

### **A mis padres**

Por su amor incondicional, a quienes las palabras no me alcanzan para agradecer todo su apoyo y sacrificio desde el momento que decidí estudiar medicina, por ser el mejor ejemplo de responsabilidad, entrega y trabajo, este logro también es de ustedes, hoy soy lo que soy gracias a su esfuerzo. Los amo y les dedico completamente este logro.

### **A mi hermano**

Por ser ejemplo de perseverancia, por estar siempre a mi lado, brindándome palabras de fortaleza, por confiar en que podía alcanzar la meta, llenando mi vida de alegría.

Te amo.

### **A mis abuelos**

Por su consejo y apoyo incondicional, por ser como mis segundos padres.

### **A mi familia en general**

Que siempre estuvieron pendientes de mis sueños, por todas sus palabras de ánimo y oraciones.

### **A mis amigos**

Por su cariño, paciencia y risas, por escucharme, aconsejarme y estar siempre cuando los necesito.

**Andrea Karina Aguilar Sánchez**

## **DEDICATORIA**

### **A mi madre**

Por ser más que una madre para mí, por tu paciencia, tu amor, tu dedicación y esfuerzo constante para que yo pudiera lograr cada una de mis metas. Por apoyarme en los momentos no solo buenos, sino también en los malos y porque a pesar de los sacrificios y adversidades, diste todo para que yo culminara con éxito esta carrera.

### **A mi padre**

Agradezco que me enseñara la disciplina, valor y lo que significa el esfuerzo para lograr un objetivo. Gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

### **A mis hermanas**

Por ser quienes me acompañaron en noches de desvelo, para darme apoyo y ayudarme a seguir hacia adelante, por estar siempre en los momentos más difíciles y por siempre creer en mi capacidad para conseguir esta meta.

### **A mis compañeros de tesis**

Por brindar valor, honorabilidad y respeto al trabajo en equipo. Reconozco que serán grandes médicos y les deseo que continúen por el mejor camino de disciplina y solidaridad, que jamás olviden que son unas personas muy especiales y lo memorable y grato que es servir en esta carrera.

### **A mis amigos**

Presentes y pasados, quienes compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas; porque siempre recibí de ustedes, palabras de aliento, la importancia de continuar y que las cosas siempre se consiguen con esfuerzo.

**Andree Fabián Gómez Davila**

## DEDICATORIA

- A Dios** Por su compañía en todo momento, por brindarme sabiduría e inteligencia.
- A la Gloriosa Tricentenario  
Universidad San Carlos de  
Guatemala** Por otorgarme las herramientas y el conocimiento para forjarme como un orgulloso profesional egresado de esta Alma Mater.
- A mis padres** Por inculcarme valores, por su apoyo incondicional, por su comprensión y su inmenso sacrificio a lo largo de mi vida. Los amo con todo mi corazón. Este logro es de los 3, no hubiera podido sin ustedes.
- A mi familia** Por fomentar los objetivos de mi vida, su apoyo en momentos de crisis y felicidad, al ser uno de los pilares que me sostiene.
- A mis amigos** Mi segunda familia, por aceptar mis virtudes y defectos. Por cada año juntos que me han hecho crecer como ser humano.
- A la vida** A todas esas personas que han dejado una huella y por cada obstáculo que he superado, que me ha hecho desarrollarme y forjar mi carácter, convertirme en el hombre que soy ahora.

**José Miguel Morán Cordova**

### **Responsabilidad del trabajo de graduación**

**El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y para la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegará a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad, de la Universidad y otras instancias competentes.**

## RESUMEN

**OBJETIVO:** Determinar los niveles de hierro y plomo en niños de 6 meses a 5 años de edad residentes del Valle de Palajunoj, Quetzaltenango, Guatemala 2019. **POBLACIÓN Y MÉTODOS:** Estudio descriptivo transversal, realizado con una muestra de 92 niños, se realizó un análisis estadístico univariado. Avalado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Médicas. **RESULTADOS:** Sexo femenino 56% (52), masculino 44% (40), rango de edad 49-60 meses 63% (58),  $\bar{x}$  43  $\pm$  16.6, residentes de Llanos del Pinal 66% (74); condición de vivienda: pared de block 90% (83), techo de lámina 61.9% (57), piso de cemento 54.3% (50). El estado nutricional según peso/talla 87% (80) normal, peso/edad 83% (76) normal, talla/edad retardo del crecimiento moderado 26% (24) y severo 20% (18). Niveles de plomo: 16% (15) mayores a 3.5  $\mu\text{g}/\text{dl}$  y 43% (40) niveles de hierro  $<49\text{mcg}/\text{dl}$ ; según sexo 8.7% (8) de los niños presenta niveles elevados de plomo, y 26% (24) de las niñas niveles bajos de hierro. **CONCLUSIONES:** La mayoría de los niños son de sexo femenino, con una edad media de 43 meses  $\pm$  16.56, residentes de Llanos del Pinal. Las condiciones de vivienda predominante son, pared de block, techo de lámina y piso de cemento y la ocupación más frecuente de los padres es en el sector construcción. En 2 de cada 10 niños presenta niveles elevados de plomo, más frecuente en sexo masculino; y la deficiencia de hierro se encuentra en la mitad de ellos con predominio del sexo femenino.

**Palabras clave:** plomo, hierro, desnutrición crónica.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	3
2.1 Marco de antecedentes.....	3
2.2 Marco referencial.....	6
2.2.1 Nutrición y desarrollo humano.....	6
2.2.2 Estado nutricional y antropometría.....	7
2.2.3 Desnutrición.....	8
2.2.4 Plomo.....	12
2.2.5 Hierro.....	22
2.3 Marco teórico.....	28
2.4 Marco conceptual.....	29
2.5 Marco geográfico.....	31
2.6 Marco institucional.....	32
2.7 Marco legal.....	33
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	37
3.1 Objetivo general.....	37
3.2 Objetivos específicos.....	37
<b>4. POBLACIÓN Y MÉTODOS</b> .....	39
4.1 Enfoque y diseño de investigación.....	39
4.1.1 Enfoque y diseño.....	39
4.2 Unidad de análisis y de información.....	39
4.2.1 Unidad de análisis.....	39
4.2.2 Unidad de información.....	39
4.3. Población y muestra.....	39
4.3.1 Población.....	39
4.3.2 Muestra.....	39
4.4 Selección de los sujetos a estudio.....	40
4.4.1 Criterios de inclusión.....	40
4.4.2 Criterios de exclusión.....	40
4.5 Definición y operacionalización de las variables.....	42
4.6 Recolección de datos.....	55

4.6.1 Procesos.....	55
4.6.2 Técnicas.....	56
4.6.3 Instrumentos.....	60
4.7 Procesamiento y análisis de datos.....	61
4.7.1 Procesamiento de datos.....	61
4.7.2 Análisis de datos.....	61
4.8 Alcances y límites de la investigación.....	62
4.9 Aspectos éticos.....	62
4.9.1 Principios éticos generales.....	62
4.9.2 Categoría de riesgo.....	66
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>73</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>9. APORTES .....</b>	<b>83</b>
<b>10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>85</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.5.1</b> Definición y operacionalización de variables.....	42
<b>Tabla 5.1</b> Características sociodemográficas según comunidad del Valle Palajunoj.....	67
<b>Tabla 5.2</b> Niveles de hierro y plomo, según sexo en niños de 6 meses a 5 años.....	68
<b>Tabla 5.3</b> Estado nutricional de los sujetos a estudio.....	69
<b>Tabla 5.4</b> Valoración prenatal de los sujetos a estudio.....	70
<b>Tabla 5.5</b> Valoración natal de los sujetos a estudio.....	71
<b>Tabla 5.6</b> Ocupación y escolaridad de los padres.....	71

# 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala ocupa el primer lugar en desnutrición crónica entre los países de América Latina y sexto a nivel mundial. Más del 50 % de los niños menores de 5 años sufren de retardo de crecimiento, esto se encuentra determinado por; la inseguridad alimentaria, baja ingesta de minerales, deficiencia de hierro, bajo peso al nacer y desnutrición materna. Factores ambientales también pueden influenciar en el crecimiento y desarrollo de los niños, como la exposición a metales pesados, específicamente el plomo. <sup>1</sup>

La exposición ambiental al plomo es un problema de salud pública y según la Academia Americana de Pediatría (AAP), los niños y las embarazadas son las poblaciones más vulnerables. Se ha asociado con manifestaciones materno fetales causando abortos y óbitos, así como aumento de nacimientos prematuros y bajo peso al nacer. La intoxicación con este metal causa numerosas patologías, las principales afectaciones son neurológicas, renales, en el proceso de crecimiento de los niños y hematopoyético, ya que afecta la habilidad del organismo de producir hemoglobina, dando como resultado final una anemia ferropénica. Este tipo de anemia es la enfermedad hematológica más frecuente en la infancia, afectando a más del 30 % de la población mundial, el grupo de mayor riesgo para el desarrollo lo constituyen los lactantes y niños menores de 5 años, debido a sus altos requerimientos durante la etapa de crecimiento y poseen una ingesta escasa de hierro. <sup>2,3</sup>

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el plomo está incluido en la lista de los primeros 10 productos causantes de graves problemas a la salud, presente en diferentes actividades del hombre, en la que destaca la explotación minera. <sup>4</sup>

Quetzaltenango, se encuentra en el altiplano centro-occidental guatemalteco, adyacente a los 2 departamentos de mayor producción minera (Huehuetenango y San Marcos), posee territorios mineros en donde su principal extracción son los materiales de construcción como el piedrín, los diferentes tipos de arena y cal, ocasionando la liberación del plomo al medioambiente. El Valle de Palajunoj localizado en la parte sur occidente del municipio, está comprendido por diez comunidades, de las cuales cinco de ellas están dentro del perímetro minero, siendo esto un factor de riesgo para los habitantes del lugar. <sup>1,2,4</sup>

Pese a esto, no se poseen datos epidemiológicos actualizados sobre los niveles de hierro y plomo en niños de 6 meses a 5 años, por ello la necesidad de estudiar y determinar los niveles de los mismos en la población más vulnerable, creando registros sobre las características sociodemográficas y estado nutricional que pueden intervenir como factor de riesgo, otorgando información a las autoridades correspondientes con base científica, para tomar las medidas necesarias que protejan a las comunidades expuestas y a la generación de planes de acción que beneficien la salud del infante asegurando un buen desarrollo físico y mental.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Marco de antecedentes

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública. Los niños son especialmente vulnerables a los efectos tóxicos del metal debido a que absorben entre 4 y 5 veces más que un adulto, su curiosidad innata, propio de la edad de llevarse cosas a la boca, los hacen más propensos a desarrollar consecuencias graves, posiblemente permanentes en su salud, afectando particularmente el desarrollo y el sistema nervioso. <sup>2</sup>

Se ha estudiado los efectos del plomo durante el embarazo, este metal puede atravesar la barrera placentaria, causando alteración de las células óseas por cambios en las hormonas circulantes, la síntesis de las mismas y disminuir su regulación al reemplazar el calcio. En el 2016 en México, evaluaron 513 madres y sus hijos, las concentraciones de plomo en sangre materna, con resultados en el segundo trimestre de 0.8 a 17.8 µg/dl aumentando ligeramente al tercer trimestre con el rango de 0.3 a 28.3 µg/dl, la concentración de plomo en sangre extraída del cordón fue 0.4 a 18.5 µg/dl, las mediciones de plomo óseo por fluorescencia utilizando K-shell rayos X en la tibia la media fue de 2.9 µg/g y la rótula de 4.7 µg/g, los resultados de plomo en sangre aumentados durante el embarazo se asociaron a las medidas de antropometría de niños 4 a 6 años, fueron 0.7 cm más bajos, pesaron de 0.23 a 0.37 kg menos. En el 2008 al 2011 en China, en 107 bebés de 2 meses de edad utilizaron potenciales relacionados con eventos asociados a la concentración de plomo en el cordón umbilical, los niños con niveles <2.00 µg/dl presentaron un mejor reconocimiento auditivo de la voz de su madre que la de un extraño. <sup>2,3</sup>

Otra complicación encontrada fue la preeclampsia. En 158 embarazos de Irán en el 2015, se demostró que por cada unidad de aumento en la concentración de plomo la presión arterial sistólica aumento 0.014 mmHg y la diastólica 0.013 mmHg. <sup>5</sup>

Se ha encontrado una gran relación en el aumento de los niveles séricos de plomo en pacientes con talla baja y otras patologías. La estatura es un parámetro muy útil para determinar el estado de salud de un niño. En Chapaevsk, Rusia en el año 2003 realizaron un

estudio longitudinal, a niños de 8 a 9 años de edad con seguimiento anual hasta la edad 18 años, asociaron las concentraciones de plomo prepuberal con el crecimiento, comparando a los niños con concentraciones mayores de 5 µg/dl con los niños que presentaran concentraciones menores a 5 µg/dl, los niños al inicio del estudio se encontraban dentro de los límites normales de estatura, a lo largo de los 10 años los niños con concentraciones de plomo elevadas presentaron con una diferencia de crecimiento en promedio de 2.5 cm. En México 2015 en 291 participantes, encontraron reducción del 17 % de talla para la edad por el aumento de 1 unidad de plomo en sangre, la asociación aumentaba 3 veces más si presentaban déficit de zinc. El estudio de Venezuela durante el 2017, en 39 niños de 3 y 14 años con talla baja se evidenció una relación indirectamente proporcional entre la talla de los pacientes y los niveles de plumbemia con resultados mayores de 6.26 µg/dl con una desviación estándar de estatura de 1,5. En Bangladesh 2018 encontraron que las altas concentraciones de plomo se asociaban con un bajo índice de masa corporal en 729 niños menores de 2 años. <sup>1, 6- 8</sup>

Se han realizado estudios para evaluar los factores de riesgo para la intoxicación del plomo, en el año 2009 en Francia se llevó a cabo una investigación sobre los niveles de plomo y los factores de riesgo, la concentración plomo se encontró 14.9 g/l, los factores asociados fueron: pintura descascarada en las zonas de construcción antes de 1949, madre nacida en países donde es común la medicina tradicional, cosmética o cerámica, beber agua que ha pasado por las tuberías de plomo, las profesiones de los padres en especial: comerciante de chatarra, involucrado en las baterías y mecanizado de plomo. Otro estudio realizado en Argentina durante el 2016, se determinó la plumbemia por absorción tópica las conclusiones fueron: la media de plumbemia de la población estudiada fue de 2.2 µg/dl, los principales factores de riesgo fueron edad menor a 3 años, anemia, escolaridad materna menor a 7 años, hacinamiento y piso de tierra. <sup>9,10</sup>

La actividad ocupacional de los padres ha sido relacionada con la exposición de niños al plomo, en Colombia 2004 localizaron los predios en los que adultos trabajan en reciclajes de baterías, convivieran con niños de 5 meses a 12 años, los resultados de los síntomas y signos fueron hiporrexia 59 %, dolor abdominal 41 %, cefalea 25 %, ribete Burton 22 %, se diagnosticó desnutrición a 44 %, anemia 31 % de los cuales 22 % presentaba un punteado basófilo, ningún niño presento valores normales de plomo, el promedio se encontraba en rangos de intoxicación moderada. Un estudio similar realizado en Francia 2010, las concentraciones de plomo

encontradas en los niños menores de 6 años fueron de 46.9 mg/l, niños de 6 a 12 años 32.4 mg/L y los niños entre 12 a 18 años 25.1 mg/L. Concluyendo que los niveles de plomo aumentaban en niños con padres expuestos ocupacionalmente. <sup>11,12</sup>

Se ha estudiado el plomo en relación con la contaminación ambiental, en Perú 2005 estudiaron localidades donde existen depósitos de relaves polimetálicos y desmonte de mineral; concluyeron que la prevalencia de intoxicación por plomo fue de 84.7 %, un 55.8 % de los niños estaban con desnutrición crónica, 23 % tenían anemia, y 5.9 % tenían retardo mental. Investigaron en el año 2017 en el caserío Chunya Perú, debido a la actividad minera, la contaminación de agua con plomo que se encontraba con concentraciones mayores al límite permisible, en niños de 3 años existía desnutrición crónica 56 %, en niños de 4 años 55 % y en niños de 5 años prevaleció con delgadez 53.8 %; 32.1 % padecía de anemia leve; 61.3 % de los niños presento un déficit del desarrollo psicomotor. En Colombia en el año 2015, las concentraciones promedio del plomo en el aire estuvieron por debajo de los límites permisibles; en todos los cuerpos de agua se encontraron concentraciones elevadas, en el monitoreo de suelos las concentraciones de plomo se observaron diferencias entre los puntos monitoreados. En Guatemala ríos, lagos y lagunas de los 22 departamentos, concluyeron que las fuentes de agua analizadas existen presencia de los metales plomo y cobre, las mayores concentraciones del metal plomo se encontraron en los departamentos de San Marcos, Baja Verapaz y Suchitepéquez. <sup>13-16</sup>

La intoxicación de plomo se ha asociado con el rendimiento escolar en Guatemala un estudio descriptivo en 1999, respecto a los niveles de plomo en sangre y bajo rendimiento escolar. La investigación se realizó en el Instituto Carlos Martínez Durán, se encontró que los niveles sanguíneos de plomo encontrados no fueron mayores de 10 µg/dl; no representan ningún peligro inmediato para la salud, ni una relación causal directa entre estos y el bajo rendimiento escolar. Contrario al estudio en México realizado en el año 2007 donde concluyen que los niveles de plomo sanguíneos mayores a 10 µg/dl, contribuyen a aumentar 41 % el riesgo reprobación del año escolar. <sup>17,18</sup>

Se ha evaluado el trastorno del déficit de atención con hiperactividad y el posible efecto de la exposición prenatal al plomo asociado a la autoestima materna en México en 1994 al 2011 en 192 madres, las mediciones de plomo en las madres de la tibia fueron de 10.2 µg/dl, de rótula 12.6 µg/dl utilizando radiografías K-Shell K-109, los niveles de plomo del cordón

umbilical la media fue de 5.3 µg/dl, los niveles de plomo en sangre de los niños la media fue 2.7 µg/dl, la evaluación de la autoestima materna con el cuestionario Coopersmith fue de 17 puntos, para la evaluación de los niños se utilizó el cuestionario Conners Scale-Revised, formulario BRIEF para evaluar el comportamiento y metacognición, las puntuaciones T de 40-60 se consideran normales, puntuaciones más altas indican severidad asociados a problemas de conducta, determinaron que el aumento de 1 punto de autoestima se asoció con la disminución de 0.4 a 0.7 en las puntuaciones T, se asoció aumento de las puntuaciones T con los grupos de alta exposición al plomo.<sup>19</sup>

Existen varios estudios relacionadas con plomo a nivel mundial. No existen investigaciones actuales por parte de las ciencias médicas en Guatemala. Se conoce algunos factores de riesgo que aumentan la absorción de metales pesados como lo es la desnutrición, dado que Guatemala se encuentra en el sexto lugar de desnutrición crónica a nivel mundial, y tiene la mayor prevalencia en Latinoamérica. Quetzaltenango se encuentra dentro de los cinco departamentos con mayor prevalencia de desnutrición crónica, con un 43 %. Por lo anterior con esta investigación se pretende proporcionar información válida para futuras intervenciones y planes de acción dirigida a los efectos que pueden tener la exposición al plomo.<sup>4</sup>

## **2.2 Marco referencial**

### **2.2.1 Nutrición y desarrollo humano**

La nutrición actúa directamente aportando sustratos energéticos que son indispensables para el depósito de tejidos nuevos y su síntesis e indirectamente modulando la secreción de la Hormona del Crecimiento (GH) y el Factor de Crecimiento Insulínico tipo 1 (IGF-1). En el ayuno y en la desnutrición crónica se construye un estado de resistencia a la acción de la GH ocasionando la disminución de la concentración de IGF-1 en plasma, desequilibrándose la relación GH/IGF-1, provocando un aumento en la secreción de GH, incrementando la amplitud y el número de los episodios secretores. Actualmente, no se conoce con exactitud el mecanismo por el que se genera la resistencia a la GH, se conoce que en situaciones de restricción calórica y/o de dietas hipoproteicas hay una disminución en el número de receptores de alta afinidad para GH, además de una alteración del posreceptor, que consiste principalmente en una alteración de la expresión del gen de IGF-1.<sup>20</sup>

En los países en vías de desarrollo y países altamente industrializados, es diferente la repercusión clínica sobre las alteraciones de la nutrición y crecimiento en la población infantil, así como su abordaje. Los países en vías de desarrollo la desnutrición primaria grave es habitual, que llegue a afectar de manera crítica a una gran parte de la población de niños en etapas prenatales y los primeros años de vida, repercutiendo negativamente sobre la talla para la edad. En países desarrollados, la desnutrición proteico energética no existe o es muy limitada, la disminución en el crecimiento es escasa y se hace evidente en procesos de mala-absorción, en grupos específicos que poseen dietas estrictas como: vegetarianos estrictos, consumidores de macrobióticas, dietas inadecuadas para tratar la obesidad u otras enfermedades metabólicas. Es en estas situaciones que se llegan a producir carencia de diversos nutrientes esenciales como: el zinc, azufre, magnesio o determinados aminoácidos, que se llegan a manifestar exclusivamente por disminución de la velocidad del crecimiento.<sup>20</sup>

### 2.2.2 Estado nutricional y antropometría

La evaluación nutricional es un proceso elaborado y detallado para diagnosticar el estado nutricional de una persona, para realizarlo se debe utilizar una historia clínica, la cual posee datos de una historia nutricional, el examen físico para determinar signos clínicos de deficiencia nutricional y mediciones antropométricas. La valoración antropométrica es de los parámetros más utilizados en la población pediátrica. Para obtener los valores de patrones de crecimiento diseñados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) se realizó un estudio multicéntrico desde 1997 al 2003, dando como resultado el Nuevo Patrón de Crecimiento.<sup>21</sup>

Las mediciones básicas utilizadas son: peso, talla, perímetro braquial y perímetro cefálico. Se utilizan estos ya que por sí solo el peso no posee mayor significado, este se relaciona con la edad, sexo y talla del paciente. Los índices antropométricos son combinaciones de medidas, que pueden relacionarse con estándares de normalidad, comparándolos con el sexo y edad. Se deben utilizar gráficos o tablas de referencia para obtener los índices básicos: peso para la edad, talla para la edad y peso para la talla.<sup>21</sup>

- **Peso/edad:** refleja la masa corporal en relación con la edad cronológica. Este es influenciado por la estatura y por el peso relativo. Se compara el peso del niño con el peso de otros de la misma edad. Quienes se encuentran por debajo de la curva inferior o del percentil 10, presentan muy bajo peso para la edad.<sup>22</sup>

- Talla/edad: refleja el crecimiento lineal en relación con la edad cronológica, si este se encuentra alterado refleja alteraciones de largo plazo en el estado de salud y nutricional. Se acepta como normal la talla entre 95 % y 105 % del estándar lo que corresponde entre el percentil 10 y 90.<sup>22</sup>
- Peso/talla: refleja el peso para una talla dada y define la proporcionalidad de la masa corporal. Si este se encuentra bajo, indica emaciación o desnutrición aguda, si este se encuentra elevado indica obesidad. Este índice se utiliza a partir del año de vida.<sup>22</sup>
- Índice de masa corporal: es el peso comparado con la talla al cuadrado, este debe ser relacionado con la edad y su interpretación es similar a la de peso talla.<sup>21</sup>

Se utilizan indicadores bioquímicos que incluyen la medición de un nutriente o sus metabolitos en sangre, heces u orina. Existen múltiples pruebas bioquímicas como albúmina, proteínas, hemoglobina, transferrina, niveles de hierro en sangre, pero estas deben ser correlacionadas con la clínica, y antropometría. Es importante que sean comparadas con normas de referencia según edad y sexo. Los objetivos de estas pruebas se centran en diagnosticar estados carenciales de malnutrición, confirmar estados carenciales específicos y detectar trastornos metabólicos asociados con desequilibrios nutricionales.<sup>22</sup>

### 2.2.3 Desnutrición

Se define como “un estado patológico, inespecífico, sistemático, potencialmente reversible, que se origina como resultado de la deficiente incorporación de nutrientes a las células del organismo, que se presenta con diversos grados de intensidad y varias manifestaciones clínicas de acuerdo con factores ecológicos”. La desnutrición infantil es causada por una ingesta insuficiente o inadecuada, la cual puede ser agravada por la falta de higiene, por enfermedades parasitarias e infecciosas. Como causas subyacentes se encuentran: la falta de acceso al agua, alimentos o atención sanitaria, afectado también por la escasa educación materna, prácticas inadecuadas en el manejo y cuidado de los niños. Las anteriores derivan de la pobreza e inequidad de distribución de recursos, servicios y oportunidades.<sup>23</sup>

La desnutrición aumenta la mortalidad y morbilidad materna e infantil. Si la madre durante el embarazo presenta desnutrición, el crecimiento en talla y peso del feto disminuye, incrementando la probabilidad que el mismo nazca con bajo peso, ampliando el riesgo de morbilidad, mortalidad infantil y desnutrición durante los siguientes meses y años.<sup>24</sup>

### 2.2.3.1 Origen de la desnutrición

Los estados de la desnutrición en nuestro medio son ocasionados por la subalimentación del sujeto, la principal causa, determinadas por la deficiencia en calidad o en cantidad de alimentos consumidos, los factores asociados como: pobreza, pobre alimentación, falta de higiene al prepararlas o falta de técnica en la alimentación del niño. Otras causas menos comunes son: infecciones enterales o parenterales, nacimiento prematuro y defectos congénitos. Cabe mencionar que un factor de riesgo es la estancia hospitalaria prolongada, que afecta el aprovechamiento normal de los alimentos a pesar de las atenciones higiénicas, médicas y de alimentación correcta. Esto es debido a una disminución de la facultad de aprovechamiento que normalmente posee el organismo del niño, que afecta la fisiología del sistema digestivo y que repercute en los procesos de anabolismo. Las infecciones son comunes en estos casos afectando las vías enterales o en los sitios parenterales más susceptibles que complican el cuadro con episodios de diarrea periódica que agota las reservas que el organismo posee.<sup>25</sup>

### 2.2.3.2. Tipos clínicos de desnutrición

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda la lactancia materna exclusiva durante los primeros 6 meses de vida, posteriormente los lactantes inicien la etapa de ablactación con el consumo de productos semisólidos como: carne, pescado o huevo para asegurar un aporte proteico. Sin embargo, en contextos de pobreza la lactancia materna exclusiva se alarga hasta los 2 o 3 años de vida, se reemplaza por dietas basadas en vegetales que son de alto contenido en hidratos de carbono, pero deficientes en proteínas, lo que favorece la desnutrición infantil, especialmente la denominada desnutrición proteico energética.

23

La malnutrición proteico energética severa produce: lesiones funcionales y estructurales denominadas por Jelliffe como: marasmo, kwashiorkor y kwashiorkor marasmático. El marasmo es un trastorno ocasionado por la falta de aporte energético, que produce un retraso en el crecimiento y emaciación. Se caracteriza por atrofia muscular y pérdida de tejido adiposo subcutáneo, agravado por anemia ferropénica, con un bajo peso en comparación con la estatura. Cuando se acompaña de gastroenteritis y diarrea, provocando deshidratación severa que acelera el proceso de emaciación.<sup>23</sup>

El kwashiorkor es causada por la falta de ingesta proteica y de micronutrientes, cuando la lactancia materna se sustituye por una dieta basada en vegetales y los aminoácidos presentes en la leche materna no son sustituidos, se desarrolla edema que suele iniciar en los miembros inferiores, pero que puede afectar todo el cuerpo en casos extremos. El déficit de albúmina en la sangre provoca el edema, enmascarando el bajo peso y el desgaste muscular. Se puede producir hepatomegalia, dermatosis y debilitamiento del cabello. Este cuadro afecta mayormente a menores de 3 años.<sup>23</sup>

El kwashiorkor marasmático combina los dos estados mencionados anteriormente, caracterizándose por pérdida de grasa subcutánea y edema, producto del déficit de proteínas y de ingesta energética.<sup>23</sup>

#### 2.2.3.3. Clasificación de la desnutrición

- Desnutrición primaria: se determina por la ingesta de alimentos en poca cantidad, como en zonas marginadas los niños presentan carencias físicas de alimentos que afectan el estado nutricional.<sup>26</sup>
- Desnutrición secundaria: se determina cuando el organismo no utiliza los nutrientes consumidos y se interrumpe el proceso digestivo o de absorción, ocurre cuando hay lesión del tracto digestivo afectando las vellosidades del íleon limitan la absorción.<sup>26</sup>
- Desnutrición mixta: es la combinación de ambas que condiciona la desnutrición, como en niños en tratamiento con quimioterapia, propenso a infecciones que condicionan el catabolismo y poca ingesta de alimentos.<sup>26</sup>
- Desnutrición aguda: existe un aporte e ingestión insuficiente o un desequilibrio de aporte de nutrientes por mala alimentación o falta de ella. Determinada por déficit del peso para talla.<sup>26</sup>
- Desnutrición crónica: indica la falta de nutrientes necesarios durante un periodo de tiempo prolongado, afectando el desarrollo físico e intelectual del niño. El retraso en el crecimiento se mide comparando la talla del niño con el estándar para su edad.<sup>26</sup>

#### 2.2.3.4 Cuadro clínico

##### 2.2.4.4.1 Desnutrición de primer grado

El cuadro clínico se caracteriza por un niño descontento, contrastando con felicidad y buen humor que antes mostraba. El peso se ha estacionado en las últimas cuatro a seis

semanas, en este periodo no se observa diarrea sino ligera constipación. El dato principal que se observa es el estancamiento o descenso leve en el peso que dura semanas.<sup>25</sup>

#### 2.2.3.4.2 Desnutrición de segundo grado

La pérdida de peso se acentúa y va del 10 % o 25 % a pérdidas mayores. Los tejidos del cuerpo pierden su turgencia y elasticidad, ojos hundidos, la fontanela se deprime y el niño duerme con los ojos entreabiertos. Es susceptible a infecciones de la vía respiratoria y gastrointestinal. Al final de esta etapa la desnutrición ya es alarmante y obliga a los padres a consultar. El paciente a pesar de las medidas dietéticas y terapéuticas, se puede tornar intolerante a toda clase de alimentos y sus cantidades, aumentando la destrucción de reservas y continúa perdiendo peso.<sup>25</sup>

#### 2.2.3.4.3 Desnutrición de tercer grado

Se caracteriza porque el niño presenta facie de anciano, cara pequeña, ojos hundidos, los músculos de los miembros se encuentran cubiertos por piel seca y arrugada, los huesos del dorso y tórax por piel escamosa, arrugada y sin vitalidad. Algunos pacientes pueden presentar edema en miembros inferiores, dorso de las manos y párpados, sobre estos hay manifestaciones pelagrosas hipercrómicas, acrómicas y discrómicas. Estos pacientes presentan un peso extremadamente bajo, alta tasa de complicaciones y mortalidad.<sup>25</sup>

#### 2.2.3.5 Efectos secundarios de la desnutrición

Nacer con un peso por debajo de 2500 g aumenta la morbilidad por infecciones comunes, aumenta la frecuencia de las mismas y contribuye a un retraso en la recuperación. Esto también condiciona a un retardo del crecimiento y es un factor de riesgo cardiometabólico en edad adulta que favorece la hipertensión y diabetes mellitus tipo 2. El desarrollo intelectual se ve afectado, por lo que el aprendizaje es más lento.<sup>23</sup>

#### 2.2.3.6 Las legumbres contribuyen a la seguridad alimentaria

La carencia de proteínas y energía, en cantidad y calidad, puede ser la culpable de la malnutrición generalizada que se manifiesta en forma de retraso de crecimiento o emaciación. En muchos países la carne, los lácteos y el pescado son costosos, por lo tanto, fuera del alcance de las personas de escasos recursos, por lo que estas poblaciones dependen de alimentos de origen vegetal para cubrir sus necesidades proteicas, como el brócoli, espinaca y bruselas. Las legumbres son también fuente vegetal de proteína, se puede nombrar las

lentejas, garbanzos, arvejas, maní y la soja, así frutos secos como las almendras y pistachos, finalmente los cereales como la quínoa, avena, y arroz. Las legumbres listadas anteriormente son una fuente de proteína accesibles y pueden ser cultivados en climas áridos, en donde otros cultivos pueden fracasar o producir bajos rendimientos. La absorción del hierro contenido por las legumbres y la calidad de proteína de la dieta, mejoran cuando las legumbres se consumen junto con cereales y alimentos ricos en vitamina C, estas son alimentos de larga conservación, si se almacenan adecuadamente.<sup>27</sup>

## 2.2.4 Plomo

### 2.2.4.1 Generalidades

El plomo es un metal altamente tóxico que está presente en gran parte de las actividades que desempeña el hombre. Entre sus características químicas se puede decir que el plomo con símbolo Pb, es un elemento que se considera un metal pesado, se ubica en la tabla periódica en el periodo 6 y grupo IV A, con el número atómico 82, peso atómico de 207,2, con punto de ebullición de 1725 °C, punto de fusión 327,4 °C y su densidad de 11,4 g/ml. Se funde con facilidad a elevadas temperaturas, se encuentra de forma natural en estado sólido y no es biodegradable.<sup>28</sup>

Entre sus características físicas podemos citar que es de color gris plateado, no tiene capacidad elástica, tiene una excelente maleabilidad, muy resistente a la corrosión, forma con facilidad aleaciones, dúctil, baja conductividad, bajo punto de fusión que han favorecido su uso desde épocas antiguas en múltiples aplicaciones de las actividades del hombre. Como metal pesado es fácil de extraer y de trabajarlo, quizás por sus cualidades y otras, es uno de los metales que más se ha utilizado. Los minerales de los cuales se extrae el plomo son:

- La galena (sulfuro de plomo).
- La cerusita (carbonato de plomo).
- La anglesita (sulfato de plomo).
- Arseniatos y otros.<sup>28</sup>

El plomo es un xenobiótico que no es necesario para el organismo humano, en ninguna función fisiológica conocida, pero sus efectos adversos inciden sobre diferentes procesos bioquímicos esenciales, e incluso es tóxico a bajo niveles de exposición. Si se encuentra en líquidos biológicos y órganos es porque ha ingresado desde el ambiente exterior. Entre las

principales fuentes de contaminación se destacan la explotación minera, metalurgia y en algunos países su uso persistente de pinturas, gasolinas y aditivos. Este metal también se utiliza en muchos otros productos de uso cotidiano como lo son: las baterías, en los cigarrillos, alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados, el agua debido a los sistemas de plomería que contienen tuberías de plomo, cosméticos, polvo, entre otros. <sup>23,24,25,29</sup>

Existen compuestos orgánicos e inorgánicos del plomo, entre estos últimos están el óxido y dióxido de plomo, que se usan en la fabricación de pinturas. Los primeros se encuentran diversos compuestos que son liberados al aire durante la combustión del carbono y aceite, una vez en la atmósfera, las partículas de plomo pueden viajar a grandes distancias contaminando suelos, ríos, lagos y lagunas. Este incremento de plomo en el medio ambiente se facilita también por la explotación minera junto a otros metales, así como el aumento de fábricas que procesan plomo o sus componentes. <sup>28</sup>

Para resultados confiables de las muestras de plomo, un factor muy importante es la recolección, según las normas mexicanas la muestra debe ser tomada en un ambiente estéril debido que plomo es un metal que se encuentra en el ambiente, con el fin de evitar cualquier contaminación; el material utilizado debe encontrarse estéril y utilizarse exclusivamente para esta finalidad, se debe verificar que el área de punción se encuentre limpia y el producto limpiador debe encontrarse cubierto permanentemente. <sup>30</sup>

#### 2.2.4.2 Toxicocinética

La exposición al plomo puede afectar adversamente a los sistemas nervioso, inmunológico, reproductivo y cardiovascular. La absorción se da por 3 sistemas: digestivo, respiratorio y por la piel. Es importante mencionar que el plomo inorgánico solo puede acceder por las primeras dos antes mencionadas y no puede ser metabolizado por el organismo, mientras que el plomo orgánico puede penetrar por cualquier vía. <sup>28</sup>

Por la piel la entrada del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico pasa a través de los folículos pilosos, glándulas sebáceas y sudoríparas directo al torrente sanguíneo. El plomo que se absorbe por vía respiratoria es cercano al 40 % depositado en los pulmones, se encuentra en sangre circulándose alrededor de 50 horas, pasándose un porcentaje a tejidos, o es eliminado, aunque cierta cantidad de absorción puede llevarse a cabo a las vías respiratorias tanto superior como inferior. El grado de absorción de esta vía depende de la

concentración ambiental, del tiempo de exposición, de la forma física de la porción de polvo o tamaño de la partícula respirable, y de factores personales como la edad, la frecuencia y volumen respiratorio.<sup>28</sup>

En cuanto a la vía digestiva se refiere, cuando las partículas de polvo son ingeridas directo a través de las manos, alimentos, bebidas o cigarrillos que proviene de la contaminación ambiental, el plomo se fija en la saliva, se traga y sigue por el tracto digestivo. Esta vía depende del estado físico y químico del metal, el tránsito gastrointestinal, la edad, estado fisiológico, estado nutricional, deficiencias de los niveles de calcio, hierro, fósforo o zinc, si existen niveles altos de grasa en la dieta, la absorción puede ser mayor. Ha sido demostrado que los niños de corta edad absorben el 40 % del plomo ingerido, mientras que los adultos sólo entre el 5 y 10 %.<sup>1,2,17</sup>

Luego de la absorción el 99 % se retiene en la sangre entre 30 y 35 días; durante las siguientes 4 a 6 semanas se dispersa a otros sitios como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central. Después de 1 a 2 meses se difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. La vida media del plomo en el tejido cerebral es de aproximadamente 2 años y en los huesos persiste durante 20 a 30 años, de donde puede mobilizarse en situaciones como embarazo, hipertiroidismo y edad avanzada.<sup>29</sup>

#### 2.2.4.2.1 Eliminación del plomo

El plomo se excreta de diferentes formas, la principal es de forma fecal en la cual se elimina alrededor de 85 % de plomo no absorbido y renal en el cual se desecha alrededor de 80% absorbido. Existen otras vías de excreción como lo son la descamación de la piel y los dientes, el cabello, sudor y la leche materna. El plomo inorgánico no se metaboliza por lo cual este se absorbe y se acumula o se excreta en su forma original, a diferencia del plomo orgánica que sufre procesos de biotransformación dentro del cuerpo donde pasa a fosforo plumboso y luego a fosforo plúmbico el cual es menos soluble y por lo tanto se excreta en menor proporción.<sup>28</sup>

#### 2.2.4.3 Toxicodinámica

La totalidad de los mecanismos de toxicidad no se han estudiado lo suficiente, pero se conoce que tiene afinidad por los grupos sulfhidrilo y las enzimas dependientes de zinc. Por lo anterior el plomo causa un efecto hematológico al inhibir la enzima delta-deshidrogenasa del

ácido D-aminolevulínico y la actividad de la ferroquelatasa, de esta forma altera la estructura y función de los hematíes dando lugar a la anemia e incremento de punteado basófilo por la reducción de la hemoglobina y disminución de la vida media de los eritrocitos. El plomo también causa un efecto neurológico al interferir con el metabolismo del calcio, reemplazándolo y comportándose como un segundo mensajero que altera la distribución del mineral en los compartimientos dentro de la célula, esta alteración trae consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular, lo que explicaría en parte la neurotoxicidad al igual que la hipertensión.

17,18

El efecto renal es causado por las inclusiones intranucleares en los túbulos, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados podría convertirse en atrofia tubular. En niños se puede presentar con aminoaciduria, glucosuria, e hipofosfatemia, sobre todo en aquellos con valores altos de plomo sérico. El efecto hepático se ocasiona debido a que el plomo altera la función enzimática del citocromo P450 y estimula la síntesis de lípidos. Esto ocasiona peroxidación de la membrana celular lipídica. Sin embargo, no lo hace de forma directa, los iones aceleran el proceso promoviendo la producción de lípidos superóxidos y la generación de especies de oxígeno libres. Esto lo logra mediante la unión a la fosfatidilcolina en la membrana celular.<sup>2,17</sup>

Por último, el plomo también causa un efecto en el ADN, este metal pesado puede alterar la integridad del material genético ocasionando efectos genotóxicos, además de efectos celulares como: la inhibición de la bomba Na-K-ATPasa, con lo que aumenta el calcio intracelular y con ellos la permeabilidad celular. También inhibe la síntesis de ADN, ARN y proteínas.<sup>28</sup>

#### 2.2.4.4 Manifestaciones clínicas

Se caracteriza por síntomas imperceptibles y generalizados tales como: cefaleas continuas, bajo rendimiento escolar, síntomas gastrointestinales como: estreñimiento, anorexia, vómitos, diarrea y cólicos abdominales. Cuando existe una toxicidad leve los síntomas pueden ser: letargia, molestias abdominales, irritabilidad, fatiga y mialgia. Si la toxicidad es moderada los síntomas pueden ser: artralgia, dificultad para concentrarse, estreñimiento, pérdida de peso, temblor, agotamiento muscular y dolor abdominal difuso. Al presentar una toxicidad grave el paciente presenta parálisis, cólicos, ribete azul en las encías y encefalopatía la cual puede producir: convulsiones, alteraciones de la conciencia, coma y muerte.<sup>25,26,31</sup>

En el sistema nervioso, si el plomo atraviesa la barrera hematoencefálica y entra al sistema nervioso central el paciente presenta: fatiga, irritabilidad, cefalea, temblores, dificultad en concentración, pérdida de memoria y encefalopatía la cual es más probable si los niveles de plomo en sangre son mayores a 100 µg/dl. En los niños se ha comprobado que disminuye el coeficiente intelectual, pueden presentar hiperactividad, son agresivos, afectando su comportamiento. también se puede presentar alteración a nivel del sistema nervioso periférico como la anoxopatía.<sup>31,32</sup>

En el sistema auditivo el plomo tiene una relación inversamente proporcional con el umbral de audición. En el sistema hematológico, el plomo puede inducir anemia, los cuales se han relacionado con la exposición aguda o crónica al plomo, cuando la exposición es aguda el plomo produce anemia hemolítica, cuando es una intoxicación crónica se reduce la supervivencia de los eritrocitos y la eritropoyesis es interrumpida por el plomo.<sup>31</sup>

El signo de ribete de Burton, causado por el depósito de sulfuro de plomo, se observa en el borde libre de las encías un color gris azulado.<sup>33</sup>

A nivel renal se describen tres fases dependiendo de la cronicidad de exposición. En la primera fase existen inclusiones intranucleares en las células tubulares por el complejo plomo-proteína. En la segunda fase se asocia a fibrosis intersticial, debido a la pérdida de la capacidad para la formación de inclusiones intranucleares. En la tercera fase se produce una nefritis crónica, afectando a nivel tubular y glomerular. Se ha descrito en niños un síndrome parecido al Fanconi, debido que el plomo causa daño directo en los riñones observado hiperfosfaturia, aminoaciduria y glicosuria.<sup>31,33</sup>

A nivel cardiovascular: se produce un aumento del desarrollo de hipertensión causada por afectación renal primaria, por infiltración en el tejido de conducción o aumento de las resistencias periféricas por alteración de los vasos sanguíneos.<sup>33</sup>

Existen manifestaciones materno fetal debido que el plomo puede atravesar la barrera placentaria causando abortos y muertes fetales con mayor frecuencia. Los daños en el feto son aumento de nacimientos prematuros y bajo peso al nacer.<sup>32</sup>

#### 2.2.4.5 Relación entre plomo y trabajo

A pesar de que se considera como una de las enfermedades laborales más antiguas, una gran proporción de los trabajadores expuestos no cuentan con ciertas medidas de protección personales adecuadas y como resultado se intoxican, tanto ellos mismos como sus familias, ya que es debido a que transportan el plomo al hogar en sus vestimentas laborales, ocasionando de esta manera la interacción hacia los niños siendo esta la población más vulnerable, absorbiéndolo por medio de inhalación, ingestión, a través de contacto con la piel (intoxicación por plomo orgánico) y por contacto directo a través de mano boca en una deficiencia de hábito de higiene personal.<sup>33</sup>

#### 2.2.4.6 Diagnóstico

Se realiza por medio del análisis sanguíneo de plomo, por detección selectiva a la población en riesgo. Anteriormente si los valores de plomo en sangre se encontraban superiores a 5 µg/dl se considera en riesgo para presentar efectos adversos, pero se comprobó que pacientes que no superan esta concentración presentaban dificultad en el aprendizaje, disminución de la inteligencia y problemas del comportamiento.<sup>16,25</sup>

En la hematología se evidenciará el hematocrito y la hemoglobina moderadamente bajos, el frotis periférico se pueden observar eosinofilia, o la presencia de basófilos punteados, los cuales se presentan al tener una exposición crónica. En la prueba de niveles de protoporfirina en los eritrocitos, se puede medir la enzima ferroquelasa que se encarga de catalizar la inserción del hierro en la protoporfirina IX, al disminuir la enzima existe un aumento de protoporfirina eritrocítica, es una medida indirecta de exposición crónica de plomo. Por último, la creatinina sérica y el análisis de orina, se puede observar un aumento de creatinina, hiperfosfaturia, aminoaciduria y glicosuria causada por los daños a nivel renal, los cuales se podrán evidenciar únicamente como efectos tardíos.<sup>31</sup>

#### 2.2.4.7 Determinación de la muestra de plomo.

Se utiliza el equipo LeadCare II para el análisis de plomo en sangre, el cual realiza un proceso electroquímico al mezclar la sangre con el reactivo que liberará el plomo de la sangre.

<sup>34</sup>

En el equipo se introducen tubos capilares heparinizados, los cuales deben llenarse hasta los 50 µl, con la precaución de no contener espacios libres ni burbujas.<sup>34</sup>

La calibración de la máquina se realiza para cada nuevo lote de kits, se enciende el analizador hasta que aparezca en la pantalla “please calibrate” (por favor calibrar) utilizando el botón de calibración del paquete de materiales nuevo, se retira el botón del embalaje, se coloca en el lector del botón, se escuchará un sonido, aparece el número en la pantalla el cual se debe ser comparado con el número de lote del envase y se presiona el botón del aparato hasta escuchar un sonido.<sup>34</sup>

El procesamiento de muestra se realiza posterior a la calibración cuando en la pantalla aparece el mensaje “prepare sample” (prepare la muestra), se debe asegurar que el número de botón concuerde con el del visor. Se coloca el tubo capilar en el tubo con reactivo, se inserta un émbolo en la parte superior del tubo capilar, se introduce todo el volumen dentro del reactivo, se tapa el tubo para mezclarse se invierte de 8 a 10 veces y estará lista al tornarse de color marrón. El envase del sensor es retirado de la máquina, posteriormente se cierra el envase, se inserta el sensor, la máquina producirá un sonido, mostrará el mensaje “add 1 drop of sample to x on sensor. Lote del sensor #” (agregue una gota de muestra a la X en el sensor. Lote del sensor #), posteriormente se retira el tapón del tubo, utilizando un gotero se inserta muestra, en la X del sensor se coloca la muestra, el analizador emitirá un sonido al haber muestra suficiente y finalmente aparece el resultado en µg/dl. <sup>34</sup>

#### 2.2.4.7.1 Riesgos de venopunción.

Garantizar la libertad y seguridad de los participantes en un estudio es fundamental como principio de no maleficencia para todo médico e investigador.

La población infantil suele ser la más afectada y con mayores riesgos por lo que es obligación de todo el equipo protegerlos de las complicaciones, en este caso la venopunción. Por lo que en el año 2010 “The World Organ” realizó un metaanálisis exhaustivo con estudios extraídos de Medline, BASE, Cochrane, BloodMed, La Academia Americana de Pediatría y textos como Nelson y Rudolph para la recopilación de literatura y datos. Basado en este meta análisis se establecerá un límite seguro en la toma de muestras sanguíneas. <sup>35</sup>

De acuerdo a los lineamientos del Comité Británico para Estándares en Hematología y Transfusión en población pediátrica, es seguro extraer hasta un 12 % del volumen total del paciente, alrededor de 10 ml/kg de peso en un niño sano, y en el caso de niños en tratamiento con quimioterapia, concluyo que al realizar una extracción menor al 5 % del volumen total de

sangre no se evidenciaron cambios agudos. Por lo que el comité de ética del departamento de Salud Humana y Servicios de Investigación para la protección del hombre en Estados Unidos, determinó un límite máximo de seguridad del 3.8 % de pérdida total sanguínea en niños pacientes crónicamente enfermos o desnutridos, que equivalente a 3 ml/kg, de un rango menor a 24 horas.<sup>35</sup>

La extracción de sangre puede conllevar a riesgos y complicaciones para los sujetos de estudio tales como: la formación de un hematoma la cual es originada por el desbordamiento de sangre en el tejido, si se identifica se debe retirar el torniquete y la aguja, realizar compresión local durante dos minutos; el dolor el cual se puede atenuar con el uso de compresas frías; la punción accidental de una arteria, será evidenciada por la salida de sangre a chorro, ritmo pulsátil, si se identifica se debe realizar presión local durante 5 minutos; una infección la cual se evita realizando una antisepsia adecuada y la lesión nerviosa la cual se evita al no realizar una punción rápida o profunda y al no realizar redireccionamiento de la aguja.<sup>36</sup>

#### 2.2.4.8 Tratamiento

Si la intoxicación es aguda se deberá realizar una descontaminación digestiva, se debe educar al niño para corregir la actividad sobre mano y boca. Cuando la intoxicación es crónica se debe identificar la fuente de exposición, mejorar la nutrición especialmente con los elementos de hierro y calcio, que en caso de déficit el tratamiento es de: hierro 6 mg cada 24 horas en lactantes y 12 mg cada 24 horas en adolescentes, la dosis de calcio es de 1gr al día a niños mayores de un año.<sup>27,30</sup>

Los tratamientos farmacológicos serán para concentraciones de plomo mayores a 45 µg/dl. Se describen cuatro fármacos disponibles: el primero utilizado de preferencia con concentraciones de plomo en sangre entre los 45 y 70 µg/dl es: ácido 2,3 dimercaptosuccímico (DMSA) o succímico se puede administrar por vía oral, con una duración total del tratamiento de 19 días, los primeros 5 días será administrado en el hospital con dosis 10 mg/kg o 350 mg/m<sup>2</sup> cada 8 horas, posteriormente en casa se puede administrar el tratamiento a la misma dosis pero con frecuencia de cada 12 horas por los 14 días restantes, durante el tratamiento se debe asegurar la adecuada hidratación.<sup>27,32</sup>

El segundo medicamento es edeato disódico de calcio (EDTA  $\text{CaNa}_2$ ), el cual se administra por vía intravenosa, se utiliza en casos de concentraciones de plomo mayores a 70  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , la dosis son de 50  $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$  diluido con dextrosa 5 % o cloruro de sodio 0.9 %, en infusión continua durante 4 horas por 5 días, es un medicamento nefrotóxico, por lo que es de suma importancia vigilar la diuresis y función renal. Se utiliza en asociación con el tercer medicamento llamado: British antilewisite (BAL) su compuesto químico es el dimercaprol, el cual se administra por vía intravenosa 4 horas antes que EDTA, durante las primeras 48 horas se administra a 4  $\text{mg}/\text{kg}$  cada 4 horas, posteriormente 3  $\text{mg}/\text{kg}$  cada 6 horas hasta cumplir los 5 días.<sup>27,32</sup>

El último quelante utilizado es la penicilamina, se puede administrar por vía oral, es el agente de tercera línea para la intoxicación por plomo, la dosis es 10  $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$  por 14 días, aumenta la dosis 30  $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$ , cada 6 horas o cada 12 horas, dependiendo de los valores de plumbemia el tratamiento será dado de 1 mes hasta 3 meses. El mecanismo de acción de los anteriores es unirse a los metales pesados expulsarlos del torrente sanguíneo y poder excretarlos por la orina. Se repetirá el tratamiento si la concentración de plomo en sangre se encuentra superior a 45  $\mu\text{g}/\text{dl}$ , se recomiendan 3 días entre cada ciclo, para evitar la toxicidad farmacológica.<sup>23,25,28</sup>

El tratamiento para la encefalopatía plúmbica aguda será el control de las convulsiones con diazepam, hidantoínas o fenobarbital, se establece la diuresis con soluciones isotónicas para no agravar el edema cerebral, iniciar con terapia BAL intramuscular 75  $\text{mg}/\text{m}^2$  cada 4 horas, en la segunda dosis administrar BAL +EDTA 45  $\text{mg}/\text{m}^2$ . Posteriormente se administra EDTA a perfusión continua cada 6 horas con duración de 5 días. Se dará una pausa al ciclo de 3 días, durante el cual será un control de plumbemia. Se debe estar monitorizado los electrolitos, función hepática y renal.<sup>33</sup>

#### 2.2.4.9 Contaminación de plomo en agua

El plomo es un elemento ubicuo en el ambiente. Existen diferentes vías de exposición tales como: aire, suelo, alimentos y agua. El plomo se habitúa en los sedimentos y la tierra, por lo que es uno de los metales que presenta mayor perseverancia en el medio ambiente. La OMS en las normas de calidad ambiental indica que el valor máximo admisible de plomo debe ser menor de 10  $\mu\text{g}/\text{l}$ , el estándar norteamericano indica un valor de 15  $\mu\text{g}/\text{l}$ .<sup>19,30,37</sup>

Se estima que el agua del mar contiene entre 0.003 mg/l y 0.20 mg/l de plomo siendo un nivel seguro, pero se ha encontrado un aumento de la concentración cuando existen industrias contaminantes a los alrededores. Los compuestos de plomo se acumulan en los cuerpos de agua, formando compuestos insolubles que toman dos caminos: uno se absorbe en los sedimentos a los cuales se adhieren para formar partículas de suspensión o se hunden.<sup>21,31</sup>

La presencia de plomo en agua potable, según la OMS en el año 2010, mencionaba que es una de las principales fuentes de exposición, se asocia procesos de contaminación en la red de distribución tanto externas como internas de las viviendas, puede estar ocasionado a la presencia de plomo por períodos prolongados en las tuberías, en accesorios o soldaduras. También se da en casos de contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua. Cuando el agua se encuentra contaminada por plomo y se utiliza para el riego de los cultivos que afecta la seguridad alimentaria debido a que en recientes estudios se detectó que en hortalizas como: la papa, el brócoli, el repollo, la calabaza y la lechuga la presencia de plomo.<sup>19,23,24,38</sup>

#### 2.2.4.10 Exposición prenatal al plomo

En algunos países en vías de desarrollo como México, la exposición prenatal continua como un problema de salud pública. Existen diferentes factores de riesgo, entre los más comunes se encuentra la utilización de alfarería vidriada, pica, exposición ocupación directa o indirectamente mediante la ropa o calzado de trabajo, utilización de cosméticos, o ambiental como el agua o envolturas de alimentos. Es importante conocer la edad de la madre durante el embarazo, escolaridad y número de hijos ya que son factores que pueden influir en la exposición al metal.<sup>39</sup>

Para el feto la exposición al plomo es particularmente peligroso, el metal cruza la barrera feto-placentaria a través del transporte pasivo y puede ser medible en el cerebro fetal antes del final del primer trimestre causando bajo peso al nacer o nacimiento prematuro. El plomo afecta directamente al interferir con el metabolismo del calcio, reemplazándolo y comportándose como un segundo mensajero que altera la distribución del mineral en los compartimientos dentro de la célula como fue explicado anteriormente, en toxicodinamia. El desarrollo fetal es un estado de vida con alta plasticidad involucrando una serie de procesos delicadamente regulados, eso puede verse afectado por las exposiciones ambientales que pueden llevar a consecuencias a largo plazo como alteraciones del fenotipo infantil, incluido el crecimiento y en la vida postnatal. La exposición materna al plomo es en sí misma es una

fuerza importante para el feto y si el crecimiento de la madre fue afectado por la exposici3n, la reducci3n del crecimiento de su hijo es una forma de efecto t3xico transgeneracional. <sup>39</sup>

No se conoce con exactitud el periodo en el que la exposici3n al plomo puede afectar durante el embarazo. En diversos estudios, se observa una asociaci3n entre la exposici3n durante el 3er trimestre y el menor peso y talla en la infancia, ya que en este trimestre es cuando mayor parte del plomo se moviliza del hueso de la madre y hay un crecimiento fetal m3s r3pido. <sup>39</sup>

De acuerdo con la OMS, en mujeres embarazadas, el nivel de plomo en la sangre debe ser inferior a 10 µg/dl, y las directrices proporcionadas por el CDC, el seguimiento y las intervenciones deben comenzar de inmediato en mujeres embarazadas y lactantes cuyo nivel exceda de 5 µg/dl. La reabsorci3n de plomo a trav3s de los huesos aumenta durante el embarazo y conduce a la exposici3n fetal y envenenamiento. En mujeres fumadoras con bajo consumo de calcio liberan mayores cantidades de plomo proveniente de los huesos durante el embarazo, que puede ser exacerbado a3n m3s por la deficiencia nutricional causada por dietas mon3tonas y poca ingesta de minerales y vitaminas. Es importante mencionar que la presi3n sist3lica y la presi3n diast3lica se encontraron significativamente correlacionada con los niveles de plomo despu3s de la semana 24 de gestaci3n, adem3s de la relaci3n positiva observada entre hipertensi3n gestacional, preeclampsia y abortos con niveles de plomo se concluy3 que estas complicaciones pueden ser debido a cambios en el metabolismo de oligoelementos en el cuerpo. <sup>6</sup>

## 2.2.5 Hierro

### 2.2.5.1 Generalidades

El hierro es el cuarto elemento m3s abundante en el planeta tierra, localizada en el medio de la tabla peri3dica, es un metal que en el ambiente se encuentra en la forma natural, sulfato ferroso ( $Fe^{+2}$ ) y oxidado, sulfato f3rrico ( $Fe^{+3}$ ). Estas variables en su potencial de 3xido-reducci3n lo hacen significativamente importante como metal biol3gico en las reacciones bioqu3micas desde transferencia de electrones, cofactor en la respiraci3n mitocondrial, reparaci3n de ADN, bios3ntesis de macromol3culas y su rol m3s importante como parte funcional en el transporte de ox3geno en las prote3nas de mioglobina y hemoglobina. <sup>40</sup>

## 2.2.5.2 Metabolismo del hierro

### 2.2.5.2.1 Absorción, transporte y reciclaje

El hierro en la dieta se absorbe en dos formas; la forma hemo y la no hemo. Siendo la primera de menor biodisponibilidad, pero de mejor absorción. El hierro se divide dentro del cuerpo en un 65 % hemoglobina (2.1 gr) y mioglobina (300 mgr), 20 % como depósito con la ferritina y la hemosiderina (1 gr), 15 % enzimas que lo utilizan como cofactor o grupo prostético (800 gr), 0.1-0.2 % en la transferrina.<sup>30,32</sup>

En el duodeno, el hierro ingresa a los enterocitos por 2 proteínas; Transportador de metales divalentes 1 (DMT1) la forma no hemo, o mediante la Proteína transportadora de hemo 1 (HCP1) la forma hemo. Es indispensable que el hierro proveniente de la dieta sea transformado a  $Fe^{+2}$  para que la DMT1 logre actuar, tal función es ocupada por la Reductasa DcytB, este proceso se lleva a cabo en el citosol de los enterocitos, ahí se almacena uniéndose a la ferritina (Ft). Una proteína formada por dos subunidades, H y L. La primera con actividad ferroxidasa, la L-ferritina facilita y promueve la eficiente nucleación y mineralización del metal. Ambas varían de acuerdo a los tipos de tejido, en el corazón prevalece la forma H y en el hígado la L. El hierro en el enterocito es exportado por medio de la ferroportina (Fp), en la membrana basolateral interna, al atravesar dicha membrana en su lado extracelular se une a otra proteína hefastina (Hf), cuya función es oxidar el  $Fe^{+2}$  a  $Fe^{+3}$ , inactivándolo y lograr su transporte por medio de la transferrina (Tr), siendo la proteína más importante en el transporte del hierro por todo el organismo hacia los órganos, médula, tejido muscular y células para funciones respiratorias, en función de los requerimientos fisiológicos.<sup>30</sup>

Se debe destacar que existen 2 mecanismos extras de hierro en el plasma independientes de transferrina. El primero, es de la hemoglobina unida a la haptoglobina y su transporte por el macrófago utilizando el receptor CD173, el otro es el transporte del grupo Hemo, por hemopexina y su reconocimiento y entrada a los macrófagos, este proceso utiliza otro receptor, el CD91, unido a la albúmina. Gran parte del hierro empleado para la eritropoyesis proviene del reciclado de los eritrocitos senescentes al ser fagocitados por macrófagos. Dentro del mismo este es almacenado en la ferritina o transportado a la mitocondria para la construcción de los centros Fe/S y de hemo al hepatocito. A su vez, el hierro, puede ser transportado a través de la ferroportina hacia los sitios de requerimiento del metal. Una dieta adecuada aporta de 1 a 2 mg de hierro diario, mientras por procesos

fisiológicos de reciclaje se llega a obtener de 20 a 25 mg, siendo el receptor de transferrina 1 (TfR1), localizado en la membrana de la mayoría de tejidos, de captar la transferrina e introducir el hierro al interior citoplasmático.<sup>29,30,41</sup>

#### 2.2.5.2.2 Regulación del hierro sistémico

Existen otros factores que influyen en la absorción del hierro que están relacionado con su metabolismo como la deficiencia, anemia hemolítica e hipoxia, involucrando procesos infecciosos. En un adecuado estado de equilibrio férrico, el hierro se absorbe en un 15 %, cuando hay deficiencia el valor puede aumentar hasta un 35 %, todo es inversamente proporcional a los procesos ya mencionados, sin embargo, su regulación, en los depósitos de hierro son marcados en el hierro no hem.<sup>42</sup>

El hígado es el órgano encargado de la regulación de los niveles sistémicos de hierro. Los hepatocitos secretan la hepcidina, considerada la proteína clave en la homeostasia de este metal, influyendo en la expresión de la hepcidina inhibiéndola o estimulándola. La hepcidina es una proteína anti-microbiana mediadora de los procesos inmunitarios. En condiciones de hierro elevado, esta proteína se une a la proteína y gen de la ferroportina (FPN) y produce endocitosis y degradación, por lo que el hierro es incapaz de exportarse del interior celular, impidiendo su absorción a nivel de enterocitos, reciclaje de los macrófagos y la liberación del hierro almacenado en la ferritina. Al haber valores bajos de hierro esta expresión se inhibe por lo que se revierten todos los procesos previos. El hierro se absorbe, los macrófagos liberan el hierro captado de los eritrocitos viejos y se libera el metal almacenado. Una sobreexpresión de esta proteína produciría anemia, y su ausencia, sobrecarga de hierro. Por lo que existen varias proteínas encargadas de controlar su expresión; solo se nombraran 2, hemojuvelina (HJV), receptor de transferrina 2(TfR2).<sup>41</sup>

La hemojuvelina se expresa en el músculo esquelético, corazón, en menor medida, e hígado. Es una glicoproteína anclada en la membrana plasmática externa que funciona como receptor y estimulando la expresión de hepcidina a nivel nuclear y producción de la misma. Su forma soluble o citosólica, se une a la membrana a otro receptor el cual detiene la estimulación de la producción de hepcidina. Ya demostrado por varios estudios y descrito por distintos autores se ha “considerado el sistema HJV-hepcidina como el eje regulador del hierro”. El receptor de transferrina 2, su utilidad es la generación de señales para el aumento en la expresión de hepcidina que interioriza hierro al citoplasma. Al ser una proteína poco estable,

favoreciendo los cambios inmediatos de la concentración de hepcidina a nivel de membrana en el hepatocito.<sup>41</sup>

El hierro intracelular es indispensable en las mitocondrias de las células aerobias. Este organelo es el productor de energía de la célula y el hierro está involucrado en la biosíntesis del grupo Hemo- y en el ensamblaje de los centros Fe/S y ensamblaje de proteínas. Dentro de la mitocondria la ferritina mitocondrial es la encargada de la captación y secuestro del hierro. La biosíntesis del grupo hemo está fuertemente regulado por los factores y la disponibilidad de este hierro capturado y los niveles de oxígeno. Sus centros Fe-S son los ensamblajes indispensables para esa producción. Se ha encontrado que esta asociación afecta la sobrecarga mitocondrial de hierro y desórdenes sanguíneos.<sup>39</sup>

#### 2.2.5.3 Hierro en la dieta

Ya descrito anteriormente se divide en 2 tipos de hierro; hemínico y no hemínico. El primero se encuentra de 10 a 20 % de la dieta estándar balanceada, el siguiente se encuentra en mayores proporciones del 80 al 90 %. Sin embargo, el grupo hemo alcanza un 50 % de absorción y el no hemínico solo de 1-10 %. Se ha descrito una biodisponibilidad del último alrededor de un 3 % en presencia de factores dietéticos promotores, siempre y cuando existan reservas aptas de hierro mayores a 500 mg. Se consideran factores promotores la carne roja, el pescado, las aves y el ácido ascórbico, los principales inhibidores el calcio, los fosfatos, la fibra y los taninos. El hierro no hemínico aun con una baja biodisponibilidad es de suma importancia para completar una dieta balanceada y alcanzar los niveles de hierro deseados en la misma al no tener acceso directo a carnes rojas y de productos de origen animal con regularidad. Las legumbres; frijol, garbanzos y lentejas con las verduras como acelgas y espinacas son fuentes de alto valor de hierro no hemínico, se deben combinar con fruta cítrica y papas para favorecer su absorción.<sup>42</sup>

#### 2.2.5.4 Anemia por deficiencia de hierro

La deficiencia de hierro es la carencia nutricional de mayor prevalencia a nivel mundial, incluyendo en países desarrollados como en vías de desarrollo, siendo la causa principal de anemia. De acuerdo a la OMS se estima cerca de 1,000 millones de personas viven con anemia.<sup>43</sup>

La anemia ferropénica se presenta ante un aporte insuficiente de hierro, incapaz de cubrir los requerimientos fisiológicos diarios en el cuerpo humano. Se considera un proceso crónico por las etapas en la que esta se presenta y su intensidad de acuerdo a la clínica y efectos del mismo. El cuerpo al no cumplir con los requerimientos necesarios se acude a los depósitos del mismo, asociado a la disminución de la concentración de ferritina sérica (<10 ng/l en niños menores de 5 años) y <15 ng/l en edades posteriores. Durante esta etapa, los tejidos y órganos que necesitan hierro son capaces de mantener sus funciones normales. Si la deficiencia continua, se presenta un cuadro donde los niveles de transferrina aumentan y existe una disminución en su saturación, lo que lleva a un aumento del receptor de transferrina, presentándose el cuadro clínico ya característico de anemia ferropénica; caracterizada por una disminución de la concentración de hemoglobina con un número menor de eritrocitos y disminución de su tamaño.<sup>43</sup>

#### 2.2.5.4.1 Manifestaciones clínicas

Afecta al crecimiento tisular y disminuye la capacidad de trabajo, concentración, además de producir: malestar general, fatiga, aumento en el riesgo de infecciones, afecta proporcionalmente a la calidad de vida, al ser un proceso crónico este tiene severas repercusiones como:

- Retraso en el crecimiento, desarrollo intrauterino y niños en etapa preescolar.
- Aumento de complicaciones maternas y fetales durante el embarazo y parto.
- Disminución del desarrollo psicomotor y función cognitiva
- Disminuye en un 15-20 % el volumen de oxígeno circulante lo que lleva a una disminución del 10 % en la actividad física.
- Bajo rendimiento escolar
- Disminución en la respuesta inmunitaria.<sup>43</sup>

#### 2.2.5.5 Evaluación del estado del hierro

En el laboratorio se valoran ciertos parámetros bioquímicos y hematológicos que permitan estimar de forma correcta los niveles de hierro séricos y ayuda a identificar la etiología de la anemia:

- Hemoglobina: se encuentra en los eritrocitos, principal transportador de oxígeno, en peso siendo la mayor de reserva de hierro del cuerpo. Esta se expresa en 100 ml de

sangre (g/dl). Su distribución varía con la edad, sexo y estado físico, así como altura a nivel del mar. Sin embargo, debido a su falta de sensibilidad, la hemoglobina sola no se considera un valor exacto del estado férrico del paciente.<sup>41</sup>

- Ferritina: indicador principal de las reservas de hierro del cuerpo, por lo que con la hemoglobina y estado clínico del paciente se llega al diagnóstico de anemia ferropénica. Esta se puede ver alterada por las enfermedades inflamatorias y reactantes de fase aguda, destrucción tisular o hepatitis aguda. Se estima que el valor de corte en los menores de 5 años para una depleción de depósitos de hierro se encuentra en 12 ng/l.  
30,33
- Hematocrito: es el porcentaje de sangre compuesto por glóbulos rojos intactos o hematíes.<sup>41</sup>
- Volumen corpuscular medio (VCM): refleja el tamaño medio de los glóbulos rojos, en femtolitros (1fl = 10<sup>-15</sup>). Este marcador es indispensable para diferenciar las anemias por causas nutricionales, como la ferropénica (microcítica), deficiencia de B12 o ácido fólico (macrocítica).<sup>41</sup>
- Hierro sérico: existen 3 formas de medir el hierro sérico. a) total de hierro por unidad de volumen ng/dl; b) capacidad de unión de hierro (número total de sitios de unión a la transferrina) ng/dl; c) porcentaje de unión a las moléculas de transferrina (saturación de transferrina).<sup>41</sup>

#### 2.2.5.6 Método de determinación de hierro sérico

Para la medición del hierro sérico se necesita una muestra sanguínea de al menos 2 ml, se utiliza el suero preferentemente sin hemólisis, de un tubo serum. El hierro sérico se libera de la unión con su proteína transportadora, que es la transferrina, con el buffer acetato pH 4,5, en presencia de un reductor que es el ácido ascórbico, posteriormente reacciona con el reactivo de color, piridil bisfenil triazina sulfonato (ferrozina) dando un complejo de color magenta, que se mide a 560 nm. Para la medición del hierro se deben utilizar 3 reactivos, solución de acetato para pH 4,5 que contiene guanidina, ácido ascórbico y solución estabilizada de ferrozina. El material requerido es un espectrofotómetro, micropipetas y pipetas para medir los volúmenes indicados, tubos o cubetas espectrofotométricas, el volumen de la muestra necesario es de 200 ul, el volumen total de reacción es de 1,4ml. Para la realizar la medición, se debe mezclar 200 ul de la muestra con 200 ul de agua bidestilada, 200 ul de estándar y 1 ml de reactivo de trabajo, se lee la absorbancia del tubo del espectrofotómetro a 560/580 llevando a cero el

aparato con agua, posteriormente agregar 200 ul del reactivo de la solución estabilizada de ferrozina, al pasar 5 minutos se lee en el espectrofotómetro. El método descrito anteriormente es el método de medición de hierro sérico por colorimetría.<sup>44</sup>

### **2.3 Marco teórico**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Guatemala posee la mayor tasa de desnutrición infantil en América Latina, el 49 % de la población infantil posee algún grado de desnutrición, sobre todo en áreas donde se encuentre ubicada las etnias indígenas. Esta problemática guarda relación en los campos de acción del desarrollo como lo es el empleo, salario, educación, salud y agricultura.<sup>45</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) indica que el estado de salud y de nutrición de las madres y de los niños están íntimamente relacionados, para mejorar la alimentación del lactante y del niño hay que empezar enfocándose en buen estado de salud y nutrición de las mujeres, por derecho propio, en todas las etapas de la vida. La estrategia mundial para la alimentación del lactante y del niño pequeño se enfocó en: sensibilizar sobre los problemas que afectan la alimentación del lactante y del niño pequeño, aumentar el compromiso del gobierno y organizaciones internacionales en favor de las prácticas óptimas de alimentación y crear un entorno adecuado para que la familia desempeñe un rol protagónico en su alimentación. A pesar de la promoción en salud realizadas, las mejoras en Guatemala no han sido significativas.<sup>46</sup>

La teoría de Nola Pender-Modelo de promoción de la salud identifica en el individuo factores cognitivos-perceptuales que son modificados por la situación personal e interpersonal, lo cual da como resultado conductas favorecedoras de salud, cuando existe una modelo para la acción. Esta teoría continua siendo ampliada en cuanto a su capacidad para entender las relaciones entre los factores que influyen en la conducta sanitaria.<sup>47</sup>

Es importante mencionar que el componente físico ambiental que abarca la calidad de vivienda, el hacinamiento y el agua de consumo sin tratamiento son aspectos que afectan y no aseguran el bienestar nutricional del niño. Por lo que los niños expuestos a un ambiente contaminado desde edades tempranas pueden producir enfermedades digestivas, respiratorias e infecciosas que inician el ciclo de la desnutrición.<sup>48</sup>

El Ministerio de Economía de Guatemala realizó un perfil departamental de Quetzaltenango en el año 2017 en el que destaca su orografía, caracterizada por ser mixta, con extensiones planas y onduladas, suelo formado por materiales volcánicos, que por el lugar geográfico permite la explotación para fines agrícolas, pecuarios y de minería. Actualmente existen licencias para exploración de: oro, plata, níquel, cobalto, cromo, cobre, plomo, zinc y tierras raras.<sup>49</sup>

Los metales se encuentran presentes en la corteza terrestre, la entrada de plomo al ambiente se debe a fuentes naturales y antropogénicas, como la erosión, minería, fertilizantes, pesticidas fosforados entre otros. La salubridad durante el cultivo y procesamiento de alimentos pueden influenciar en la contaminación de los mismos.<sup>10</sup>

Desde el 2012 los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos de América establecieron un nivel de referencia de plomo en sangre en niños en 5 µg/dl, pero aún no se ha establecido un umbral por debajo del cual no presenten efectos adversos sobre el desarrollo. Se ha demostrado que los niños en sus primeros años de vida expuestos a niveles altos de plomo, desarrollan efectos adversos a nivel neuropsicológico. Las carencias nutricionales de minerales como el hierro, calcio y zinc favorecen la absorción de plomo que puede exacerbar los efectos adversos.<sup>10</sup>

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) indica que el enfoque epidemiológico sobre la enfermedad en la población es un fenómeno dinámico y la propagación depende de la interacción entre la exposición y la susceptibilidad de los individuos. Junto con el mismo se debe mencionar la triada epidemiológica que es el modelo causal de las enfermedades transmisibles, en el cual la enfermedad es el resultado de la interacción entre el agente, el ambiente y el huésped susceptible.<sup>14</sup>

## **2.4 Marco conceptual**

- Edad: tiempo transcurrido desde el nacimiento del individuo, que se encuentra en maduración continua fisiológica y psicológica.<sup>50</sup>
- Sexo: conjunto de las características biológicas de los individuos que permite dividirlos en masculinos y femeninos.<sup>51</sup>
- Nivel educativo: máximo nivel de estudio de la población mayor de 15 años.<sup>52</sup>

- Ocupación: conjunto de tareas, obligaciones y tareas que realiza un individuo en su puesto de trabajo.<sup>53</sup>
- Residencia: ambiente físico-espacial y social generado por el asentamiento de un conjunto de personas en un área específica de la ciudad.<sup>54</sup>
- Vivienda: lugar cerrado y cubierto, creado para la familia, brindando la posibilidad de vida en común y formación del individuo.<sup>50</sup>
- Aborto: interrupción espontánea o provocada del embarazo antes de las 20 semanas de gestación y/o el feto pesa menos de 500 gramos.<sup>55</sup>
- Amenaza de aborto: presencia de hemorragia de origen intrauterino antes de la vigésima semana completa de gestación, con o sin contracciones uterinas, sin dilatación cervical y sin expulsión de los productos de la concepción.<sup>56</sup>
- Edad gestacional: tiempo que existe entre la concepción y el nacimiento, se mide en semanas desde el primer día de la fecha de la última menstruación hasta la fecha actual.<sup>57</sup>
- Edad materna: edad en años de la madre en el embarazo.<sup>50</sup>
- Hipertensión gestacional: hipertensión arterial con valor de presión sistólica mayor de 140 mmHg y diastólica mayor de 90 mmHg, en dos tomas separadas por 6 horas, que aparece por primera vez después de las 20 semanas de gestación, con presencia de proteinuria negativa menos de 300 mg de proteínas en orina de 24 horas, se confirma si la paciente no desarrolla preeclampsia y la presión arterial retorna a los rangos normales dentro de las 12 semanas postparto.<sup>58</sup>
- Muerte fetal: muerte que ocurre después de las 20 semanas de gestación o con un peso fetal > 500 g cuando la edad gestacional no es segura.<sup>59</sup>
- Número de hijos: número de miembros de la familia unidos por lazos de consanguinidad descendientes de la madre.<sup>60</sup>
- Peso al nacer: parámetro del peso del bebé al nacimiento.<sup>61</sup>
- Preeclampsia: aparición de presión mayor de 140 mmHg sistólica y diastólica mayor de 90 mmHg, en dos tomas separadas por 6 horas, y proteinuria positiva con 300 mg en orina de 24 horas después de la semana 20 del embarazo.<sup>62</sup>

- Tabaquismo durante el embarazo: inhalación pasiva o activa de la madre del humo de tabaco producido por la combustión del cigarrillo exhalado por la madre o por miembros de la familia. <sup>63)</sup>
- Estado nutricional: situación dada por las adaptaciones fisiológicas que se presentan posterior al ingreso de nutrientes.<sup>64</sup>
- Estatura: distancia de la cabeza hacia la base, con el cuerpo erguido, utilizado para evaluar el crecimiento. <sup>50</sup>
- Perímetro braquial: parámetro de valoración antropométrica indica las reservas de proteínas en el músculo, reservas de grasa subcutánea.<sup>65</sup>
- Peso: masa o cantidad de peso de un individuo. Se expresa en unidades de libras o kilogramos. <sup>50</sup>
- Hierro: representación de hierro que circula en la sangre unido a transferrina, que se encuentra disponible para ser incorporado a la hemoglobina.<sup>66</sup>
- Niveles de plomo: prueba con la que se hace posible determinar los niveles de plomo presentes en la sangre. La cual está influenciada por la exposición y carga corporal de plomo. <sup>67</sup>

## **2.5 Marco geográfico**

El departamento de Quetzaltenango conocida con su nombre K'iche' de Xe' Lajuj No'j, que significa Bajo los Diez Pensamientos. Fue fundada por los españoles en el año de 1524. Se encuentra en el altiplano centro-occidental, se sitúa a una altura de 2033 metros sobre el nivel del mar y se extiende en un área de 120 km<sup>2</sup>. El Valle de Palajunoj comprende las comunidades rurales del municipio de Quetzaltenango, las cuales son: Llanos del Pinal, Xecaracoj, Chuicaracoj, Candelaria, Tierra Colorada Alta, tierra Colorada Baja, Pacajá, Chucavioc, San José La Viña, Las Majadas, Xepache y el Caserío Bella Vista.<sup>68</sup>

El Valle de Palajunoj significa entre las diez sabidurías. Cuenta con el 75 % de la población rural del municipio de Quetzaltenango. Gran parte de la población es de origen K'iche' aunque en la actualidad únicamente los mayores de edad hablan el idioma maya, no así la población joven. Desde 1960, por el programa de mini riego del Ministerio de Agricultura, niños, mujeres y hombres se dedican en un 80 % a la agricultura a través del cultivo de hortalizas. Un 20 % se dedica a actividades personales no profesionales en la cabecera municipal. La salud física y mental de la mayoría de los niños es afectada por ser sometidos

desde temprana edad a trabajos forzosos, con carencia de una alimentación balanceada. En lo educativo, la mayoría solamente cursa los primeros años de primaria. <sup>68</sup>

En Quetzaltenango, según datos estimados por proyecciones de población, el número de habitantes por este departamento fue de 826,143 habitantes, representando así el 5.4 % de la población total, siendo esta estimada para ese año en 15,438,383. <sup>66</sup>

En la población total, 48.0 % son hombres y 52.0 % son mujeres. A nivel nacional el porcentaje de población que se identifica como indígena es de 40 % en tanto que para el departamento de Quetzaltenango es de 51.7 %.<sup>69</sup>

En base a información de los últimos 3 censos poblacionales de, se realizaron proyecciones hechas al año 2012, presentando un constante crecimiento de ambos sexos, respecto al grupo étnico, existe el mismo tamaño de población, entre lo que son indígenas y ladinos, el cual no represento un cambio significativo.<sup>70</sup>

En base a datos poblacionales se estima que la edad poblacional en Quetzaltenango comprendida entre 0 a 14 años se encuentra en un 20 % siendo está representada en la edad de 0 a 6 años un total de habitantes de 30.966 y para la edad de 7 a 14 años un total de 30,608, un 55 % de 15 a 64 años, comprendiendo un total de 83,974 habitantes y solo el 5 % perteneciente a la población de 65 años y más, teniendo una cantidad de 7,195 habitantes. <sup>70</sup>

## **2.6 Marco institucional**

En esta investigación, se contó con el apoyo de la Dirección de Área de Salud de Quetzaltenango, el Dr. Juan Nájera Director del área fue quien nos proporcionó la información necesaria sobre el área a estudiar, además se utilizó el Centro de Salud de Llanos del Pinal, contando con el apoyo del personal de enfermería, la enfermera encargada Dina Sierra, el médico EPS Joselyn Nalete, las unidades mínimas de las comunidades de Tierra Colorada Alta, Tierra Colorada Baja, y Xecaracoj, así como de facilitadores comunitarios y COCODE de cada comunidad, quienes acompañaron en la realizaciones de las medidas antropométricas a niños comprendidos entre las edades de 6 meses a 5 años, así mismo en la realización de la encuesta a padres de familia. Además, se contó con el apoyo de las instituciones Timmy Global Health y 32 Volcanes, las cuales son organizaciones sin fines de lucro, que buscan expandir el acceso a la salud, a la vez de motivar a estudiantes y voluntarios médicos a enfrentar los

desafíos de salud más difíciles en la actualidad, facilitar el acceso a jornadas médicas, canalizar recursos económicos, búsqueda de médicos para proyectos de comunidades en los países donde brinda su servicio, así mismo, busca el fortalecimiento de los sistemas de salud locales mientras paralelamente incentiva un espíritu humanitario y conciencia global entre sus voluntarios.<sup>77</sup>

## **2.7 Marco legal**

Constitución política de la República de Guatemala

Título I: la persona humana, fines y deberes del Estado

Artículo 1. Protección a la persona: el Estado de Guatemala se organiza para proteger a la persona y a la familia: su fin supremo es la realización del bien común.

Título II: derechos sociales

Artículo 93. Derecho a la salud: el goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

Artículo 94. Obligación del Estado, sobre salud y asistencia social: el Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes. Desarrollará, a través de sus instituciones, acciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación, coordinación y las complementarias pertinentes a fin de procurar el más completo bienestar físico, mental y social.

Artículo 95. La salud, bien público: la salud de los habitantes de la nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento.

Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico: el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Artículo 121. Bienes del Estado. Son bienes del Estado.

Los de dominio público;

Las aguas de la zona marítima que ciñe las costas de su territorio, los lagos, ríos navegables y sus riberas, los ríos, vertientes y arroyos que sirven de límite internacional de la República, las caídas y nacimientos de agua de aprovechamiento hidroeléctrico, las aguas subterráneas y otras que sean susceptibles de regulación por la ley y las aguas no aprovechadas por particulares en la extensión y término que fije la ley;

Los que constituyen el patrimonio del Estado, incluyendo los del municipio y de las entidades descentralizadas o autónomas;

La zona marítimo terrestre, la plataforma continental y el espacio aéreo, en la extensión y forma que determinen las leyes o los tratados internacionales ratificados por Guatemala;

El subsuelo, los yacimientos de hidrocarburos y los minerales, así como cualesquiera otras sustancias orgánicas o inorgánicas del subsuelo;

Los monumentos y las reliquias arqueológicas;

Los ingresos fiscales y municipales, así como los de carácter privativo que las leyes asignen a las entidades descentralizadas y autónomas;

Las frecuencias radioeléctricas.

Artículo 125. Explotación de recursos naturales no renovables: se declara de utilidad y necesidad públicas, la explotación técnica y racional de hidrocarburos, minerales y demás recursos naturales no renovables. El Estado establecerá y propiciará las condiciones propias para su exploración, explotación y comercialización.

Artículo 127. Régimen de aguas: todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regulará esta materia.<sup>78</sup>

Ley de minería y su reglamento Guatemala, decreto número 48-97.

Artículo 2. Competencia: el Ministerio de Energía y Minas es el órgano del Estado encargado de formular y coordinar las políticas, planes y programas de gobierno del sector minero, de tramitar y resolver todas las cuestiones administrativas, así como dar cumplimiento en lo que le concierne a lo dispuesto en esta ley y su reglamento.

Artículo 3. Aplicabilidad: las normas de la presente ley son aplicables a todas las personas, individuales o jurídicas, que desarrollen operaciones mineras y especialmente actividades de reconocimiento, exploración y explotación de los productos mineros que constituyan depósitos o yacimientos naturales del subsuelo.

Artículo 71. Aguas de dominio nacional, y de uso común: el titular de derecho minero podrá usar y aprovechar racionalmente las aguas siempre y cuando no afecte el ejercicio permanente de otros derechos. El uso y aprovechamiento de las aguas que corran dentro de sus cauces naturales o se encuentren en lagunas, que no sean del dominio público ni de uso común, se regirán conforme las disposiciones del Código Civil y de las leyes de la minería. Quien haga uso del agua en sus operaciones mineras, al revertirla, deberá efectuar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.

Artículo 81. Desperdicio: las operaciones mineras deben realizarse evitando en lo posible el desperdicio y las prácticas ruinosas.<sup>79</sup>



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar los niveles de hierro y plomo en niños de 6 meses a 5 años de edad residentes del Valle de Palajunoj, departamento de Quetzaltenango, Guatemala durante el 2019.

#### **3.2 Objetivos específicos**

3.2.1. Caracterizar socio demográficamente a los niños de 6 meses a 5 años de edad.

3.2.2. Evaluar el estado nutricional de los niños de 6 meses a 5 años de edad.

3.2.3 Medir los niveles de hierro en niños de 6 meses a 5 años de edad.

3.2.4 Medir los niveles de plomo en niños de 6 meses a 5 años de edad



## **4. POBLACIÓN Y MÉTODOS**

### **4.1 Enfoque y diseño de investigación**

#### 4.1. 1. Enfoque y diseño

- Enfoque: cuantitativo
- Diseño: descriptivo de corte transversal

### **4.2 Unidad de análisis y de información**

#### 4.2.1 Unidad de análisis

Datos bioquímicos de hierro y plomo en sangre, así como datos sociodemográficos y del estado nutricional registrados en la boleta de recolección de datos diseñada para el efecto.

#### 4.2.2 Unidad de información

Niños de 6 meses a 5 años de edad que residen en el Valle de Palajunuj, departamento de Quetzaltenango, Guatemala.

### **4.3. Población y muestra**

#### 4.3.1. Población

##### Población diana

Niños y niñas de 6 meses a 5 años de edad que residen en el Valle de Palajunuj, departamento de Quetzaltenango, Guatemala.

##### Población de estudio

Niños y niñas de 6 meses a 5 años de edad que residen en el Valle de Palajunuj, departamento de Quetzaltenango, Guatemala.

#### 4.3.2 Muestra

Población total 1,721 niños y niñas de 6 meses a 5 años residentes en el Valle de Palajunuj, Quetzaltenango, datos obtenidos del Sistema de Información Gerencial de Salud 2018 (SIGSA) proporcionado por el área de Salud de Quetzaltenango.

Se utilizó una muestra de población finita para estudios cuantitativos basados en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N - 1) + (Z^2 pq)}$$
$$n = \frac{1721 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.10^2 (1721 - 1) + (1.96^2 \times 0.5 \times 0.5)} = 92$$

$$n = 92$$

Intervalo de confianza 95 %, error estadístico del 10 %

#### 4.3.2.1 Marco muestral

Unidad primaria de muestreo: aldeas

Unidad secundaria de muestreo: niños

#### 4.3.2.2 Tipo y técnica de muestreo

Muestreo probabilístico aleatorizado simple, técnica de muestreo de tómbola

### 4.4 Selección de los sujetos a estudio

#### 4.4.1 Criterios de inclusión

- Niños de 6 meses a 5 años de edad.
- Niños residentes del Valle de Palajunoj, departamento de Quetzaltenango, Guatemala.
- Niños que sus padres tras lectura del consentimiento subrogado permitan participar en el estudio.
- Niños hemodinámicamente estables.

#### 4.4.2 Criterios de exclusión

- Niños que tras segundo intento fallido en toma de muestra.
- Individuos seleccionados con proceso infeccioso agudo al momento del contacto.
- Niños en tratamiento o que haya recibido tratamiento con quimioterapia.

- Niños con enfermedades crónicas como, insuficiencia renal, disfunción de la médula ósea, que se asocia con un bajo nivel de hemoglobina en sangre o agotamiento del volumen sanguíneo

#### 4.5 Definición y operacionalización de las variables

##### 4.5.1 Variables

Macro-variable	Micro-variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Características Sociodemográficas	Del niño					
	Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento del individuo, que se encuentra en maduración continua fisiológica y psicológica. <sup>50</sup>	Edad en meses u años anotado en el registro clínico.	Numérica	Razón	Años
	Sexo	Es el conjunto de las características biológicas de los individuos que permite dividirlos en masculinos y femeninos. <sup>51</sup>	Auto percepción de la identidad sexual durante la entrevista.	Dicotómica	Nominal	-Masculino -Femenino





	Antecedentes prenatales	Aborto	Interrupción espontánea o provocada del embarazo antes de las 20 semanas de gestación y/o el feto pesa menos de 500 gramos. <sup>55</sup>	Antecedente del número de abortos que ha presentado la madre.	Numérica	Intervalo	-Ninguno - Dos o menos abortos -Tres o más abortos
		Amenaza de aborto	Presencia de hemorragia de origen intrauterino antes de la vigésima semana completa de gestación, con o sin contracciones uterinas, sin dilatación cervical y sin expulsión de	Antecedente de número de amenazas de abortos que ha presentado la madre.	Numérica	Intervalo	-Ninguna amenaza - Dos o menos amenazas de aborto -Tres o más amenazas de abortos





			<p>orina de 24 horas, se confirma si la paciente no desarrolla preeclampsia y la presión arterial retorna a los rangos normales dentro de las 12 semanas postparto.<sup>58</sup></p>	<p>Antecede nte de la madre de muertes fatales anteriores .</p>	<p>Categorica</p>	<p>Nominal</p>	<p>-Ninguna muerte fetal  - 1 muerte fetal  -2 muertes fatales  -3 o más muertes fatales</p>
<p>Muerte fetal</p>	<p>Muerte que ocurre después de las 20 semanas de gestación o con un peso fetal &gt; 500 g cuando la edad gestacional no es segura.<sup>59</sup></p>						





			Tabaquismo durante el embarazo.	Inhalación pasiva o activa de la madre del humo de tabaco producido por la combustión del cigarrillo exhalado por la madre o por miembros de la familia. <sup>63</sup>	Presencia de fumadores dentro del hogar o madre fumadora.	Categoría Dicotómica	Nominal	-Si -No	
Estado nutricional		Peso/edad	Situación dada por las adaptaciones fisiológicas que se presentan posterior al ingreso de nutrientes. <sup>64</sup>			Calculada a partir de medida antropométrica de peso y comparando con la edad según las gráficas de OMS.	Numérica	Intervalo	-Normal -Bajo peso para edad -Muy bajo peso para la edad
		Talla/edad				Calculada a partir de medida antropométrica de talla y comparando con la edad según las gráficas de	Numérica	Intervalo	-Normal -Retardo del crecimiento moderado -Retardo del crecimiento severo.



Pruebas bioquímicas		Niveles de plomo	Prueba con la que se hace posible determinar los niveles de plomo presentes en la sangre. La cual está influenciada por la exposición y carga corporal. <small>67</small>	Dato obtenido en µg/dl de la muestra de sangre.	Numérica	Intervalo	-Desviación de -3 a -3.99 desnutrición moderada. -Desviación de -4 desnutrición severa.
							>3ug/dl <3ug/dl

		Hierro	Es una prueba que mide la concentración de hierro presente en la sangre. <sup>66</sup>	Dato obtenido en mg/dl de la muestra de sangre.	Numérica	Intervalo	<49mcg/dl mcg/dl -50-150 mcg/dl >150mcg/dl
--	--	--------	--	---	----------	-----------	---

## 4.6 Recolección de datos

### 4.6.1 Procesos

- Avalado por el Comité de Bioética y Coordinación de trabajos de graduación de la Facultad de Ciencias Médicas.
- Luego de contar con las autorizaciones y permisos correspondientes por la administración del distrito donde se realizó el trabajo de campo, se prosiguió de la siguiente manera.
- Se llevó a cabo una reunión con el jefe de distrito, Dr. Nájera, en donde se solicitó su apoyo y permisos para el desarrollo de la investigación.
- Se llevó a cabo una reunión con los líderes comunitarios y COCODES, en donde se les solicitó su apoyo y permisos para el desarrollo de la investigación.
- En el área, se encuentra el Centro de Salud que cubre las comunidades Llanos del Pinal y Xepache, en las demás comunidades Tierra Colorada Alta, Tierra Colorada Baja y Xecaracoj se encuentran unidades mínimas, asistidas por personal de enfermería.
- Se habló con el médico del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en el centro de salud del sector y personal de enfermería de unidades mínimas, en donde se coordinaron las fechas y eventos particulares, así como su apoyo durante el trabajo de campo.
- En el primer contacto, se les brindó información sobre la investigación y se les citó en una fecha específica en el centro de salud o unidades mínimas, según dirección de vivienda, para realizar la técnica de muestreo.
- Los padres/tutores de los sujetos seleccionados que mostraron interés en participar en el estudio, se le brindó un consentimiento subrogado.
- Se procedió a realizar la entrevista por medio de una boleta de recolección de datos, se tomaron las medidas antropométricas y se realizó la extracción de muestra sanguínea para la determinación de hierro y plomo.
- Posteriormente se inició la tabulación y análisis de los mismos.
- Se realizó un informe preliminar con los datos y resultados el cual fue entregado al área de salud, al médico jefe de distrito, la enfermera profesional y al médico EPS.

#### 4.6.2 Técnicas

- En las actividades coordinadas con el EPS del centro de salud y personal de enfermería en unidades mínimas se les informó a los padres y/o tutores sobre el estudio que se llevaría a cabo, y se les solicitó su participación voluntaria.
- A las personas interesadas se les citó en el centro de salud o unidad mínima y se realizó un muestreo probabilístico aleatorizado simple de la población de niños y niñas de 6 meses a 5 años de edad que residen en el Valle de Palajunoj, Quetzaltenango, se utilizó la técnica de muestreo de tómbola, para obtener así el sujeto a estudio.
- Se proporcionó el consentimiento subrogado a los padres y/o tutores del sujeto seleccionado para la autorización previo a la entrevista, toma de medidas antropométricas y toma de muestra sanguínea en el centro de salud. (Ver anexo 7.2)

##### 4.6.2.1 Técnica para tomar el peso

Para realizar la toma de peso de un niño de 6 meses a 2 años

- Se le explicó la técnica a la madre.
- Se le solicitó a la madre que desvista al niño o lo dejara con ropa liviana.
- Se preparó la balanza marca Charder® electrónica colocada sobre una superficie homogénea y plana, asegurándose que estuviera firme y fija.
- Se encendió el equipo según las especificaciones del fabricante. Se leyó "00.0", cuando la balanza estuvo lista.
- Se le pidió a la madre que colocara al niño en la balanza y que tratara de calmarlo, se esperó hasta que no se observara cambios en el dato.
- El procedimiento se repitió para obtener una segunda medición, se realizaron los mismos pasos, si la diferencia entre los dos pesos era igual o superior a 200 gramos, se repitió la medición una tercera vez y anotó el valor más cercano a alguna de las dos mediciones anteriores.

Para realizar la toma de peso de un niño de 2 años a 5 años

- Se le explicó al niño o niña y madre/tutor la técnica.
- Se le solicitó a la madre que desvistiera al niño o lo dejara con ropa interior.

- Se le solicitó al niño o niña que fuera al baño, pues el peso se tomó con vejiga vacía.
- Se colocó la balanza sobre el piso en una superficie homogénea y plana, se aseguró que estuviera firme y fija.
- Se le solicitó al niño o niña que se parara en el centro de la balanza, y que no se moviera, con los hombros hacia atrás, con los brazos descansando al lado del cuerpo.
- El procedimiento se repitió para obtener una segunda medición, se realizaron los mismos pasos, si la diferencia entre los dos pesos era igual o superior a 200 gramos, se repitió la medición una tercera vez y se anotó el valor más cercano a alguna de las dos medidas previas.
- Se anotó inmediatamente el peso observado.

#### 4.6.2.2 Técnica para la medición de talla o longitud del niño

##### Técnica para la medición de longitud en niños menores de 2 años

- Se utilizó un infantómetro marca Seca®, el cual fue colocado sobre la mesa de evaluación.
- Se le solicitó a la madre, cuidadora o tutor que le removiera zapatos y medias al niño, que deshiciera las trenzas y peinados, que removiera cualquier adorno en la cabeza que pudiera interferir con la medida y lo acostará lentamente en el infantómetro ubicando la cabeza en la base del equipo.
- La persona adulta que ayudó a sostener la parte de atrás de la cabeza del niño con sus manos, lentamente lo colocó sobre el infantómetro, y colocó sus manos sobre las orejas del niño, con los brazos rectos, colocó la cabeza del niño contra la base del infantómetro y aseguró que el niño mirara hacia arriba. La línea de visión del niño permaneció ser perpendicular al piso.
- Se aseguró que el niño estuviera completamente acostado en forma plana en el centro del tablero. Con la mano derecha se colocó el tope móvil inferior del infantómetro contra los talones de los pies del niño.
- Se anotó inmediatamente la longitud observada en centímetros.

#### Técnica para la medición de longitud en niños mayores de 2 años

- Se utilizó un tallímetro marca Seca® que se encontraba sobre una superficie, dura y plana contra la pared lisa.
- Se le solicitó al niño o niña que se quitara los zapatos y las medias, que se deshiciera las trenzas y peinados y se quitara cualquier adorno en la cabeza que interfiriera con la medida (moños, cintas o cauchos, diademas).
- Se le solicitó que se colocará en el área de medición, que se mantuviera recta, mirando directamente al frente, con la línea de visión y la cabeza paralelos al piso. Se aseguró que los hombros estuvieran en posición de descanso y las manos estuvieran en posición anatómica, omoplatos y glúteos estén pegadas a la parte posterior del tallímetro.
- Con la mano derecha se bajó el tope móvil superior del tallímetro, hasta apoyarlo contra la cabeza.
- Se anotó inmediatamente la longitud observada en centímetros.

#### 4.6.2.3 Técnica para la medición circunferencia del brazo

- Se le solicitó a la madre, cuidadora o tutor que removiera la camiseta del niño o ropa de la parte superior.
- Se determinó el punto medio entre el codo y el hombro (acromion y el olécranon) midiendo la distancia entre los mismos.
- Se colocó la cinta de Shakir alrededor del brazo izquierdo (el brazo estaba relajado y colgando al lado del cuerpo).
- Se midió el perímetro braquial garantizando al mismo tiempo que la cinta de Shakir no contrajera el brazo, ni se encontrará suelta.

#### 4.6.2.4 Obtención de la muestra sanguínea para niveles de hierro y plomo

- Se brindó atención a los sujetos en las clínicas del centro y unidades mínimas de salud de cada comunidad.
- Se colocó sobre la camilla al paciente en decúbito supino y el responsable de la toma de muestra a la derecha.
- Se usó una torunda pequeña de algodón.
- Se le aplicó alcohol al 70 % a la torunda de algodón.

- Se realizó previa asepsia con la torunda de forma circular, de adentro hacia afuera, en el pliegue braquial o dorso de la mano del sujeto de estudio de acuerdo al área de punción.
- Se esperó 30 segundos para que el área secará.
- Se realizó un máximo de 2 punciones en las áreas descritas para obtener la muestra de 3 centímetros cúbicos (cc) de sangre periférica (1 cc para plomo y 2 cc para hierro), utilizando una jeringa descartable de 3 cc, con aguja No. 22, por parte de los investigadores.
- Se colocó 1 cc de sangre periférica en el tubo EDTA K2 (para medición de plomo) y 2 cc en el tubo serum (para medición de hierro).
- Se procedió a rotular con un lapicero punto fino negro los tubos de EDTA K2 y serum con código correlativo correspondiente a cada sujeto de estudio, asignado por la boleta de recolección, con la muestra obtenida.
- Se usaron 2 hieleras marca Coleman® para almacenar a una temperatura entre 2 a 5 °C y se colocaron en el interior gradillas con los tubos distintos rotulados para su transporte, por los investigadores bajo la supervisión de la Dra. Carmen Alvarado.

#### 4.6.2.5. Determinación de plomo.

- Las muestras fueron almacenadas en la hielera con los tubos EDTA K2 (1 cc de muestra), a una temperatura de 2 a 5 °C se transportaron en vehículo por los investigadores bajo la supervisión de la Dra. Carmen Alvarado a las instalaciones de la organización 32 volcanes en Quetzaltenango
- El procesamiento y análisis de plomo se realizó bajo la supervisión de la Dra. Carmen Alvarado.

#### 4.6.2.6. Determinación del hierro

- Las muestras almacenadas en la hielera con los tubos serum (2 cc de muestra) a una temperatura de 2 a 5 °C se transportaron en vehículo por los investigadores bajo la supervisión de la Dra. Carmen Alvarado al Laboratorio Clínico Biológico Santa Cruz en un tiempo aproximado de 30 min.
- El laboratorio proporcionó los resultados 24 horas después.

#### 4.6.3 Instrumentos

Se utilizó un formato en Google Forms para recopilar los datos generales, fue elaborado por los investigadores, en donde cada comunidad y sujeto de estudio tenía un código. (Ver anexo 7.1). El código de la comunidad fue el siguiente: para Tierra Colorada Alta fue (TCA), Tierra Colorada Baja (TCB), Xepache (XP), Xecaracoj (XC) y Llanos del Pinal (LP), para el sujeto se codificó con números correlativos y una ficha en donde se anotaron las medidas antropométricas para la valoración nutricional y los valores de laboratorio.

El formato de recopilación de datos generales se diseñó de la siguiente manera:

##### Sección I: Condición sociodemográficos

- De los niños
  - Edad
  - Género
- Condiciones de vida
  - Nivel de educación
  - Ocupación de padres
  - Estructura de vivienda
  - Residencia

##### Sección II: Antecedentes prenatales

- Aborto
- Amenaza de aborto
- Edad gestacional
- Edad de la madre
- Hipertensión gestacional
- Muerte fetal
- Número de hijos
- Peso al nacer
- Preeclampsia
- Tabaquismo

##### Sección III: Valoración nutricional del paciente

- Peso (kg)

- Talla (cm)
- Perímetro braquial
- P/T
- T/E
- P/E

#### Sección IV: Valoración pruebas bioquímicas

- Hierro libre
- Plomo sérico

### **4.7 Procesamiento y análisis de datos**

#### 4.7.1 Procesamiento de datos

- Se ordenaron las boletas de recolección de datos de cada una de las comunidades.
- Se verificó cada una de las boletas de recolección de datos, se encontrarán debidamente identificadas y llenas en su totalidad.
- Los datos obtenidos fueron tabulados de manera manual unificando los datos de las comunidades a las cuales se les asignó un código único.
- Se ingresaron a una base de datos digital utilizando el programa de Microsoft Excel versión 2010, en el cual se codificó cada una de las variables incluidas en la boleta de recolección de datos.

#### 4.7.2 Análisis de datos

Se realizó un análisis estadístico univariado, utilizando las variables de aspectos sociodemográficos, valoración nutricional y valores bioquímicos de los sujetos de estudio. Las variables de naturaleza numérica representadas por la media, desviación estándar, intervalo de confianza y error estadístico, en las de naturaleza categórica se utilizaron frecuencias y porcentajes por medio del programa Statistical Package for the Social Science (SPSS). De la variable edad se obtuvo la media y desviación estándar, posteriormente se recategorizó en intervalo de 18 meses. Estos datos se presentaron en tablas y gráficos.

## **4.8 Alcances y límites de la investigación**

Límites:

En el desarrollo de la presente investigación se presentaron diversas limitaciones:

- Poca colaboración de los líderes comunitarios y de la población a estudio.
- En los niños de menor edad, dificultad para la obtención de la muestra.
- Bajo nivel educativo de las madres que dificultó la comprensión del estudio.
- Poca disponibilidad de tiempo de las madres para participar en el estudio.
- Dificultad de acceso a las unidades de salud.
- El Kit de reactivos que se utilizó no se encuentra disponible en Guatemala.
- Por factores económicos se restringe la captación de más población.

Alcances:

La vitalidad de esta investigación consistió en determinar los niveles plomo y hierro en la población infantil que reside en el Valle de Palajunoj, Departamento de Quetzaltenango.

Se ha reconocido al plomo como uno de los 10 metales más tóxicos por parte de la ONU y efectos adversos para la salud, en especial a niños y mujeres en edad fértil, por lo que se caracterizaran los factores sociodemográficos que puedan influir en la contaminación por este metal en la población de estudio, así como evaluar el estado nutricional de los niños de 6 meses a 5 años.

Se realizó un informe detallado que se le proporcionará a las autoridades pertinentes del Área de Salud de Quetzaltenango, con el propósito de dar a conocer los resultados obtenidos en la investigación, para que el personal de salud tome las medidas necesarias en los sujetos con resultados alterados, informando a las familias y así proteger la salud de las comunidades expuestas. Se publicará la investigación en una revista indexada.

## **4.9 Aspectos éticos**

### **4.9.1 Principios éticos generales**

Se respetó la autonomía de los sujetos a estudio, al no coaccionar la participación, en donde ellos por libre albedrío decidieron si participaran en la investigación que se llevó a cabo, decisión que fue tomada por los padres de familia y/o tutores, previo a firma de consentimiento subrogado donde se dio a conocer toda la información pertinente acerca de propósitos,

objetivos, beneficios del estudio, en el mismo se describieron posibles riesgos durante la toma de muestra.

Se aplicó el principio ético de no maleficencia, en donde no se dañó a la población a estudio bajo ninguna circunstancia, se realizó el proceso bajo la supervisión de la Dra. Carmen Alvarado, se obtuvo la información para crear fundamentos con base científica, para poder tomar las medidas necesarias que protejan a las comunidades expuestas al plomo, contribuyendo a la generación de planes de acción, beneficiando a la salud del infante para un buen desarrollo físico y mental, y despertando interés para la realización de investigaciones en poblaciones similares.

Se realizó una selección imparcial de los sujetos, con el uso de una técnica de muestreo probabilístico aleatorizado simple, se utilizó la técnica de muestreo de tómbola, para obtener al sujeto, realizando así una selección equitativa de la misma. A los participantes de la investigación, recibieron un reembolso no monetario por tiempo invertido en la investigación, por medio de charlas informativas sobre el tema de la investigación.

Al obtener resultados de la boleta de recolección de datos y las pruebas bioquímicas con resultados positivos se utilizó el principio ético de confidencialidad mediante la no divulgación de nombres ni datos personales bajo ninguna circunstancia, en el análisis y discusión de resultados. Sin embargo, se contactó al Dr. Nájera, encargado del área de salud y al médico EPS del Centro de Salud Llanos del Pinal, a quienes se le entregó un informe preliminar con los resultados de las pruebas bioquímicas alterados. Se le solicitó al personal que tome las medidas pertinentes para preservar la salud del sujeto a estudio.

En esta investigación los sujetos pudieron abandonar el proceso en cualquier fase, respetando y buscando prevenir el daño al mismo, respetando el principio de beneficencia; se vigiló que los procedimientos de la investigación no afectaran el bienestar de las personas participantes, con la supervisión de la Dra. Carmen Alvarado y la enfermera profesional Dina Sierra.

Al de final la recolección y procesamiento de datos se realizó una cita con el jefe de distrito del Área de Salud de Quetzaltenango, COCODES y personal del Centro de Salud del

Valle de Palajunoj en donde se les presentaron los resultados, realizando un análisis y discusión de los mismos, así como recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

Como aspecto ético importante se evaluó la investigación utilizando las pautas éticas internacionales para la investigación relacionada con la salud con seres humanos, elaboradas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la OMS. Estas se centran principalmente en normas y principios para proteger a los seres humanos en una investigación, salvaguardando los derechos y su bienestar. A continuación, se mencionan las relacionadas con la presente investigación.<sup>80</sup>

- Pauta 1: indica el valor social y científico, respetando los derechos. En el estudio se investigó si existe exposición a la contaminación del plomo en niños del Valle de Palajunoj, respondiendo a las necesidades de las comunidades, se obtuvo la información para crear fundamentos de base científica, para tomar medidas que protejan a las comunidades.
- Pauta 2: investigación en entornos de escasos recursos, nuestro estudio se realizó en las comunidades del Valle de Palajunoj, asegurando que la investigación responda a las necesidades o prioridades de salud de las mismas, consultando a los COCODES su autorización y comunicando los planes para poner a disposición cualquier intervención.
- Pauta 4: posibles beneficios individuales y riesgos de participar en una investigación. Para justificar la imposición de cualquier riesgo a los participantes en una investigación, debe tener valor social y científico. Consideramos que esta investigación posee valor social ya que es importante conocer si los niños se encuentran expuestos a la contaminación por plomo, posteriormente se realicen estudios para impedir que continúe la exposición. Evaluando el riesgo como categoría II ya que se realizará una recolección de datos y se extraerá una muestra de sangre.
- Pauta 7: involucramiento de la comunidad, trabajar conjuntamente con los participantes y comunidades en un proceso participativo significativo que los incluya de una manera temprana y sostenida en el diseño y ejecución, así como disseminación de sus resultados. Este involucramiento se realizó tempranamente con el contacto con el jefe del Área de Salud de Quetzaltenango, con los COCODES de cada comunidad, en el que se expuso como se llevó a cabo la investigación y la importancia de la misma.

- Pauta 11: recolección, almacenamiento y uso de materiales biológicos y datos relacionados. Cuando se recolectan muestras para fines de investigación, se obtuvo el consentimiento informado. Esto se llevó a cabo mediante un consentimiento subrogado, ya que los pacientes no poseen la edad para firmar un asentimiento informado, los padres fueron quienes nos brindaron la autorización de obtener los datos y la muestra sanguínea. Los datos obtenidos son confidenciales y solo se darían a conocer si las pruebas bioquímicas están alteradas para referir al hospital donde les realicen una evaluación y valoración de tratamiento.
- Pauta 13: reembolso y compensación para los participantes en una investigación. A los participantes de la investigación, así como al familiar o encargado que los acompañen recibieron un reembolso no monetario por el tiempo invertido en la investigación, por medio de charlas informativas sobre el tema de la investigación.
- Pauta 15: investigación con personas y grupos vulnerables. Los participantes de la investigación son parte de un grupo considerado vulnerable por ser una comunidad rural y de escasos recursos, por lo que se salvaguardaron los derechos y el bienestar de estas personas brindando toda la información, propósitos, objetivos y posibles riesgos en el consentimiento subrogado, e indicando que no estaban obligados a participar en el estudio ya que no se les reembolsaría de forma monetaria.
- Pauta 17: investigación con niños y adolescentes. Los niños y adolescentes deben ser incluidos en las investigaciones relacionadas con la salud, ya que poseen fisiologías y necesidades de salud particulares, ameritan una consideración especial por parte de los investigadores. Se aseguró que uno de los padres o un representante haya dado permiso para su participación. Esto se llevó a cabo mediante un consentimiento subrogado, ya que los pacientes no poseen la edad para firmar un asentimiento informado, los padres o el tutor legal fue quien nos brindó la autorización de obtener los datos y la muestra sanguínea. El padre o encargado estuvo en todo momento con el sujeto durante el desarrollo del estudio y sin violar la privacidad de otros participantes.
- Pauta 24: rendición pública de cuentas sobre la investigación relacionada con la salud. Los investigadores tienen la obligación de cumplir con la ética de la publicación establecida para la investigación y sus resultados, publicar y compartir los datos sobre los cuales se basan estos resultados de manera oportuna, tanto los negativos y no concluyentes. La investigación será publicada al obtener la aprobación del comité de

ética, y se dio a conocer los resultados mediante una reunión con el Área de Salud y COCODES de cada comunidad.

- Pauta 25: conflictos de interés. El objetivo primario de una investigación relacionada con la salud es generar el conocimiento para promover la salud de las personas. Sin embargo, los investigadores, instituciones o patrocinadores podrían tener otros intereses, tales conflictos se conocen como conflictos de intereses, influyendo en la elección de preguntas y métodos de investigación, interpretación y publicación de datos. La presente investigación no existe conflicto de intereses. (Ver anexo 7.3)

#### 4.9.2 Categoría de riesgo

El riesgo de esta investigación es Categoría II, debido a que registramos datos por medio de la boleta de recolección de datos, y se realizó extracción de sangre a los pacientes.

## 5. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de niños de 6 meses a 5 años de edad que residen en el Valle de Palajunoj, departamento de Quetzaltenango, Guatemala, durante agosto del 2019.

**Tabla 5.1** Características sociodemográficas según comunidad del Valle de Palajunoj. **n=92**

Características	Comunidad (f ; %)				
	LP*	XE*	XC*	TCA*	TCB*
<b>Sexo</b>					
Femenino	33 ; 36	2 ; 2	9 ; 10	3 ; 3	5 ; 5
Masculino	28 ; 30	1 ; 1	5 ; 5	2 ; 2	4 ; 4
<b>Edad** (<math>\bar{x}</math>: 43, DE 16.56)</b>					
6 – 24	13 ; 14	-	4 ; 4	1 ; 1	-
25 – 48	8 ; 9	-	4 ; 4	1 ; 1	3 ; 3
49 – 60	40 ; 44	3 ; 3	6 ; 7	3 ; 3	6 ; 7
<b>Características de vivienda</b>					
<b>Paredes</b>					
Block	58 ; 63	2 ; 2	13 ; 14	4 ; 4	6 ; 7
Lámina	1 ; 1	-	-	1 ; 1	1 ; 1
Adobe	-	1 ; 1	-	-	2 ; 2
Madera	1 ; 1	-	1 ; 1	-	-
Otro	-	-	-	-	-
<b>Techo</b>					
Terraza	26 ; 28	1 ; 1	3 ; 3	3 ; 3	2 ; 2
Lámina	35 ; 38	2 ; 2	11 ; 12	2 ; 2	7 ; 7
Tejas	1 ; 1	-	-	-	-
<b>Piso</b>					
Cerámica	26 ; 28	1 ; 1	4 ; 4	-	3 ; 3
Cemento	32 ; 35	1 ; 1	7 ; 7	4 ; 4	5 ; 5
Tierra	4 ; 4	1 ; 1	3 ; 3	1 ; 1	1 ; 1

\*LP: Llanos del Pinal, XE: Xepache, XC: Xecaracoj, TCA: Tierra Colorada Alta, TCB: Tierra Colorada Baja.

\*\*Edad: la edad se representa en meses.

**Tabla 5.2** Niveles de hierro y plomo, según sexo en niños de 6 meses a 5 años. **n=92**

Características	Masculino		Femenino	
	f	%	f	%
<b>Plomo</b>				
> 3.5 mcg/dl	9	9.8	6	6.5
< 3.5 mcg/dl	31	33.7	46	50
<b>Hierro</b>				
<49 mcg/dl	16	17.3	24	26
50-150 mcg/dl	24	26	26	28.2
> 151 mcg/dl	-	-	2	2

**Tabla 5.3** Estado nutricional de los sujetos a estudio.**n=92**

	<b>f</b>	<b>%</b>
<b>Peso/talla</b>		
Delgadez severa	-	-
Delgadez moderada	-	-
Delgadez leve	6	6.5
Normal	80	86.9
Sobrepeso	6	6.6
Obesidad tipo I	-	-
Obesidad tipo II	-	-
Obesidad tipo III	-	-
<b>Talla/edad</b>		
Normal	50	54.3
Retardo del crecimiento moderado	24	26.1
Retardo del crecimiento severo	18	19.6
<b>Peso/edad</b>		
Normal	76	82.6
Bajo peso para edad	14	15.2
Muy bajo peso para edad	2	2.2
<b>Perímetro braquial</b>		
Desviación normal.	90	97.8
Desviación con riesgo de desnutrición	2	2.2
Desviación con desnutrición aguda	-	-
Desviación con desnutrición moderada.	-	-
Desviación con desnutrición severa	-	-

**Tabla 5.4** Valoración prenatal de los sujetos a estudio.**n=92**

	<b>f</b>	<b>%</b>
<b>Edad de la madre durante el embarazo (<math>\bar{x}</math>; 24.55 DE: 6.13)</b>		
11 a 15	4	4.3
16 a 20	24	26.1
21 a 25	28	34.3
26 a 30	23	25
31 a 35	8	8.7
36 a 40	5	5.4
<b>Número de hijos</b>		
1 hijo	14	15.2
2 hijos	39	42.4
3 hijos	29	31.5
4 hijos	2	2.2
5 o más hijos	8	8.7
<b>Antecedente de amenaza de aborto</b>		
Ningún antecedente de amenaza de aborto	90	97.8
Dos o menos	2	2.2
Tres o mas	-	-
<b>Antecedente de Aborto</b>		
Ningún antecedente	81	88
Dos o menos	11	12
Tres o mas	-	-
<b>Antecedente de muerte fetal</b>		
Ninguna	91	98.9
1 antecedente	1	1.1
2 antecedente	-	-
3 o mas	-	-
<b>Antecedente de hipertensión durante el embarazo</b>		
No	86	93.5
Si	6	6.5
<b>Antecedente de preeclampsia</b>		
No	85	92.4
Si	7	7.6
<b>Antecedente de tabaquismo</b>		
No	90	97.8
Si	2	2.2

**Tabla 5.5** Valoración natal de los sujetos a estudio. **n=92**

	f	%
<b>Edad gestacional</b>		
Postérmino	1	1.1
A término	75	81.5
Prematuro leve	15	16.3
Prematuro moderado	1	1.1
Prematuro extremo	-	-
<b>Peso al nacer</b>		
Sobrepeso	10	10.9
Adecuado para edad gestacional	61	66.3
Bajo peso al nacer	18	19.6
Muy bajo peso al nacer	3	3.3
Extremado bajo peso al nacer	-	-

**Tabla 5.6** Ocupación y escolaridad de los padres. **n=92**

	f	%
<b>Madre</b>		
Sector comercial	1	1.1
Sector industrial	1	1.1
Sector agrícola	-	-
Sector educación	1	1.1
Sector de construcción	-	-
Otro	89	96.7
<b>Padre</b>		
Sector comercial	-	-
Sector industrial	7	7.6
Sector agrícola	29	31.5
Sector educación	2	2.2
Sector de construcción	39	42.4
Otro	15	16.3
<b>Escolaridad*</b>		
Analfabeta	5	5.4
Primaria	62	67.4
Básico	19	20.6
Diversificado	6	6.6
Universidad	-	-

\*Escolaridad: únicamente de la madre.



## 6. DISCUSIÓN

Se estudiaron a 92 niños de 6 meses a 5 años de Valle de Palajunoj las comunidades fueron: Tierra Colorada Alta, Tierra Colorada Baja, Xecaracoj, Xepache y Llanos del Pinal, durante los meses de julio y agosto 2019; de estos el 56.5 % (52) fue de género femenino, Llanos del Pinal abarcó dos terceras partes de la muestra por ser la comunidad de mayor población y mejor aceptación social hacia la investigación, lo que nos permitió mejor relación y mayor diálogo. La diferencia de participación se produjo por varios factores, el más importante fue el punto de atención primaria ubicado en el Puesto de Salud de Llanos del Pinal, con un índice demográfico mayor de población, además que los habitantes de Xepache acudían al mismo en busca de atención, ya que en su comunidad no cuenta con unidad de salud. Xecaracoj contaba con una Unidad Mínima a la cual solo acudían para vacunación y por la feria de la comunidad en el momento de visita, asistieron menos personas. Tierra Colorada Baja contaba con una Unidad Mínima la cual atendía a un limitado porcentaje de la comunidad de Tierra Colorada Alta que se encontraba a 5 kilómetros de distancia, por lo que los habitantes solo acudían si era necesario. Se observó que Tierra Colorada Alta era la comunidad más afectada por la actividad minera debido a mayor cercanía al perímetro, derrumbes, deslaves de río y ciertas áreas sin acceso a agua potable que ocasionó descontento con las autoridades a quienes la población acusa de corrupción, lo cual dificultó la confianza hacia la investigación y causó una baja asistencia.

El 63.1 % (58) se encontraba en un rango de edad de 49 a 60 meses, el 19.5 % (18) de 6 a 24 meses, esta diferencia se debe a los siguientes factores: mayor promoción en las escuelas a los niños en kinder y párvulos, así como por la mayor preocupación de las madres al momento de la punción diferían en la participación del estudio.

Los resultados sociodemográficos resaltan que 90.1 % (83) de los niños residen en una casa con paredes de block, 61.9 % (57) techo de lámina y 54.3 % (50) piso de cemento, lo cual se asemeja a la realidad nacional, dentro del área rural según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida. Se evidenciaron 15.2 % (14) casos de niños con paredes de block con plomo alto y 1.08 % (1) caso de plomo alto con paredes de lámina. Respecto al material de piso el 4.3 % (4) de los casos se presentaron con piso cerámico, cemento se presentaron 10.8 % (10) casos y solo 1.08 % (1) de los casos con piso de tierra. En cuanto al material del techo, se

encontró 7.6 % (7) casos con techo de terraza y 8.7 % (8) de los casos con techo de lámina. Con estos resultados se puede determinar que el nivel de exposición al plomo de la población puede ser influido por los materiales de construcción que se encuentran en el ambiente. <sup>9,10,72,73</sup>

Al evaluar la escolaridad materna se determina un alto nivel de alfabetismo representado por el 95 % (88), que es aún mayor a la tasa de alfabetismo global en el departamento de Quetzaltenango (83 %). El principal nivel académico que presentaban es primario con el 67 % (62), seguido por el 19.5 % (18) que terminaron la secundaria. Evaluando los niveles de plomo alto con la escolaridad, los hijos de las madres que poseen nivel primario 11.9 % (11) presentaban plomo elevado, a nivel de secundaria el 2.2% (2) y a nivel de diversificado el 1.08 % (1). Ningún caso se encontró en madres analfabetas. Una madre con bajo nivel educativo tiene mayor probabilidad de no reconocer los signos y síntomas de un niño potencialmente enfermo, en estado de desnutrición crónica, intoxicación de plomo o anemia, ignorando la importancia del problema de salud, aumentando los riesgos y retrasando la atención médica. <sup>10,76</sup>.

El 96 % (88) de las madres era ama de casa. El 42.3 % (39) de los padres laboraban en la construcción, seguido por el sector agrícola 31.5 % (29) y el sector industrial representado con menor porcentaje. De los 39 padres que laboran en el sector de construcción 20.5 % (8) niños presentaron niveles altos de plomo, de los 29 padres en el sector agrícola 10.3 % (3) y de los 7 en el sector industrial 28.5 % (2) presentaron niveles elevados de plomo. Se evidenció una relación proporcional con respecto a los padres que laboran en la construcción e industria con los niveles de plomo elevados, esto puede ser debido al material que utilizan, aumenta el riesgo de interacción con el plomo, se percibió que posiblemente los padres por falta de higiene personal, llevan el plomo del trabajo a sus casas afectando a sus familias. Las familias eran tradicionales con unión de hecho o casadas, manteniendo el valor cultural de que el hombre debe de llevar los alimentos al hogar, por lo que todos padres laboran. <sup>11,12</sup>

La relación del número de hijos de las madres con los niños que presentan niveles elevados de plomo fue: 20 % (3) tenía solo un hijo, 33 % (5) tenía 2 hijos, 40 % (6) tenía 3 hijos y 13 % (1) tenía 5 hijos o más. Demostrando lo que indica la lectura donde señala que las inadecuadas condiciones de la vivienda y el hacinamiento son consideradas factores de riesgo para presentar exposición al metal. <sup>10</sup>

De las 92 madres entrevistadas solo una refirió antecedente de tabaquismo, pero no se relacionó a resultados de plomo alto con sus hijos, debido a que no se tomó en consideración otros factores como: los días consumiendo tabaco y los cigarrillos que fumaba al día. A pesar de que el 98% (91) de la población las madres negaban el tabaquismo en ese momento, no se consideró si algún otro miembro de la familia fumaba, debido a que dentro los principales componentes del cigarrillo se encuentra el plomo lo que causa exposición al metal.<sup>74</sup>

De las madres entrevistadas el antecedente prenatal más frecuente fue el aborto representado con el 12 % (11), de las cuales 3.2 % (3) de los niños presentaron niveles altos de plomo. Se presentó una madre con antecedente de muerte fetal y su hijo presentó niveles altos de plomo. De las 7 madres que indicaron antecedente de preeclampsia, solo uno de los niños presentó niveles altos de plomo. Por lo que se evidenció una relación significativa entre los niveles de plomo elevado y los antecedentes obstétricos, que según la literatura son factores de riesgo para exposición del plomo debido a que cruza la barrera feto-placentaria, causando abortos y muertes fetales con mayor frecuencia. Esta información puede estar infravalorada debido a que es proporcionada por la madre y no por un historial clínico, por lo que es posible que la madre ignore los síntomas y signos de alguno de los antecedentes, o nunca se percató, al igual que no posea la información suficiente o no llevará un control prenatal adecuado.<sup>2</sup>

Con respecto a los antecedentes natales se encontró que los niños que tenían niveles altos de plomo 6.6 % (1) tenían antecedente de prematurez moderada, 6.6 % (1) presentó bajo peso al nacer y 6.6 % (1) muy bajo peso al nacer. Se percibió que está información está subestimada debido a que no se tiene información sobre las condiciones o instrumentos utilizados en el parto o el personal que lo atendió estaba capacitado.<sup>2, 32, 39</sup>

Se evaluó el estado nutricional actual en el que se evidenció que el 86.9 % (80) se encontraba dentro de límites normales y el 6.5 % (6) presentó desnutrición aguda leve. Respecto al estado nutricional global se encontraba el 83 % (76) dentro de límites normales y 15.2 % (14) bajo. El 45.7 % (42) de los niños se encontraron en desnutrición crónica, representado por las medidas de talla para la edad baja, de los cuales 26.1 % (24) presentaron retardo moderado, 19.6 % (18) retardo severo. Lo cual se asocia a nuestra realidad ya que se menciona que en América Latina el 49 % de la población infantil posee algún grado de desnutrición y en Guatemala donde los registros establecen más del 50 % de la población

infantil con un grado de desnutrición crónica, ocupando el primer lugar de los países de América Latina <sup>1,4,72</sup>

Al procesar el plomo 16 % (15) de las muestras tenían valores elevados definido como la concentración mayor de 3.5 mcg/dl, 60 % (9) correspondían al sexo masculino, de los cuales 20 % (3) se encontraban con retardo del crecimiento severo, 6.6 % (1) con retardo del crecimiento moderado. De las niñas con plomo alto, 13.3 % (2) tenían retardo del crecimiento moderado. El retardo de crecimiento de los niños puede ser ocasionado porque el plomo interfiere en el metabolismo del calcio reemplazándolo, por lo que altera la distribución del mineral, lo cual puede explicar la desnutrición crónica que presentan, asociado a que el plomo causa síntomas como anorexia, vómitos y diarrea. <sup>18</sup>

Las concentraciones de hierro menores 49 mcg/dl se encontraron en 43.5 % (40) de las muestras analizadas, 26 % (24) niñas y 17.4 % (16) niños. De esos resultados 12.5 % (5) niñas y 10 % (4) niños presentaron niveles altos de plomo. Lo cual indica que los niveles altos de plomo afectan los niveles séricos de hierro, pero en la población, hay otras causas por las cuales los niños presentan ferropenia, estas podrían ser: ingesta insuficiente cantidad o baja biodisponibilidad de hierro siendo esta la más probable, también se puede mencionar síndrome de malabsorción, pérdidas aumentadas por parasitosis intestinales o epistaxis reiteradas, depósitos disminuidos como en el caso de los prematuros. <sup>1, 2, 17, 31, 43</sup>

Las concentraciones de hierro disminuidas se encontraron asociadas a 21 % (8) de niños con desnutrición crónica de los cuales 12 % (5) presentó retardo de crecimiento moderado y 9 % (3) retardo del crecimiento severo, según la literatura la deficiencia de hierro es la causa principal de anemia, la cual afecta al crecimiento tisular causando repercusiones como el retraso del crecimiento, lo cual se evidenció en la población de estudio, pero también existen otras causas de retardo del crecimiento tales como: mala absorción, dietas estrictas o enfermedades metabólicas. <sup>43</sup>

Las debilidades del estudio son: en la metodología se utilizó un 95 % de nivel de confianza y un 10 % de error, debido a los elevados costos de los reactivos para el procesamiento de muestras, eso impidió el usar un 5 % de error en la selección de muestra, la falta de confianza por parte de las comunidades limitó la comunicación con la población, el

permiso para la obtención de la muestra sanguínea y los padres que laboraban en las mineras no desearon participar en el estudio por temor a perder de su trabajo.

En este estudio evaluó los niveles de plomo sérico por su alta toxicidad y afectación a la salud de quienes están expuestos. Se desea hacer conciencia en la sociedad guatemalteca sobre la importancia del control seriado de estos niveles, especialmente a áreas cercanas a fuentes de exposición, para poder evitar o disminuir los efectos adversos y complicaciones en la salud de la población. Dar apertura a nuevas investigaciones que involucren otra población en riesgo como: las mujeres embarazadas y niños de mayor edad. Dando lugar también a la posibilidad de llevar esta investigación a otros departamentos de Guatemala, los cuales sufren de mayor tasa de desnutrición, pobreza y según ámbito geográfico que potencia el efecto de plomo en la población expuesta. Se abre la ventana hacia nuevos grupos de estudiantes, tanto de medicina como otras facultades para seguir la evaluación de la región, su demografía, geografía, el estudio de agua, tierra y aire, logrando confirmar de forma irrefutable las amenazas a las que está expuesta la población.



## 7. CONCLUSIONES

- 7.1 De los niños del Valle de Palajunoy, la mayoría son de sexo femenino con una edad media de 43 meses  $\pm$  de 16.6, residentes de la comunidad de Llanos de Pinal.
- 7.2 La mayoría de las condiciones de la vivienda de los niños son, paredes de block, techo de lámina y piso de cemento; la ocupación más frecuente de los padres es en el sector construcción y las madres en cuidados del hogar, el mayor porcentaje de ellas presenta un nivel educativo primario.
- 7.3 El estado nutricional actual y global de los niños se encuentra dentro de parámetros normales, y la mitad de ellos se encuentran con desnutrición crónica.
- 7.4 En 2 de cada 10 niños presenta niveles elevados de plomo, más frecuente en sexo masculino; y la deficiencia de hierro se encuentra en la mitad de ellos con predominio del sexo femenino.



## **8. RECOMENDACIONES**

### **8.1 Al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social:**

- 8.1.1 Impartir capacitación al personal de salud sobre la implementación de un protocolo de medición de niveles de hierro y plomo séricos, en menores de 5 años, y a quienes presenten niveles bajos de hierro sean suplementados con sulfato ferroso, a los que presenten niveles elevados de plomo, tratar con 1 gramo de calcio cada 24 horas si son mayores de un año.
- 8.1.2 Realizar campañas de información y prevención sobre la intoxicación por plomo, deficiencia de hierro y desnutrición, principalmente en poblaciones vulnerables.

### **8.2 Al Puesto de Salud Llanos del Pinal**

- 8.2.1 Al personal del puesto de salud, capacitar a los padres para implementar una dieta balanceada y que asistan a una evaluación periódica para control de crecimiento y desarrollo, enfatizando sobre la sintomatología de intoxicación por plomo y deficiencia de hierro.

### **8.3 A los padres de familia**

- 8.3.1 Concientizar a los padres de familia sobre la importancia llevar a sus hijos a un seguimiento en el Puesto de Salud, cuando presenten desnutrición, deficiencia de hierro o concentraciones altas de plomo.

### **8.4 A la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala:**

- 8.4.1 Realizar trabajos de investigación sobre contaminación de plomo para determinar causas y factores de riesgo que pueden provocar intoxicación en poblaciones vulnerables.



## 9. APORTES

- 9.1 Se realizó un tamizaje de concentraciones de niveles de hierro y plomo en los niños del Valle de Palajunoj, Quetzaltenango.
- 9.2 Se determinó el estado de nutricional de los niños y referencia de los casos de ser necesario para seguimiento por en el Centro de Salud de Llanos del Pinal y en las unidades mínimas de las comunidades de Tierra Colorada Alta, Tierra Colorada Baja y Xecaracoj.
- 9.3 Se realizaron charlas informativas y participativas en las escuelas aledañas a los puestos de salud de las comunidades sobre la importancia de medir los niveles de hierro y plomo, así como la intoxicación que se puede presentar en la población general.
- 9.4 Concientizar a la población de la importancia de las mediciones de plomo y de las consecuencias de los niveles elevados del mismo.



## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gómez A. Niveles de plomo sérico en pacientes con talla baja: Consulta de endocrinología hospital de niños "Dr. Jorge Lizagarra" 2016. [tesis Pediatría y Puericultura en línea]. Venezuela: Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud; 2017 [citado 03 Mar 2019] Disponible en: <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/5035/1/agomez.pdf>
2. Who.int/es [en línea]. Intoxicación por plomo y salud Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018. [actualizado 23 Ago 2018; citado 03 Mar 2019] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
3. Renzetti S, Just A, Burris H, Oken E, Amarasiriwardena C, Svensson K, et al. The association of lead exposure during pregnancy and childhood anthropometry in the Mexican PROGRESS cohort. *Environ Res* [en línea]. 2017 [citado 10 Abr 2019] (159): 226-232. Doi: 10.1016/j.envres.2016.10.014
4. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. La malnutrición en Guatemala: Frenando el desarrollo de nuestro país. Una llamada a la acción para que el gobierno invierta en nutrición [en línea]. Guatemala: INCAP; 2015. [citado 03 Mar 2019] Disponible en: [http://www.incap.org.gt/index.php/es/publicaciones/publicaciones-incap/doc\\_view/811-fanta-iii-fhi360-e-incap-nota-tecnica-pro-inversion](http://www.incap.org.gt/index.php/es/publicaciones/publicaciones-incap/doc_view/811-fanta-iii-fhi360-e-incap-nota-tecnica-pro-inversion)
5. Geng F, Mai X, Zhan J. La exposición prenatal de plomo de bajo nivel altera la memoria de reconocimiento auditivo en bebés de 2 meses de edad: un estudio de potenciales relacionados con eventos (ERP). *Dev Neuropsychol*. [en línea] 2017. [citado 10 Abr 2019]; 39 (7): 516-528. Doi: 10.1080/87565641.2014.959172
6. Bayat F, Akbari S, Dabirioskoei A, Nasiri M, Mellati A. Relación entre niveles de plomo en sangre y preeclampsia. *Ephysician* [en línea]. 2016 [citado 11 Abr 2019]; 8 (12): 3450-3455. Doi: <http://dx.doi.org/10.19082/3450>
7. Burns J, Williams P, Lee M, Revich B, Sergejev O, Hause R, et al. Niveles de plomo en sangre peripubertal y crecimiento entre niños rusos. *PubAg* [en línea].

2017 [citado 11 Abr 2019] (106): 53-59. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2017.05.023>

8. Cantoral A, Téllez-rojo M, Levy T, Hernández M, Schnaas L, Hu H, et al. Asociación diferencial de plomo en longitud por estado de zinc en niños mexicanos de dos años. *Environ Health* [en línea]. 2015 [citado 11 Abr 2019] 14(1): 95. Doi: 10.1186/s12940-015-0086-8
9. Etchevers A, Bretin P, Lecoffre C, Bidondo M, Le Strat Y, Glorennec P, et al. Niveles de plomo en la sangre y factores de riesgo en niños pequeños en Francia, 2008-2009. *Environ Health* [en línea]. 2014 [citado 11 Abr 2019] (217): 528-537. Doi: 10.1016/j.ijheh.2013.10.002
10. Martins E, Varea A, Hernandez K, Sala M, Girardelli A. Niveles de plumbemia en niños de 1 a 6 años en la región de la Plata, Argentina. Identificación de factores de riesgo de exposición al plomo. *Arch Argent Pediatr* [en línea]. 2016 [citado 04 Mar 2019] 114(6):543-548. Disponible en: <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2016/v114n6a11.pdf>
11. Echeverry J, Hurtado C, Gutiérrez M. Aspectos clínicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera paraocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, D.C. *Biomédica* [en línea]. 2014 [citado 04 Abr 2019] 28(1): 116-125 Doi: 10.7705/biomedica.v28i1.114
12. Jeannel DJ, Thos, Titton, Allain, Yemadje, Precausta, Albouy. 28 Para-occupational lead exposure in children of workers in factories using lead. *Occup Environ Med* [en línea]. 2013 [citado 04 Mar 2019] (70 suppl1): 10-37 Doi: 10.1136/oemed-2013-101717.28
13. Astete J, Cáceres W, del Carmen Gastañaga M, Lucero M, Sabastizagal I, Oblitas T, et al. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* [en línea]. 2009 [citado 04 Mar 2019] 26(1): 15-19. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a04v26n1.pdf>
14. Franco MS. Riesgo de la ingesta de agua potable contaminada con plomo en la salud de la población de 3 a 5 años del caserío de Chunya (distrito de Pamparomás, Provincia de Huaylas, departamento de Ancash, Perú) [tesis

- Ciencias en Gestión Ambiental en línea]. Perú: Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ciencias Ambientales; 2017 [citado 11 Mar 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3110/42824.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Agudelo C, Quiroz L, García J, Robledo R, García C. Evaluación de condiciones ambientales: aire, agua y suelos en áreas de actividad minera en Boyacá, Colombia. Rev. Salud Pública [en línea]. 2016 [citado 04 Abr 2019] 18(1): 50-60. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/55384/62613>.
  16. Vasquez I. Determinacion de plomo, cadmio y cobre en fuentes de agua de la Republica de Guatemala por voltamperometria diferencial de redisolucion anodica. [tesis Ingeniera Química en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería; 2003. [citado 08 Mar 2019]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0890\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0890_Q.pdf)
  17. Girón S. Niveles de plomo en sangre y bajo rendimiento escolar. [tesis Médico y Cirujano en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2000. [citado 04 Mar 2019]. Disponible en: <http://bibliomed.usac.edu.gt/tesis/pre/2000/062.pdf>
  18. Leal C, Baltazar M, Gonzalez M, Palazuelos E. Concentraciones de plomo en sangre y reprobacion de escolares en la ciudad de México, México. Rev. Gac Med Mex [en línea]. 2007 [citado 04 Abr 2019]; 143(5): 377–81. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=15217>
  19. Xu J, Hu H, Wright R, Sanchez B. Prenatal lead exposure modifies the impact of maternal self-esteem on children's inattention behavior. J Pediatr [en línea]. 2015 [citado 02 Abr 2019] 167(2): 435-41. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26047683>
  20. Gil A, Ruiz M. Tratado de nutricion [en línea] 2 ed. Madrid: Médica Panamericana; 2010 [citado 02 Mar 2019]. Disponible en: [https://www.academia.edu/17113946/Tratado\\_de\\_Nutricion\\_Tomo2](https://www.academia.edu/17113946/Tratado_de_Nutricion_Tomo2)

21. Montalvo M. Relación entre el estado nutricional y la morbimortalidad en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrico del Hospital de Rebaglati [tesis Nutrición y Alimentos en línea] Perú : Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de nutrición; 2016 [citado 01 Mar 2019]. Disponible en: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2714/1/2017\\_Montalvo\\_Relacion-entre-el-estado-nutricional-y-la-morbimortalidad.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2714/1/2017_Montalvo_Relacion-entre-el-estado-nutricional-y-la-morbimortalidad.pdf)
22. Rodriguez R. Comportamiento clínico, antropométrico y bioquímico, del paciente pediátrico con desnutrición proteico-calórica leve- moderado [tesis Maestría en línea] Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Estudios de Postgrado; 2015 [citado 03 Mar 2019]. Disponible en: <http://bibliomed.usac.edu.gt/tesis/post/2015/265.pdf>
23. Navarro A, Marrodan M. La desnutricion infantil en el mundo: herramientas para su diagnostico [en línea]. Madrid: Punto Didot; 2017 [citado 01 Mar 19]. Disponible en: <https://nutricion.org.es/wp-content/uploads/2013/11/Desnutricion-infantil.pdf>
24. Shamah T, Amaya M. Desnutrición y obesidad: doble carga en México. Revista Digital Universitaria [en línea]. 2015 [citado 25 Feb 2019]; 16 (5): 1607–6079. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art34/>
25. Gómez F. Desnutrición. Bol Med Hosp Infant Mex [en línea]. 2016 [citado 25 Feb 2019]; 73 (5): 297–301. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1665114616300971>
26. Rojas Velasco G, Paucar Ilapapasca S. Disfuncionalidad familiar asociada a desnutrición crónica en niños de 2 a 5 años que acuden a CIBV y CNH de la parroquia de Uyumbicho del cantón Mejía en el periodo abril a diciembre 2016 [tesis Medicina Familiar y Comunitaria en línea] Ecuador: Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas; 2017. [citado 28 Feb 2019] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10363/1/T-UCE-0006-032.pdf>
27. Javaloyes P, Matthewson J, Gopali R, Montes Baffier V. Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible [en línea]. Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura; 2016 [citado 25 Abril 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/b-i6407s.pdf>

28. Rodríguez A, Cuellar L, Maldonado G, Suardiaz M E. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. Rev Cuba invest bioméd [en línea]. 2016 [citado 20 Abr 2019]; 35 (3): 251-271. Disponible en: <http://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-844934>
29. Azcona M I, Ramírez R, Vicente G. Efectos tóxicos del plomo. Rev Esp Méd Quir [en línea]. 2015 [citado 28 Feb 19]; 20 (1): 72–77. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/473/47345916012.pdf>
30. México. Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, Salud Ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente [en línea]. México: Secretaría de Salud; 2000 [citado 22 Abr 2019]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/199ssa10.html>
31. Nordberg G, Langard S, Sunderman W, Stellman J, Osinsky D, Markkanene P, et al. Metales: Propiedades químicas y toxicidad. En: Finklea J, Coppée G H, Hunt V R, Kraus R S, Laurig W, Messite J, et al. Enciclopedia de salud y seguridad en el Trabajo. 4 ed. España: Chantal Dufresne; 2000: vol 2 p. 2605-2610.
32. Landrigan P, Forman J. Contaminantes químicos. En: Kleigman R, Stanton B, Geme J, Schor N, editores. Tratado de pediatría. 20 ed. España: Elsevier; 2016. vol. 2 p.3590-3598.
33. Raraz E A. Determinación químico toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – distrito de Yanacancha – Pasco [tesis Químico Farmacéutico en línea]. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2015 [citado 10 Mar 19]. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4449/Raraz\\_pe.pdf;jsessionid=36C753D7B72B858926A13CFAB9345CF8?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4449/Raraz_pe.pdf;jsessionid=36C753D7B72B858926A13CFAB9345CF8?sequence=1)
34. Cliawaived. Analizador de plomo en sangre lead care II [en línea]. San Diego: ESA Biosciences, Inc; 2009 [citado 09 Mayo 19]. Disponible en: [https://www.cliawaived.com/web/items/pdf/ESA\\_70\\_3447\\_ESA\\_User\\_Guide\\_Spanish~1713file4.pdf](https://www.cliawaived.com/web/items/pdf/ESA_70_3447_ESA_User_Guide_Spanish~1713file4.pdf)

35. Howie S R C. Blood sample volumes in child health research: review of safe limits. *Bull World Health Organ* [en línea]. 2011 [citado 3 Jun 2019]. 89: 46-53. doi: 10.2471/BLT.10.080010
36. Massakazu N, Venâncio I, Andriolo A, Rodrigues A, Franco C A, Rezende M, et al. Recomendaciones de la Sociedad Brasileña de patología clínica medicina laboratorial para la extracción de sangre venosa [en línea]. 2 ed. Brasil: Manole; 2010 [citado 09 mayo 19]. Disponible en: <http://www.sbpc.org.br/upload/conteudo/320100928153008.pdf>
37. Burger M, Pose D. Plomo salud y ambiente: experiencia en Uruguay [en línea]. Uruguay: Organización Panamericana de la Salud; 2010. [citado 10 Mar 19]. Disponible en: [https://www.paho.org/uru/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=publicaciones-salud-y-ambiente&alias=31-plomo-salud-y-ambiente-experiencia-en-uruguay&Itemid=307](https://www.paho.org/uru/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-salud-y-ambiente&alias=31-plomo-salud-y-ambiente-experiencia-en-uruguay&Itemid=307)
38. Reyes Y, Vergara I, Torres O E, Díaz M, González E. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud , ambiente y seguridad alimentaria. *Rev Ing Investig y Desar* [en línea]. 2016 [citado 07 Mar 19]; 16 (2): 66–77. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/view/5447](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447)
39. Renzetti S, Just A C, Burris H H, Oken E, Amarasiriwardena C, Svensson K, et al. The association of lead exposure during pregnancy and childhood anthropometry in the Mexican PROGRESS cohort. *Environ Res* [en línea]. 2017 [citado 07 Mar 19]; 152:226–232. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.10.014>
40. Salazar-Lugo R. Metabolismo del hierro, inflamación y obesidad. *Rev Multidis del Con de Inves de la Uni de Orien* [en línea]. 2015 [citado 07 Mar 19]. 27: 5–16. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/284447986\\_metabolismo\\_del\\_hierro\\_inflamacion\\_y\\_obesidad\\_metabolism\\_of\\_iron\\_inflammation\\_and\\_obesity](https://www.researchgate.net/publication/284447986_metabolismo_del_hierro_inflamacion_y_obesidad_metabolism_of_iron_inflammation_and_obesity)
41. Baeza C I. Estudio de asociación entre marcadores genéticos y alteraciones del metabolismo del hierro en población española. [tesis Doctorado en línea]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas; 2016 [citado 07 Mar 19]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/36376/1/T36952.pdf>

42. Tostado T, Benítez I, Pinzón A, Bautista M. Ramirez J. Actualidades de las características del hierro y su uso en pediatría. Act Pediatr Mex [en línea]. 2015 [citado 09 Mar 19]; 36: 189-200. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/actpedmex/apm-2015/apm153h.pdf>
43. Vaquero M P, Blanco Rojo R, Toxqui L. Nutrición y anemia. En: Kellogg España, editor. Manual Práctico de nutrición y salud [en línea]. Madrid: Exlibris Ediciones; 2012 [citado 09 Mar 2019]; p. 367-376 Disponible en: [https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs\\_es/images/nutrition/PDF/Manual\\_Nutricion\\_Kelloggs\\_Capitulo\\_23.pdf](https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs_es/images/nutrition/PDF/Manual_Nutricion_Kelloggs_Capitulo_23.pdf)
44. Wiener-lab. Método colorimétrico directo para la determinación de hierro en suero o plasma [en línea]. Argentina: Wiener Laboratorios; 2000 [citado 09 Mar 19]. Disponible en: [http://www.wiener-lab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/fer\\_color\\_aa\\_sp.pdf](http://www.wiener-lab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/fer_color_aa_sp.pdf)
45. Corado Z Y. Factores asociados a la desnutrición en niños menores de 5 años. [tesis Enfermería en línea]. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud; 2014. [citado 09 Mar 19]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/15/Coronado-Zully.pdf>
46. Tzir M. Factores que los padres de familia consideran importantes en la salud de sus hijos, en la aldea Planes De Quirigua, Los Amates, Izabal. [tesis Pedagogía en línea]. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad Humanidades; 2018. [citado 08 Mar 19]. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrzd/2018/05/09/Tzir-Marcelino.pdf>
47. Abramonte P S. Factores de riesgo que determinan la desnutrición crónica infantil en niños menores de 5 años en la localidad de Las Palmas 2017. [tesis Enfermería en línea]. Perú: Universidad de Huánuco, Facultad de Ciencias de la Salud.; 2018. [citado 08 Mar 19]. Disponible en: <http://200.37.135.58/bitstream/handle/123456789/1507/ABRAMONTE%20CONTRERAS%2C%20Paola%20Stephany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
48. Robles F. Factores socioeconómicos y desnutrición de niños menores de cinco años, puesto de salud Pisonaypata, Apurímac, 2017. [tesis Enfermería en línea]. Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Facultad de Enfermería; 2018. [citado

- 07 Mar 19] Disponible en:  
[http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/2295/TESIS\\_FARIDA\\_ROBLES\\_DIAZ.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/2295/TESIS_FARIDA_ROBLES_DIAZ.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
49. Mineco.com [en línea]. Perfil Departamental, Quetzaltenango. Gobierno de la república de Guatemala: Ministerio de Economía; 2017 [actualizado 24 Mar 2017; citado 07 Mar 2019] Disponible en:  
[http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/quetzaltenango\\_1.pdf](http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/quetzaltenango_1.pdf)
50. BIREME. Descriptores en Ciencias de la Salud: [en línea]. Sao Paulo: BIREME / OPS / OMS; 2017 [actualizado 18 Mayo 2017; citado 13 Jun 2017]. Disponible en: <http://decs.bvsalud.org/E/homepagee.htm>
51. Herrero JJ, Pérez Cañaveras RM. Sexo, género y biología. Feminismo/s [en línea]. 2016 [citado 11 Mar 2019] (10): 163-185. Doi: 10.14198/fem.2007.10.11
52. Argentina.Instituto Nacional de Estadística y Censos. sistema de estadísticas sociodemográficas área educación: Definiciones y conceptos [en línea]. Argentina: INDEC; 2014 [citado 14 Abr 2019]. Disponible en:  
[http://www.indec.mecon.ar/nuevaweb/cuadros/7/definiciones\\_sesd\\_educacion.pdf](http://www.indec.mecon.ar/nuevaweb/cuadros/7/definiciones_sesd_educacion.pdf)
53. México. Secretaría del Trabajo, Observatorio laboral. Programa de apoyo al empleo condiciones de uso del portal web observatorio laboral mexicano [en línea]. México: Servicio Nacional de Empleo; 2018 [citado 11 Mar 2019] Disponible en:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309607/Observatorio\\_Laboral\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309607/Observatorio_Laboral_2018.pdf)
54. Universidad de Chile. Instituto de la Vivienda. Sistematización teórica-conceptual en el marco de un Sistema de Información de Vivienda. [en línea]. Chile: Uchile; 2005. [citado 11 Mar 2019] Disponible en:  
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/118206/glosariohabitatresidencial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
55. León W, González-Andrade F, Yépez E, Aguinaga G, Jijón-Letort A, Raza X. Diagnóstico y tratamiento del aborto espontáneo, incompleto, diferido y recurrente [en línea]. Ecuador: Ministerio de Salud Pública; 2013. [citado 14 Abr 2019]. Disponible en:

[http://www.clacaidigital.info/bitstream/handle/123456789/771/Ecuador-Guia\\_de\\_aborto\\_espontaneo.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://www.clacaidigital.info/bitstream/handle/123456789/771/Ecuador-Guia_de_aborto_espontaneo.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

56. González A. Amenaza de aborto. Rev Med Costa Rica y CA [en línea]. 2017 [citado 14 Abr 2019]; (599): 1–26. Disponible en: [http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/53/amenaza de aborto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/53/amenaza_de_aborto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
57. Cabrera N. Factores maternos asociados al parto prematuro. [tesis Enfermería en línea]. Argentina: Escuela de Medicina Instituto de Investigaciones, Facultad de Enfermería; 2015. [citado 14 Abr 2019]. Disponible en: [https://www.cemic.edu.ar/descargas/repositorio/Tesina\\_CabreraNancy.pdf](https://www.cemic.edu.ar/descargas/repositorio/Tesina_CabreraNancy.pdf)
58. Lapidus A, Carroli G, Avalos E, Uranga A, Sanguinetti R. Guía y tratamiento de la hipertensión en el embarazo [en línea]. Argentina: Dirección Nacional de Salud Materno Infantil; 2004 [citado 14 Abr 2019]. Disponible en: [https://www.gfmer.ch/Educacion\\_medica\\_Es/Pdf/Guia\\_tratamiento\\_hipertension\\_embarazo.pdf](https://www.gfmer.ch/Educacion_medica_Es/Pdf/Guia_tratamiento_hipertension_embarazo.pdf)
59. Rivas E, Vásquez D. Óbito fetal: hallazgos de patología en una institución de alta complejidad. Rev Colomb Obs Ginecol [en línea]. 2012 [citado 14 Abr 2019]; 63 (4): 376–81. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcog/v63n4/v63n4a09.pdf>
60. Loring M. Sistemas de parentesco y estructuras familiares en la edad media: la familia en la edad media XI Sem Estud Mediev [en línea]. 2001 [citado 14 Abr 2019]; 13–38. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/595373.pdf>
61. Rodríguez S, García C, Aragón M. El recién nacido prematuro. En: González M, Luna M C, Sánchez M, Rueda E, Sánchez E, García M L, et al. Protocolos diagnósticos y terapéuticos en pediatría. 2 ed. España: Asociación Española de Pediatría [en línea]. 2008 [citado 14 Abr 2019]; p. 69-77 Disponible en: [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/8\\_1.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/8_1.pdf)
62. Ramoneda C, Botet F. Preeclampsia, eclampsia y síndrome de HELLP. En: González M, Luna M C, Sánchez M, Rueda E, Sánchez E, García M L, et al. Protocolos diagnósticos y terapéuticos en pediatría. 2 ed. España: Asociación

- Española de Pediatría [en línea]. 2008 [citado 14 Abr 2019]; p. 139-144 Disponible en: [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/16\\_1.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/16_1.pdf)
63. Tovar V, Flores M, Lopez FJ. Efectos perinatales de la nicotina. *Perinatol Reprod Hum* [en línea]. 2002 [citado 17 Abr 2019]; (16): 187-195 Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/inper/ip-2002/ip024f.pdf>
  64. Grijalva N. Relación del estado nutricional, consumo de alimentos y riesgo de trastorno alimentario en jóvenes modelos profesionales [en línea]. Guatemala: Universidad Rafael Landívar; 2014 [citado 15 Abr 2019]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/15/Grijalva-Nadia.pdf>
  65. Barahona J. El perímetro braquial como indicador del estado nutricional frente a los indicadores: peso/edad, talla/edad, peso/talla, en pre-escolares de la consulta externa de pediatría del Hospital Nacional Zacamil. *Crea Cienc* [en línea]. 2005 [citado 22 Mar 2019]; 2 (3): 31-37. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/15bf/af6a06b81f46c1c616744771135427fa9ae6.pdf>
  66. Forrellat M. Diagnóstico de la deficiencia de hierro: aspectos esenciales. *Rev Cub hematol Inmunol Hemoter* [en línea]. 2017 [citado 22 Mar 2019]; 33 (2): 1-9. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hih/v33n2/hih534.pdf>
  67. Colorado M. Estudio de la eficacia de la determinación del plomo en sangre como valor predictivo en el estudio de la pérdida de masa ósea. [tesis Médico y Cirujano en línea] Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Medicina; 2015. [citado 12 Mar 19] Disponible en: <https://eprints.ucm.es/44356/1/T39170.pdf>
  68. López D. Factores que inciden en la no inscripción en forma oportuna en el Renap de niños recién nacidos. [tesis Ciencias Jurídicas y Sociales en línea] Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales; 2014 [citado 15 Abr 2019]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/07/01/Lopez-Dominga.pdf>
  69. Narciso R, Reyes M, Hernández P, Donis S. Caracterización departamental Quetzaltenango [en línea] Guatemala: Instituto Nacional de Estadística; 2013. [citado 15 Abr 2019]. Disponible en:

<https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/giDCAUK5ibRY6AAzKbainrjUHNSqvmVL.pdf>

70. Solares J. Diagnostico socioeconómico: potencialidades productivas y propuestas de inversión [en línea] Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Economicas; 2008 [citado 16 Abr 2019]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0849\\_v7.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0849_v7.pdf)
71. Jiménez R, Martos E, Díaz M. Metabolismo del hierro. An Pediatría Contin [en línea]. 2005 [citado 09 Mar 19]; 3 (6): 352-356. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228662612\\_Metabolismo\\_del\\_hierro](https://www.researchgate.net/publication/228662612_Metabolismo_del_hierro)
72. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Compilación de investigaciones y análisis de coyuntura sobre la conflictividad socioambiental de Guatemala [en línea]. Guatemala: URL-IARNA; 2014. [citado 28 Feb 2019] Disponible en: <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40240>
73. Guatemala. Instituto Nacional de Estadística. Caracterización de la República de Guatemala [en línea]. Guatemala: INE; 2014 [citado 14 Abr 2019]. Disponible en: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/26/L5pNHMXzxy5FFWmk9NHCrK9x7E5Qqvvy.pdf>
74. Ballén M A, Gualdrón J, Álvarez D L, Rincón A. El cigarrillo: implicaciones para la salud. Rev Fac Med Univ Nac Colomb [en línea]. 2006 [citado 14 Abr 2019]; 54 (3): 191-202. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v54n3/v54n3a05.pdf>
75. Instituto Centroamericano de Estudios Fiscales. La minería en Guatemala: realidad y desafíos frente a la democracia y el desarrollo [en línea]. Guatemala: ICEFI; 2014 [citado 28 Feb 2019] Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Guatemala/icefi/20140903122033/mineria-impresion.pdf>
76. Paucar S D. Disfuncionalidad familiar asociada a desnutrición crónica en niños de 2 a 5 años que acuden a CIBV y CNH de la parroquia de Uyumbicho del Cantón Mejía en el periodo abril a diciembre 2016. [tesis Medicina Familiar y Comunitaria en línea]. Quito: Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas;

- 2017 [citado 28 Feb 19]. Disponible en:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10363/1/T-UCE-0006-032.pdf>
77. Timmyglobalhealth.org. Timmy Global Health [en línea]. Indianapolis: Timmy Global Health; 2017. [citado 19 Abr 2019]. Disponible en:  
<https://timmyglobalhealth.org/about-us/>
78. Guatemala, Constitución política de la República de Guatemala, Artículo 218 [en línea] Guatemala: Congreso de la Republica; 1991. [citado 19 Abr 2019]. Disponible en:  
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/E36A11EC8CBB4D0105257E6C0070698F/\\$FILE/5\\_pdfsam\\_ConstitucionPolitica dela Republica de Guatemala.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E36A11EC8CBB4D0105257E6C0070698F/$FILE/5_pdfsam_ConstitucionPolitica dela Republica de Guatemala.pdf)
79. Guatemala, Ley de minería y su reglamento Guatemala, Decreto número 48-97 [en línea]. Guatemala: Ministerio de Energia y Minas; 2005 [citado 19 Abr 2019]. Disponible en:  
[https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/2.\\_Reglamento\\_a\\_Ley\\_de\\_Mineria\\_Acuerdo\\_Gubernativo\\_176\\_2001.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/2._Reglamento_a_Ley_de_Mineria_Acuerdo_Gubernativo_176_2001.pdf)
80. Consejo de Organizaciones Médicas Internacionales de las Ciencias, Pautas éticas internacionales para investigación relacionadas con la salud con seres humanos [en línea]. Ginebra: OMS, CIOMS; 2014 [citado 19 Abr 2019]. Disponible en:  
[https://cioms.ch/wp-content/uploads/2017/12/CIOMS-EthicalGuideline\\_SP\\_INTERIOR-FINAL.pdf](https://cioms.ch/wp-content/uploads/2017/12/CIOMS-EthicalGuideline_SP_INTERIOR-FINAL.pdf)

# 11. ANEXOS

## 11.1 Boleta de recolección de datos sociodemográficos y valoración nutricional



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Médicas

Boleta número \_\_\_\_\_

### Boleta de recolección de datos

### Niveles de hierro y plomo sérico en niños menores de 5 años de edad

Boleta código \_\_\_\_\_

Los datos solicitados a continuación son confidenciales.

#### Sección I. Datos generales del sujeto

1. Edad del paciente

2. Género del paciente

1. Femenino	<input type="checkbox"/>
2. Masculino	<input type="checkbox"/>

#### Sección II. Valoración prenatal

3. Edad de la madre durante el embarazo

4. Número de hijos

1. Un hijo	<input type="checkbox"/>	2. Dos hijos	<input type="checkbox"/>	3. Tres hijos	<input type="checkbox"/>
4. Cuatro hijos	<input type="checkbox"/>	5. Cinco hijos o mas	<input type="checkbox"/>		

5. Antecedente de amenaza de aborto

1. Ninguna amenaza	
2. Dos o menos amenazas de abortos	
3. Tres o más amenazas de abortos	

6. Antecedente de aborto

1. Ninguna	
2. Dos o menos abortos	
3. Tres o más abortos	

7. Antecedentes de muerte fetal

1. Ninguna muerte fetal	
2. 1 muerte fetal	
3. 2 muertes fetales	
4. 3 o más muertes fetales	

8. Antecedente de hipertensión gestacional durante el embarazo del sujeto a estudio

1. Si	
2. No	

9. Antecedente de preeclampsia durante el embarazo del sujeto a estudio

1. Si	
2. No	

10. Antecedente de tabaquismo durante el embarazo del sujeto a estudio

1. Si	
2. No	

### Sección III. Sociodemográfica del sujeto

#### 13. Estructura de la vivienda

1. Paredes		2. Piso		3. Techo	
a. Block		a. Cerámico		a. Terraza	
b. Lamina		b. Cemento		b. Lamina	
c. Adobe		c. Tierra		d. Teja	
d. Madera		c. Otro		d. Otro	
e. Otro					

#### 14. Ocupación de los padres/tutor

Ocupación	1. Madre	2. Padre	3. Tutor
a. Sector comercial			
b. Sector industrial			
c. Sector agrícola			
d. Sector educación			
e. Sector construcción			
f. Sector minero			
g. Otro			

15. Escolaridad de la madre/tutor del sujeto

Escolaridad	
1. Analfabeta	
2. Primaria	
3. Básicos	
4. Diversificado	
5. Universidad	

**Sección IV. Valoración nutricional del paciente**

Peso (kg)	
Talla (cm)	
Perímetro braquial	
P/T	
T/E	
P/E	

**Sección V. Valoración bioquímica del paciente**

Hierro libre	
Plomo sérico	

## 11.2 Consentimiento informado



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

**NIVELES DE HIERRO Y PLOMO SÉRICO EN NIÑOS ENTRE 6 MESES Y 5 AÑOS DE EDAD**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Consentimiento informado (Subrogado)

Nosotros somos estudiantes de séptimo año de la carrera de Médico y Cirujano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Estamos investigando sobre “Niveles de hierro y plomo sérico en niños de 6 meses a 5 años”. Le brindaremos la información e invitarlo a que autorice participar a su hijo en nuestro estudio. Antes de decidirse, puede hablar con alguien con quien se sienta cómodo sobre la investigación. Por favor, deténganos según le informamos por si surgen dudas o comentarios, puede hacérselas cuando crea más conveniente.

<b>Investigadores</b>	<b>Información</b>
Dra. Carmen Rosa Alvarado	<a href="mailto:caralbe88@gmail.com">caralbe88@gmail.com</a>
Dra. Mónica Ninet Rodas	Coordinación COTRAG tel.: 2418-7463 <a href="mailto:monirogo1987@gmail.com">monirogo1987@gmail.com</a>

<b>Estudiantes investigadores</b>	<b>Información</b>
Diana Carolina González	dig612.dg@gmail.com
Jennifer Daniela Herrera	dani.herrera.995@gmail.com
Andrea Karina Aguilar	andrekari.aguilar@gmail.com
Andree Fabián Gómez	sisyphus1759@gmail.com
José Miguel Morán	canchemed@gmail.com

**Propósito:** se conoce que factores de riesgo como la desnutrición aumentan la absorción de metales pesados, Guatemala se encuentra en el sexto lugar de desnutrición crónica a nivel mundial y con mayor prevalencia en Latinoamérica. Quetzaltenango se encuentra dentro de los cinco departamentos que posee mayor prevalencia de desnutrición crónica.

Existen varios estudios relacionadas con plomo y la salud a nivel mundial; determinando que es un metal tóxico causando efectos dañinos en el organismo como: dolor abdominal, anemia, desnutrición, bajo rendimiento escolar, cefalea, y al tener niveles alterados produce graves efectos a la salud. Por lo que es de importancia conocer los niveles de plomo en niños de 6 meses a 5 años por ser una población vulnerable, para poder intervenir de manera oportuna e informar a las autoridades pertinentes del Área de Salud de Quetzaltenango, para que tomen las medidas necesarias y proteger a la comunidad expuesta. Además de proporcionar información para futuras intervenciones dirigidas a los efectos que pueden tener la exposición al plomo asociado a la desnutrición.

**Selección de participantes:** estamos invitando para este estudio a niños de 6 meses a 5 años, para la detección temprana de niveles de plomo elevados, de esta forma prevenir el daño grave a la salud de quienes se encuentran afectados y contribuir una mejor calidad de vida.

**Participación voluntaria:** la autorización de participación de su hijo en esta investigación es totalmente voluntaria, puede elegir que participe o no y cambiar de idea posteriormente aun cuando haya aceptado con anterioridad.

**Procedimientos y descripción del proceso:**

El procedimiento que se llevará a cabo en su persona es el siguiente:

1. Se pesará, tallará y medirá el perímetro braquial a su hijo/a, y se le realizará un cuestionario a su ocupación, estructura de su vivienda y escolaridad. Toda la información dada es totalmente confidencial.

2. Se extraerá una muestra de sangre, la cual se realizará con material completamente descartable y estéril. Esta extracción constará de 3 centímetros cúbicos de sangre, por lo que no produce ninguna complicación ni efectos secundarios, es levemente dolorosa. Con estas muestras se realizarán las pruebas sobre el nivel de plomo en sangre y nivel de hierro.

**Riesgos de participación:**

Se nos ha informado(a) que se resguardará la identidad en la obtención, elaboración y divulgación del material producido, lo cual se realizará con fines académicos o científicos.

He sido informado que los riesgos son mínimos debido a la punción para la muestra de sangre que pueden incluir: sangrado excesivo, formación de un hematoma y dolor en el sitio de la punción, entendemos que no se considera que existan efectos adversos por participar en este estudio.

Su hijo ha sido invitado (a) a participar en la investigación "Niveles de plomo y hierro sérico en niños de 6 meses a 5 años". Entiende que se le extraerá 3 centímetros cúbicos de sangre a mi hijo/a en una sola oportunidad. Ha leído y comprendido la información proporcionada. Ha tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se he contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Se le ha proporcionado el nombre y correo electrónico de los investigadores para realizar contacto. En caso de que el padre, la madre o el encargado sean analfabetas, un investigador se encargará de leer por ellos de forma clara y detallada este documento.

Consiento voluntariamente que mi hijo participe en esta investigación y entiendo que tengo el derecho de retirar a mi hijo/a de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

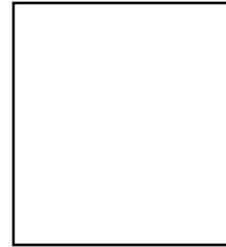
Fecha \_\_\_\_\_

Nombre del padre/tutor \_\_\_\_\_

Nombre del hijo/a \_\_\_\_\_

Firma del Padre \_\_\_\_\_

**Codificación** \_\_\_\_\_



Huella del padre/tutor

**Si padre / tutor es analfabeto**

He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el padre del potencial participante, quien ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el padre o encargado del sujeto ha dado consentimiento libremente de que su hijo participe en la investigación.

Fecha \_\_\_\_\_

Confirmando que el padre o encargado del sujeto ha dado consentimiento libremente.

Nombre del testigo \_\_\_\_\_

Firma del testigo \_\_\_\_\_

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y la persona ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que la persona ha dado consentimiento libremente.

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre del investigador \_\_\_\_\_

Firma del investigador \_\_\_\_\_

### 11.3 Niveles de hierro sérico de los sujetos a estudio

<b>Niveles séricos de hierro</b>		<b>n=92</b>
	<b>f</b>	<b>%</b>
<49mcg/dl	40	43.5
50-150mcg/dl	50	54.3
>151mcg/dl	2	2.2

### 11.4 Niveles de plomo sérico de los sujetos a estudio

<b>Niveles séricos de plomo</b>		<b>n=92</b>
	<b>f</b>	<b>%</b>
>3.5ug/dl	15	16.3
<3.5ug/dl	77	83.7