



FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**Determinación de plomo, cromo y cadmio en témperas de uso escolar
comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas”
del Centro de Lima**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

Presentado por

BR. QUISPE SELARAYÁN, JESSICA

BR. SORIA CRUZ, JESSICA BETTY

ASESOR

Mg. QF CÉSAR AUGUSTO CANALES MARTÍNEZ

LIMA-PERÚ

2012

DEDICATORIA

A Dios, que guía nuestros pasos
día a día.

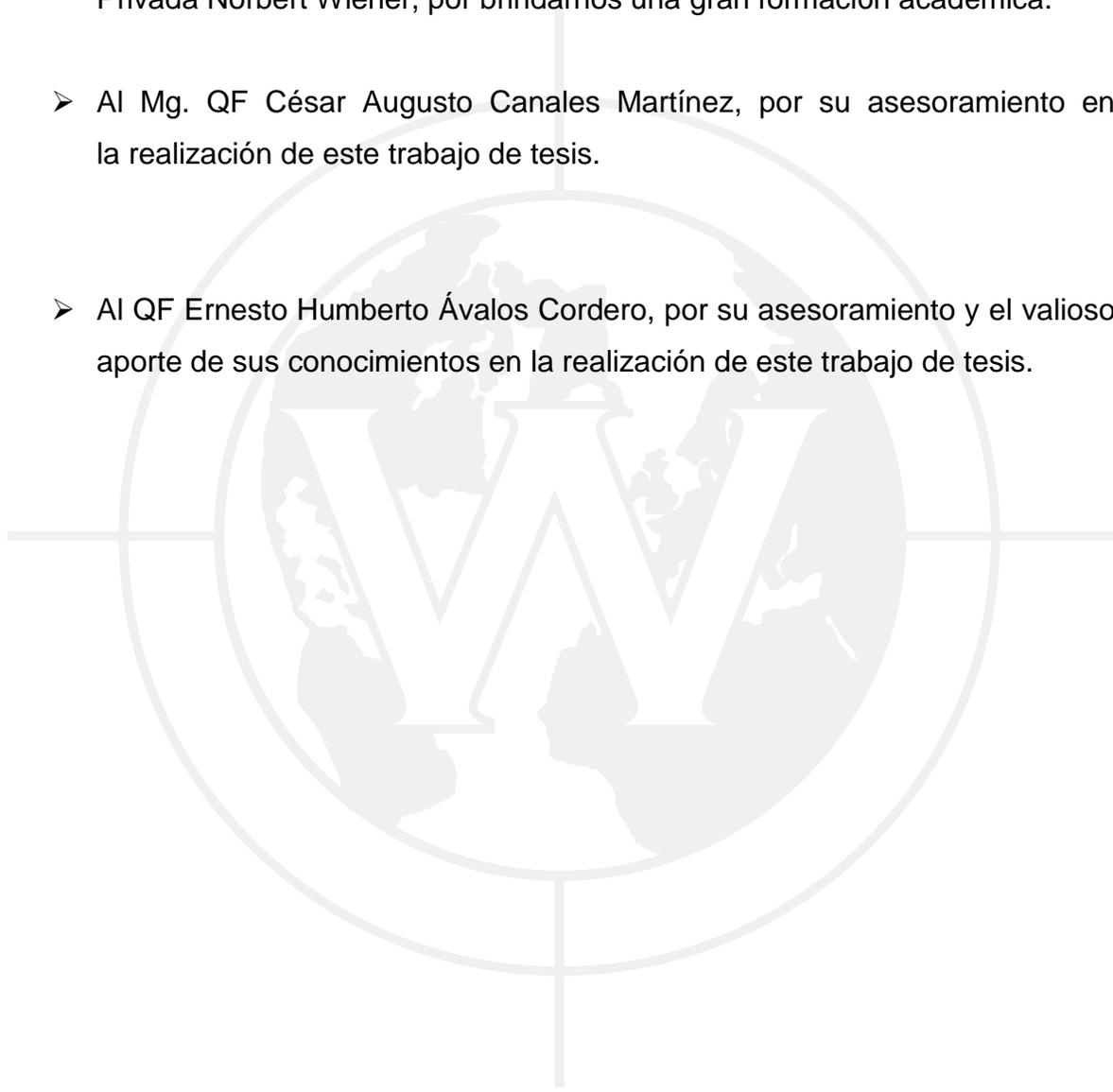


A nuestros queridos padres, por
darnos la fortaleza durante
el transcurso de la carrera.

A nuestros maestros, que nos han
brindado sus conocimientos
y sabiduría.

AGRADECIMIENTOS

- A los docentes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Privada Norbert Wiener, por brindarnos una gran formación académica.
- Al Mg. QF César Augusto Canales Martínez, por su asesoramiento en la realización de este trabajo de tesis.
- Al QF Ernesto Humberto Ávalos Cordero, por su asesoramiento y el valioso aporte de sus conocimientos en la realización de este trabajo de tesis.



RESUMEN

La exposición ambiental al plomo, al cadmio y al cromo constituye un problema de salud pública en todo el mundo. Los niños son los más vulnerables a sus efectos tóxicos.

El objetivo del presente trabajo fue la determinación de plomo, cromo y cadmio en las témperas que son vendidas en la galería “El Portal de Andahuaylas”, del Centro de Lima.

Para el cumplimiento de dicho objetivo se realizó la recolección de 36 muestras de témperas de colores primarios (amarillo, rojo y azul), para la posterior determinación de plomo, cromo y cadmio presentes en ellas.

El método elegido fue el de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, por su sensibilidad.

Todas las muestras analizadas contenían plomo, cadmio y cromo. Se encontró que el 100 % de las muestras de témperas de uso escolar de color amarillo, rojo y azul no superan los límites máximos permisibles (LMP) de 25 mg de plomo por kilogramo de muestra, y de 15 mg de cadmio por kilogramo de muestra, según la Norma Técnica Peruana (NTP) 324.001-1 2009 y la Norma Técnica Peruana (NTP) 324.001-3 2008. Pero en el caso del cromo, el 96 % de las muestras superan el LMP de 25 mg por kilogramo de muestra, según la NTP 324.001-1 2009 y la NTP 324.001-3 2008.

Palabras clave: intoxicación; plomo, cromo y cadmio; témperas de uso escolar.

SUMMARY

Environmental exposure to lead, cadmium and chromium is a public health problem worldwide and children are most vulnerable to its toxic effects.

The aim of this study was the determination of lead, chromium and cadmium in tempera which are sold in the gallery "The Portal of Andahuaylas" Center of Lima.

To fulfill this objective of collection of 36 samples of Tempera colors (yellow, red and blue). For subsequent determination of lead, chromium and cadmium present in the samples.

The method chosen was Atomic Absorption Spectrophotometric Graphite Furnace for their sensitivity.

All samples analyzed contained lead, cadmium and chromium. It was found that 100% of the sample tempera school use yellow, red and blue, do not exceed the maximum permissible limits of 25 mg per kilogram of sample Lead and Cadmium 15 mg per kilogram of sample according to the Technical Standard Peruvian (NTP) 324001-1 2009 and the Peruvian Technical Standard (NTP) 324001-3 2008, and only in case of chromium, 96% of the samples exceed the maximum permissible limit of 25 mg of chromium per kilogram of sample according to the NTP 324.001-1 2009 and NTP 324.001-3 2008.

Keywords: poisoning; lead; chromium and cadmium; tempera school use.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Tipo de investigación	10
1.3. Objetivo general	10
1.4. Objetivos específicos	11
1.5. Hipótesis	11
1.6. Variables	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes	12
2.2. Descripción del lugar	25
2.3. Témperas: composición y clasificación de colores	26
2.4. Plomo	30
2.4.1. Fuentes de intoxicación por plomo	30
2.4.2. Límites de exposición	36
2.4.3. Toxicocinética	38
2.4.4. Toxicodinamia	42
2.4.5. Toxicidad	47
2.5. Cromo	51
2.5.1. Fuentes de intoxicación por cromo	51
2.5.2. Límites de exposición	52
2.5.3. Toxicocinética	53
2.5.4. Toxicodinamia	55
2.5.5. Toxicidad	56
2.6. Cadmio	60
2.6.1. Fuentes de intoxicación por cadmio	60
2.6.2. Límites de exposición	62
2.6.3. Toxicocinética	63
2.6.4. Toxicodinamia	65

2.6.5. Toxicidad	65
2.7. Fundamento de métodos de espectrometría de absorción atómica	70
III. PARTE EXPERIMENTAL	74
3.1. Población	74
3.2. Muestra de estudio	74
3.3. Métodos	74
3.4. Materiales, reactivos y equipos para la determinación de plomo, cromo y cadmio	75
3.5. Técnica operatoria	76
3.6. Diagrama de flujo	77
3.7. Preparación de estándares y curva de calibración	78
IV. RESULTADOS	84
V. DISCUSIÓN	101
VI. CONCLUSIONES	104
VII. RECOMENDACIONES	105
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
IX. ANEXOS	111

I. INTRODUCCIÓN

Los niños desarrollan sus habilidades creativas durante las etapas preescolar y escolar, para lo cual utilizan útiles de escritorio como témperas, acuarelas para uso escolar, lápices de color, etc. Estos podrían ingresar al organismo por vía digestiva, debido a la costumbre que tienen los niños de llevarse a la boca todo lo que tocan (contacto mano-boca). De esta manera, los menores están expuestos a una intoxicación⁸.

Con la finalidad de salvaguardar la salud de los niños y de la población usuaria en general, el Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa), viene realizando acciones conjuntas de vigilancia sanitaria, fiscalización y control a nivel nacional a los fabricantes nacionales, importadores, comercializadores y distribuidores de juguetes o útiles de escritorio, a fin de garantizar que no sean tóxicos o peligrosos para la salud de la población usuaria, en cumplimiento del Reglamento de la Ley N.º 28376, ley que prohíbe y sanciona la fabricación, importación, distribución y comercialización de juguetes y/o útiles de escritorio tóxicos o peligrosos, aprobada con D.S. N.º 008-2007-SA, y su modificatoria, el D.S. N.º 012-2007-SA².

Debemos destacar que dicha ley norma el uso de elementos y sustancias como bario, plomo, cadmio, cromo, selenio, antimonio, arsénico, asbesto, ftalatos, tolueno, benceno y otros², utilizadas en la fabricación de los útiles de escritorio. Los LMP de migración de sustancias tóxicas controladas son expresados en mg/kg y establecidos en el anexo IV del D.S. N.º 008-2007-SA, concordante con las normas técnicas internacionales de referencia ASTM F-963 y/o EN 71, ambas referidas a la seguridad de juguetes¹.

La Digesa, durante el período del 15 de setiembre de 2007 hasta el 25 de marzo de 2010, ha realizado 5012 ensayos, de los cuales 3162 corresponden a juguetes y 1850 a útiles de escritorio para niños. De todos ellos, se tienen identificados 59 juguetes o materiales de aprendizaje para niños declarados tóxicos, dado que contienen sustancias que exceden los límites permisibles de

las normativas precitadas. Esta cantidad representa el 1,18 % del total de muestras analizadas.

Nuestro objetivo fue determinar plomo, cromo y cadmio en las témperas de uso escolar en los colores amarillo, rojo y azul que son comercializados en la galería “El Portal de Andahuaylas”, ubicada en el Centro de Lima.

En la presente investigación se determinó la presencia de plomo, cadmio y cromo en témperas escolares en los colores primarios (amarillo, rojo y azul). Los valores obtenidos fueron comparados con la NTP 324.001-1 2009 y con la NTP 324.001-3 2008.

Los análisis fueron realizados mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito en el laboratorio particular Centro Toxicológico S. A. C. (Cetox), y posteriormente se compararon los valores hallados con los valores de las NTP 324.001-1 2009 y 324.001-3 2008, establecidas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi).

1.1. Planteamiento del problema

La exposición a metales pesados, como plomo, cadmio o cromo, en la población, sobre todo en niños de edad escolar (que son los más vulnerables), produce trastornos metabólicos en relación directa con la concentración. Las alteraciones pueden crear, en grados variables, deterioro de la capacidad intelectual, cambios en la conducta y en el comportamiento, bloqueo de la hematopoyesis, toxicidad renal, neuropatía periférica, trastorno respiratorio o cáncer pulmonar, pudiendo llevar a la persona hasta la muerte. Por ello, se hace importante un estricto control de estos metales en golosinas, juguetes y útiles de escritorio, para lo que se ha visto necesario conocer el grado de contaminación en las témperas.

Formulación del problema

¿Las témperas de uso escolar comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima contienen plomo, cadmio y cromo en concentraciones que superan los límites máximos permisibles (LMP), según la NTP 324.001-1 2009 y la NTP 324.001-3 2008?

1.2. Tipo de investigación

- **Observacional:** no existe intervención del investigador; los datos reflejan la evolución natural de los eventos, ajena a la voluntad de él.
- **Transversal:** todas las variables son medidas en una sola ocasión; por ello, de realizar comparaciones, se las trata como muestras independientes.
- **Prospectiva:** los datos necesarios para este estudio han sido recogidos a propósito de la investigación (primarios), por lo que se posee control del sesgo de medición.
- **Descriptiva:** el análisis estadístico es univariado, porque solo estima parámetro (propósito estadístico) en la población de estudio a partir de la muestra.

1.3. Objetivo general

Determinación de plomo, cromo y cadmio en las témperas de uso escolar de color amarillo, rojo y azul que son comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima.

1.4. Objetivos específicos

- Determinar y cuantificar plomo, cromo y cadmio en las témperas de color amarillo, rojo y azul de uso escolar que son comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima.
- Analizar los valores obtenidos de los metales plomo, cromo y cadmio en las muestras de témperas de color amarillo, rojo y azul de uso escolar recolectadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima.
- Comparar los valores hallados de los metales plomo, cromo y cadmio en las témperas, con la NTP 324.001-1 2009 y la NTP 324.001-3 2008.

1.5. Hipótesis

Las témperas de uso escolar de color amarillo, rojo y azul comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima presentan concentraciones de plomo, cromo y cadmio en niveles superiores a los límites máximos permisibles, según la NTP 324.001-1 2009 y la NTP 324.001-3 2008.

1.6. Variables

Concentración de plomo, cadmio y cromo en témperas de uso escolares.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) realizó un estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y en el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio

Los datos más representativos del monitoreo, realizado por la Digesa durante los años 2007 y 2010, fueron la presencia de cadmio, plomo y mercurio en juguetes y materiales de aprendizaje para niños.

En cumplimiento del Reglamento de la Ley N.º 28376, ley que prohíbe y sanciona la fabricación, importación, distribución y comercialización de juguetes y/o útiles de escritorio tóxicos o peligrosos, aprobada con D.S. N.º 008-2007-SA y su modificatoria, el D.S. N.º 012-2007-SA, la Digesa viene realizando acciones conjuntas de vigilancia sanitaria, fiscalización y control a nivel nacional a los fabricantes nacionales, importadores, comercializadores y distribuidores de juguetes y/o materiales de aprendizaje para niños, a fin de garantizar que no sean tóxicos o peligrosos para la salud de la población usuaria, con la finalidad de salvaguardar la salud de los niños y de la población en general¹.

Los LMP de migración de sustancias tóxicas controladas expresadas en mg/kg (establecidos en el D.S. N.º 008-2007-SA, y concordantes con las normas técnicas internacionales de referencia de las especificaciones para la seguridad de los juguetes (ASTM) F-963 y/o EN 71, ambos referidos a la seguridad de juguetes) son los que aparecen en la tabla siguiente (ver tabla N.º 01)¹.

Tabla N.º 01. Límites máximos permisibles (LMP) de migración de sustancias tóxicas

N.º	Tipo de producto	Cadmio mg/kg	Mercurio mg/kg	Plomo mg/kg	Arsénico mg/kg	Bario mg/kg	Selenio mg/kg	Antimonio mg/kg	Cromo mg/kg
1	Juguetes	75	60	90	25	1000	500	60	60
2	Arcillas o pasta para modelar	50	25	90	25	250	500	60	25
3	Pintura de dedos	15	10	25	10	350	50	10	25

Fuente: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma). Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y en el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio [publicación en Internet]. Noviembre, 2010¹.

La Digesa, durante el período del 15 de setiembre de 2007 al 25 de marzo de 2010, ha realizado 5012 ensayos, de los cuales 3162 corresponden a juguetes y 1850 a útiles de escritorio para niños. De todos ellos, se tienen identificados 59 juguetes o materiales de aprendizaje para niños declarados tóxicos, dado que contienen sustancias que exceden los límites permisibles de las normativas precitadas. Esta cantidad representa el 1,18 % del total de muestras analizadas. En consecuencia, la Digesa, como autoridad sanitaria, ha prohibido la fabricación, importación y comercialización de estos productos en todo el país, en resguardo de la salud de la población usuaria¹.

En la tabla N.º 02 se pueden observar los límites permisibles estandarizados para el contenido de cadmio, mercurio y plomo en diversos productos.

Tabla N.º 02. Límites permisibles estandarizados para contenido de cadmio, mercurio y plomo, en diversos productos

N.º	Descripción del producto	LMP cadmio	LMP mercurio	LMP plomo	Norma nacional o internacional de referencia
1	Abonos y fertilizantes nacionales e internacionales	39 mg/kg	17 mg/kg	300 mg/kg	N. T. colombiana 1927, (Fertilizantes y acondicionadores del suelo. Definiciones y clasificación)
2	Pinturas de nacionales e internacionales	75 mg/kg	60 mg/kg	90 mg/kg	EN 71, parte 3 (Migración de ciertos elementos y ASTM-F-963-08 sobre seguridad de juguetes)
3	Lápiz delineador de labios o de cejas	.....	0,006 %	10 mg/kg	21 CFR 700. 13 (norma canadiense), 21 CFR 73.2575 (americana) y NOM-F-261,1975 (colorantes orgánicos que se agregan a alimentos, bebidas, medicamentos y cosméticos, establece como límite máximo de Pb 10 ppm, 10 mg/kg)
4	Aretes y collares de fantasía (bisutería)	.....	.....	<0,06 %(600 mg/kg)	Ley de California sobre la joyería que contiene plomo (EPA Methods) 30508, 3051ª O 3052
5	Tuberías de PVC	Máx 0,05 mg/L	Máx 0,05 mg/L	Máx 0,05 mg/L	Norma IRAM 13352 (argentina)
6	Jabones medicados (aromatizantes y y/o blanqueadores)	.....	L	.....	Directiva 76/768/CEE (el mercurio y sus compuestos no pueden formar parte de los

			Límite de acción		ingredientes de productos cosméticos, solo se exceptúa las sales de fenilmercurio como conservante en una concentración de 0,007 % p/p)
7	Menaje de cerámica que entra en contacto con alimentos (tipo II)	4,0 mg/L	.....	0,3 mg/L	Directiva Europea 1984/500/CEE
8	Juguetes didácticos de madera y de plástico con recubrimiento de pinturas	75 mg/kg	60 mg/kg	90 mg/kg	EN 71 Parte 3 (Migración de ciertos elementos y ASTM F-963-08 sobre seguridad de juguetes)
9	Materiales de aprendizaje y arte para los niños (plastilina)	50 mg/kg	25 mg/kg	90 mg/kg	EN 71, parte 3 (Migración de ciertos elementos)
	Materiales de aprendizaje y arte para los niños (pintura de dedos)	15 mg/kg	10 mg/kg	25 mg/kg	EN 71, parte 3 (Pintura de dedos)
10	Lámparas fluorescentes compactas	.....	< = 5 mg de Hg	.....	IEC 62321, Ed 111/54CDV, Directiva Europea 2002/95/EC
11	Aparatos electrónicos: un mouse nuevo, (se analizó solo el revestimiento del cable eléctrico y el material de la carcasa)	100 mg/kg	1000 mg/kg	1000 mg/kg	IEC 62321, Ed 111/54CDV, Directiva Europea 2002/95/EC

12	Pilas AA usadas	0,0005 % >0,0005 %	0,002 % >0,002 %	0,004 % >0,004 %	Directiva Europea 2006/66/EC, cuando supera los valores límites indicados se deben etiquetar con el símbolo del elemento que excede el contenido
	Pilas tipo botón nuevas	.....	2,0 %	.....	Directiva Europea 2006/66/EC, para pilas de botón
13	Muestras de suelo urbano cercano de un almacén de concentrados de plomo	.....	.....	400 ppm (aéreas de juego urbanos)	Norma EPA, (40 CFR Parte 745, 2001)

Fuente: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma). Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y en el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio [publicación en Internet]. Noviembre, 2010¹.

Resultados de las pruebas de laboratorio a productos seleccionados que contienen cadmio, plomo y mercurio

Se han identificado los productos de mayor intercambio comercial que contengan cadmio, plomo y mercurio en la región de América Latina y el Caribe, y se han seleccionado de este grupo aquellos productos que se distribuyen en grandes zonas comerciales populares; la lista final de estos productos, con el visto bueno del Pnuma, se envió a un laboratorio acreditado por la autoridad competente del Perú para el análisis correspondiente, conforme a las metodologías y a las normas técnicas internacionales estandarizadas.

Se realizó una investigación bibliográfica con el fin de identificar los LMP estandarizados y aplicados en otros países o regiones para cada uno de los productos seleccionados y enviados a laboratorio. Todo ello con el fin de hacer un comparativo con los resultados de los análisis obtenidos y evaluar el grado de cumplimiento del contenido de dichos metales pesados en la manufactura de los productos. Esta evaluación servirá también para realizar nuevos estudios similares, más específicos, en otros países de la región, para adoptar medidas regulatorias en ellos, restringiendo el comercio de productos contaminados con cadmio, plomo y mercurio, lo que reduciría los posibles riesgos a la salud de los consumidores en general y en el medio ambiente. Los límites permisibles identificados y los resultados de las muestras analizadas se muestran en la tabla N.º 03.

Tabla N.º 03. Resultados de los análisis de laboratorio a productos seleccionados que contienen cadmio, plomo y mercurio

N.º	Descripción del producto	Fabricante	Tipo	N.º de Muestra	Cadmio mg Cd/kg		Mercurio mg Hg/kg	Plomo mg Pb/kg	
					Am	Ve		Ro	Am	Ve	Ro
1	Abonos y/o fertilizantes nacionales	Corporación Misti	Compo-master 20-20-20	01	< 5,0	-	-	< 5,0	
2	Abonos y/o fertilizantes importados	Americano	Bórax	01	< 5,0	-	-	< 5,0	
3	Pinturas de interiores nacionales (amarillo, verde y rojo)	Pintura nacional	Informal	03	Am	< 0,05	-	Am	30959,9
					Ve	< 0,05		Ve	550,8
					Ro	< 0,05		Ro	6160,44
4	Pinturas de exteriores nacionales (cromo, verde y rojo)	ABRO	Spray Paint	03	Cr	< 0,05	-	Cr	< 2,5
		ABRO	Spray Paint		Ro	< 0,05		Ro	< 2,5
		Premium Word	Spray Paint		Am	< 0,05		Am	16206,96
5	Lápiz delineador de labios o de cejas (nacional e importado)	Nacional	Verónica	02	-	-	-	< 5,0	
		Creative Colors	Sashbel					< 5,0	
6	Lápiz labial (nacional e importado)	Nacional	Linette	02	-	-	-	< 5,0	
		Creative Colors	Sashbel					< 5,0	
7	Bisutería: aretes de fantasía para niñas	-	Aretes fantasía	01	-	-	-	20877,11	
8	Bisutería: pulseras de fantasía para niñas	-	Pulsera fantasía	01	-	-	-	24,08	

9	Tuberías de PVC	Nacional	Tubería agua	01	-	-	55,97			
10	Jabones medicados aromatizados importados (dos colores, verde y azul)	Moncler/ Colombia	De tocador	02						
11	Menaje de cerámica china que entra en contacto con alimentos (tipo II)	China	Plato	01	< 1,0	-	< 1,0			
12	Un juguete didáctico de madera nacional	Nacional	-	04	Am	< 0,1	Am	< 0,003	Am	1758,08
					Ve	< 0,1	Ve	< 0,003	Ve	1219,97
					Ro	< 0,1	Ro	< 0,003	Ro	764,84
					Az	< 0,1	Az	< 0,003	Az	< 2,0
13	Un juguete de plástico importado	China	Super Racer Speedway	04	Am	< 0,1	Am	< 0,003	Am	51,35
					Bl	< 0,1	Bl	< 0,003	Bl	< 2,0
					Ro	< 0,1	Ro	< 0,003	Ro	< 2,0
					Az	< 0,1	Az	< 0,003	Az	< 2,0
14	Materiales de aprendizaje y arte para niños: plastilina por seis colores	Arti (nacional)	Plastilina Jumbo	06	Am	< 0,1	Am	< 0,003	Am	< 2,0
					Ne	< 0,1	Ne	< 0,003	Ne	< 2,0
					Ro	< 0,1	Ro	< 0,003	Ro	< 2,0
					Az	< 0,1	Az	< 0,003	Az	< 2,0
					Vo	< 0,1	Vo	< 0,003	Vo	< 2,0

					Pe	< 0,1	Pe	< 0,003	Pe	< 2,0
15	Materiales de aprendizaje y arte para niños: pintura de dedos por seis colores	Arti (nacional)	Pintura dedos	06	Am	<0,1	Am	< 0,003	Am	< 2,0
					Ne	< 0,1	Ne	< 0,003	Ne	< 2,0
					Ro	< 0,1	Ro	< 0,003	Ro	< 2,0
					Az	< 0,1	Az	< 0,003	Az	< 2,0
					Ve	< 0,1	Ve	< 0,003	Ve	< 2,0
					Bl	< 0,1	Bl	< 0,003	Bl	< 2,0
16	Lámparas fluorescentes compactas pequeñas (importadas)			01						
17	Pilas AA nuevas		AKITA	01						
18	Pilas tipo botón nuevas			01						
19	Aparatos electrónicos: un mouse nuevo (se analizó solo el revestimiento del cable eléctrico y el material de la carcasa)	CyberTel (China)	Rocker Cyb M201	02	-	-		Cabl e	< 5.0	
								Carc aza	< 5.0	
20	Muestras de suelos de un ambiente urbano cercano a un almacén de concentrados de plomo (dos muestras, una a 100 metros y otra a 200 metros de distancia)			02						

Leyenda:

Am: amarillo
Bl: blanco
Ro: rojo
Az: azul
Ne: negro

Ve: verde
Cr: crema
Pe: perla
Vo: violeta

Fuente: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma). Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y en el medio ambiente en América Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio [publicación en Internet]. Noviembre, 2010¹.

La Digesa alerta sobre juguetes y útiles de escritorio tóxicos en el Perú

Con la finalidad de salvaguardar la salud de los niños y de la población usuaria en general, el Ministerio de Salud, a través de la Digesa, viene realizando acciones conjuntas de vigilancia sanitaria, fiscalización y control a nivel nacional a los fabricantes nacionales, importadores, comercializadores y distribuidores de juguetes o útiles de escritorio, a fin de garantizar que no sean tóxicos o peligrosos para la salud de la población usuaria, en cumplimiento del Reglamento de la Ley N.º 28376, ley que prohíbe y sanciona la fabricación, importación, distribución y comercialización de juguetes y/o útiles de escritorio tóxicos o peligrosos, aprobada con D.S. N.º 008-2007-SA y su modificatoria, el D.S. N.º 012-2007-SA².

Como resultado de dichas acciones, se tiene una relación de juguetes y útiles de escritorio que exceden los LMP de sustancias controladas expresadas en miligramos del elemento/kg de material del juguete o útil de escritorio, establecidos en el anexo IV del D.S. N.º 008-2007-SA, concordante con las normas técnicas de referencia ASTM F-963 y EN 71. Estos LMP son los siguientes: arsénico, con 25 mg/kg para juguetes o útiles de escritorio (incluyendo arcillas para modelar) y 10 mg/kg en pintura de dedos; antimonio, con 60 mg/kg para juguetes o útiles de escritorio (incluyendo arcillas para modelar) y 10 mg/kg en pintura de dedos; bario, con 1000 mg/kg para juguetes o útiles de escritorio, 250 mg/kg en arcillas para modelar y 350 mg/kg en pintura de dedos; cadmio, con 75 mg/kg en juguetes o útiles de escritorio, 50 mg/kg en arcillas para modelar y 15 mg/kg en pintura de dedos; cromo, con 60 mg/kg en juguetes o útiles de escritorio y 25 mg/kg en arcillas para modelar y pintura de dedos; plomo, con 90 mg/kg en juguetes o útiles de escritorio (incluyendo arcillas para modelar) y 25 mg/kg en pintura de dedos; mercurio, con 60 mg/kg en cualquier juguete o útil de escritorio, 25 mg/kg en arcillas para modelar

y 10 mg/kg en pintura de dedos; selenio, con 500 mg/kg en juguetes o útiles de escritorio (incluyendo arcillas para modelar) y 50 mg/kg en pintura de dedos.

En consecuencia, y en resguardo de la salud de la población en general, la fabricación, importación, distribución o comercialización de estos productos está prohibida en todo el país, por haber sido declarados tóxicos².

En este sentido, la Digesa está emitiendo alertas sanitarias informativas periódicas, para que el público consumidor esté debidamente informado sobre la prohibición de la comercialización de estos productos tóxicos, y las autoridades competentes eviten la importación, fabricación, distribución o comercialización, en todo el país, de los siguientes productos:

- Setenta juguetes y cuatro útiles de escritorio con resultados positivos en el laboratorio de la Digesa.
- Un juguete con resultado positivo en un laboratorio acreditado a nivel nacional.
- Juguetes declarados tóxicos a nivel internacional, como en el caso de Aqua Dots.

La relación detallada de estos juguetes y útiles de escritorio se presenta en las tablas N.º 04 y 05.



Tabla N.º 04. Juguetes declarados tóxicos por resultados positivos en el laboratorio de control ambiental de la Digesa²

Descripción / Código:	The Simpsons / Código 07009
Procedencia / Fabricante:	China / No específica, no presenta rótulo de identificación.
Punto de muestreo:	La muestra fue tomada como producto de las acciones de vigilancia sanitaria y control por el personal de la Digesa en Galerías Mina de Oro I (Centro de Lima).
Resultado de laboratorio y observaciones	Informe de Ensayo N.º 1228/2007, Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa del 29/11/2007. El análisis de la superficie roja dio como resultado 455,24 mg/kg de plomo. Este valor excede en 405,82 % el LMP de plomo.
Método utilizado	EN 71, parte 3: Migración de ciertos elementos.
Principales lugares de venta en el país:	Principales galerías del Centro de Lima, mercados de los conos de Lima Metropolitana y principales ciudades del país (Tacna, Puno, Tumbes, Arequipa, Trujillo, Ayacucho, Huancayo, Cajamarca, Chimbote, Chiclayo y Piura).
	

Tabla N.º 05. Juguetes declarados tóxicos por resultados positivos en el laboratorio de control ambiental de la Digesa²

Descripción / Código:	Juego didáctico de madera Media Luna, sin rotulado, sin código, sin autorización sanitaria de la Digesa.
Procedencia / Fabricante:	Nacional / Sin ningún tipo de rotulado (no indica razón social del fabricante, RUC o dirección. No tiene autorización sanitaria ni registro nacional de la Digesa).
Punto de muestreo:	La muestra fue tomada el día 12/02/2010 por el personal de la Digesa, como parte de las acciones de vigilancia sanitaria, fiscalización y control de útiles de escritorio saludables en la campaña escolar 2010, en las instalaciones de la empresa KIDDY'S HOUSE S. A. C., ubicada en Av. Iquitos 621, distrito de La Victoria, provincia y departamento de Lima.
Resultado de laboratorio y observaciones:	Informe de Ensayo N.º 0129-2010, Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa del 23/03/2010. Se tienen los siguientes resultados, en base a los LMP establecidos en el anexo IV del D.S. 008-2007-SA: Recubrimiento de color amarillo: se encontró una migración de 101,92 mg/kg de cromo y 736,75 mg/kg de plomo. Estos valores exceden en 69,87 % y 718,61 % los LMP de cromo y de plomo, respectivamente, establecidos en el anexo IV del D.S. 008-2007-SA. Recubrimiento de color verde: se encontró una migración de 427,70 mg/kg de plomo. Este valor excede en 375,22 % el LMP de plomo, establecido en el anexo IV del D.S. 008-2007-SA. Recubrimiento de color anaranjado: se encontró una migración de 85,56 mg/kg de cromo y 630,35 mg/kg de plomo. Estos valores exceden en 42,60 % y 600,39 % los LMP de cromo y de plomo, respectivamente, establecidos en el anexo IV del D.S. 008-2007-SA.
Método utilizado:	EN 71, parte 3: Migración de ciertos elementos.
Principales lugares de venta en el país:	Principales galerías del Centro de Lima, mercados de los conos de Lima Metropolitana y centros comerciales de las principales ciudades del país (Tacna, Puno, Tumbes, Arequipa, Trujillo, Ayacucho, Huancayo, Huancavelica, Cajamarca, Chimbote, Chiclayo y Piura).



2.2. Descripción del lugar

Descripción histórica

El Mercado Central de Lima existe desde la creación de la ciudad de Lima en 1535, y hasta el año 1800 estuvo ubicado en la Plaza de Armas, en lo que se conoce como “El Portal de Botoneros” (actual Jr. Huallaga), frente a la Catedral de Lima. Fue en este lugar donde se ubicaron los comerciantes de productos de pan llevar y de costura, por eso el nombre de “El Portal de Botoneros”. En 1800 fue trasladado a la Plaza de San Francisco, donde permanecería hasta 1820, año en que se mudó a la Plaza de la Inquisición. En 1840 se instaló en las inmediaciones del Colegio Dominicano de Santo Tomás y, finalmente, en 1851, el presidente Ramón Castilla dispuso construir el Mercado Central de Lima entre las intersecciones de los jirones Huallaga y Ayacucho, lugar de su sede actual, obra que sería culminada durante el gobierno del general Echenique. Su construcción se realizó con una fuerte influencia europea, la que buscaba limpieza, orden y sanidad, algo que era visto como muestra de desarrollo. Ocupaba una manzana completa, de la cual se retiró al Monasterio de La Concepción. En el exterior, en los cuatro lados, se construyeron locales comerciales. Los ingresos se ubicaron en la parte central de cada uno de sus lados y en sus esquinas. En el siglo XIX se realizó la primera remodelación de su diseño original, y a principios del siglo XX se le hizo una ampliación. Al promediar la década de 1960 el mercado sufrió un incendio. Sobre este terreno se levanta el nuevo Mercado Central de Lima, tal como lo conocemos en la actualidad. En sus inmediaciones podemos encontrar al Barrio Chino, situado en la calle Capón, muy solicitado por visitantes foráneos por su variedad de frutas, verduras, cereales, etc.³.

En el Jr. Andahuaylas está ubicada la galería en la que se venden útiles escolares. En ella se adquirieron las muestras correspondientes para este trabajo de investigación. Las 12 marcas de témperas de colores primarios (rojo, azul y amarillo) son comercializadas en los 80 puestos de la galería “El Portal de Andahuaylas”, en el Centro de Lima.

2.3. Témperas: composición y clasificación de colores

Pinturas especialmente utilizadas por diseñadores, ilustradores, artistas, escolares y cuantos, en su tiempo libre, quieren disfrutar pintando sobre papel, cartón, madera, etc. Como se visualiza en la figura N.º 01, con alto grado de pigmentación, poseen una gran luminosidad y potencia de color, resultando puros incluso en sus mezclas.

Como especial característica, se puede nombrar su rápido secado de forma uniforme mate y opaca.

Figura N.º 01. Aprendizaje en los niños para desarrollar su creatividad



Fuente: Taller de Arte y Movimiento en Espacio Ludilau. Diciembre, 2011⁴.

Pinturas de dedos: preparaciones coloreadas de aspecto pastoso o gelatinoso, especialmente diseñadas para niños, directamente aplicables con los dedos y manos en superficies adecuadas⁵.

Composición:

- **Colorante:** sustancia, generalmente en polvo, que se usa para dar color o teñir.
- **Carga:** sustancia compuesta con partículas insolubles, utilizadas para aumentar el volumen, acentuar características técnicas o afectar las cualidades ópticas.
- **Humectante:** sustancia que retarda el proceso de secado.
- **Agente fijador:** compuesto volátil o no volátil, soluble o miscible en agua, que fija la pintura a la superficie aplicada.
- **Conservante:** sustancia que evita el crecimiento de microorganismos no deseables.
- **Surfactante:** producto químico que reduce la tensión superficial de los líquidos, facilitando la acción de un detergente. Sustancia que actúa sobre la superficie.
- **Agente amargante:** agente que confiere al producto un sabor amargo⁵.
- **Pigmentos:** las sales de plomo constituyen la base de muchas pinturas y pigmentos. El carbonato de plomo y el sulfato de plomo se utilizan como pigmentos blancos, y los cromatos de plomo sirven para obtener amarillo, naranja, rojo y verde de cromo⁶.

El cromato de plomo es trimorfo; la forma monocíclica estable es de color amarillo anaranjado, “amarillo de cromo”, y la forma ortorrómbica inestable es de color amarillo, isomorfo con el sulfato de plomo y estabilizado por este. Existe una forma tetragonal de color rojo anaranjado similar, isomorfo con el molibdato de plomo (VI) $PbMoO_4$ y estabilizada por este⁶.

Los compuestos de cadmio se utilizan también como pigmentos y estabilizadores de plásticos (30 % de su uso en los países desarrollados).

El sulfuro de cadmio y el sulfoselenuro de cadmio se utilizan como pigmentos amarillo y rojo en plásticos y tintes⁶.

Clasificación de colores

Se puede observar el círculo cromático. El ojo humano distingue unos 10 000 colores. Se emplean también sus tres dimensiones físicas: saturación, brillantez y tono, para poder experimentar la percepción⁷.

Existen muchos colores, pero solo tres son los esenciales que forman el resto, y son rojo, amarillo y azul. Los colores pueden ser cálidos (rojo, anaranjado, amarillo, etc.) o fríos (verde, azul, violeta, etc.). Ver figura N.º 2.

Si todos los colores que se encuentran en el círculo fueran mezclados formarían el negro, y si se pusiese un eje en medio para que el círculo pueda dar vueltas como una rueda, se formaría el blanco. Todo esto sucede porque se engaña al ojo humano⁷.

Figura N.º 02. El círculo cromático



Fuente: *Cerámica artística y acuarela*. Teoría de color: colores primarios, secundarios y terciarios; diciembre, 2004⁷.

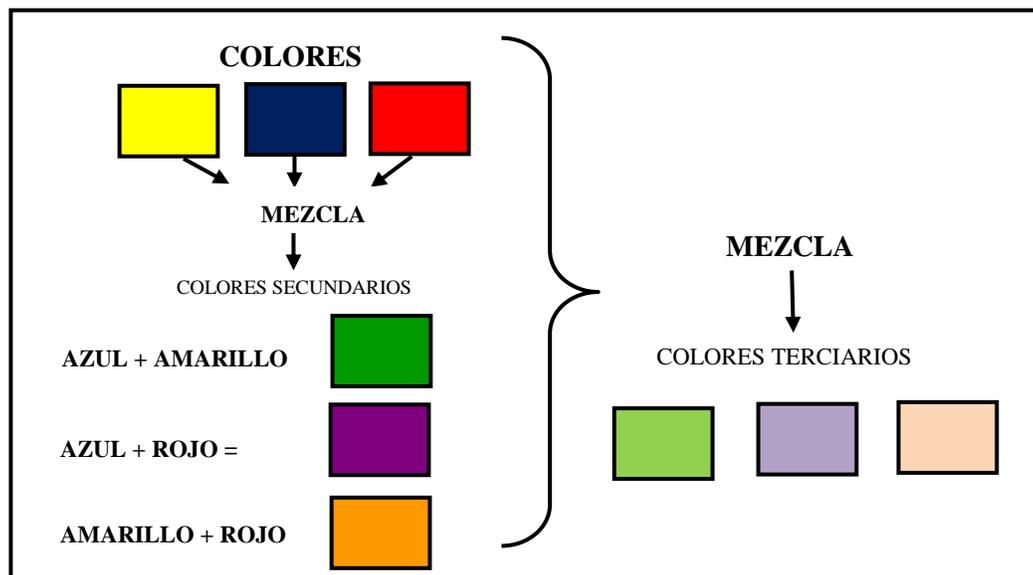
a) Colores primarios: son aquellos colores que no pueden obtenerse mediante la mezcla de ningún otro, por lo que se consideran absolutos, únicos. Tres son los colores que cumplen con esta característica: amarillo, rojo y azul. Mezclando pigmentos de estos colores pueden obtenerse todos los demás.

b) Colores secundarios: son los que se obtienen mezclando dos colores primarios al 50 %, obteniendo verde, violeta y anaranjado, como se puede ver la figura N.º 03. Otra característica de estos colores es que se denominan con los colores que intervienen en su composición, primero citando el color primario y a continuación el secundario: amarillo verdoso, rojo anaranjado, azul verdoso, azul violeta, rojo violeta y amarillo anaranjado.

c) Colores terciarios: los tonos terciarios se consiguen al mezclar partes iguales de un primario (P) y de un secundario (S) adyacente: amarillo terciario (verde + anaranjado), rojo terciario (anaranjado + violeta) y azul terciario (verde + violeta).

Los colores terciarios son los más abundantes en la naturaleza, y, por lo tanto, los más usados en la pintura, ya que por ellos brillan los más exaltados y cobran vida los de intensidad media.

Figura N.º 03. Clasificación de colores



Fuente: *Cerámica artística y acuarela*. Teoría de color: colores primarios, secundarios y terciarios; diciembre, 2004⁷.

2.4. Plomo

Elemento químico (Pb), número atómico 82 y peso atómico 207,19. El plomo es un metal pesado con densidad relativa, o gravedad específica, de 11,4 °C a 16 °C (61 °F), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad a 327 °C. Hierve a 1525 °C⁸.

2.4.1. Fuentes de intoxicación por plomo

Solo es tóxico cuando se funde a temperaturas próximas a los 500 °C. Los vapores que emite son tóxicos, y si penetra en las vías respiratorias alcanzan fácilmente los alveolos. Los vapores se oxidan rápidamente, haciéndolos poco solubles. Según su peso y contenido de agua, quedarán más o menos tiempo en suspensión en el aire para, finalmente, caer al suelo. Esta es la forma fundamental de contaminación ambiental.

Tabla N.º 06. Principales actividades profesionales relacionadas con el uso de plomo

- Fabricación de óxido y sales de plomo.
- Fabricación y reciclaje de acumuladores.
- Fabricación de esmaltes, pinturas, mascarillas y colorantes que contengan plomo.
- Fabricación de municiones de plomo y artículos pirotécnicos.
- Industria del plástico que utilice aditivos a base de plomo.
- Imprenta.
- Soldadura de plomo en locales cerrados.
- Fabricación y manipulación de arseniato de plomo como insecticida.
- Industria de cristalería, cerámica y alfarería artesanal.
- Trabajos de demoliciones en donde esté presente, de alguna manera, el plomo, como en las pinturas.
- Fabricación y templados de acero de plomo.

Fuente: Ramón S. *Toxicología clínica*. 7.^a ed. Valencia: Mite Simón; 2004⁹.

Tabla N.º 07. Principales actividades profesionales no laborales relacionadas con intoxicación por plomo

- Cocinado o almacenamiento de alimentos en recipientes de cerámica vidriada.
- Consumo de bebidas alcohólicas destiladas de serpentines plomados.
- Consumo de vino tratado con arseniato de plomo o acetato de plomo.
- Consumo de agua contaminada debido al uso de tuberías de plomo, sobre todo si el agua tiene carácter ácido.
- Consumo de harinas contaminadas con insecticidas que contengan plomo.
- Utilización y eliminación de pinturas.

- Reabsorción a partir de proyectil retenido en el cuerpo humano.
- Inyecciones intravenosas de metanfetamina, heroína o cocaína contaminadas por plomo.
- En niños, por succiones de juguetes que contienen pintura con plomo, por rascado de pintura de las paredes o papeles pintados, o por envoltorio metálico.
- Contaminación ambiental, tanto por cerámicas de empresas que vierten humo de plomo a la atmósfera, como la producción por la combustión de la gasolina con plomo.

Fuente: Ramón S. *Toxicología clínica*. 7.^a ed. Valencia: Mite Simón; 2004⁹.

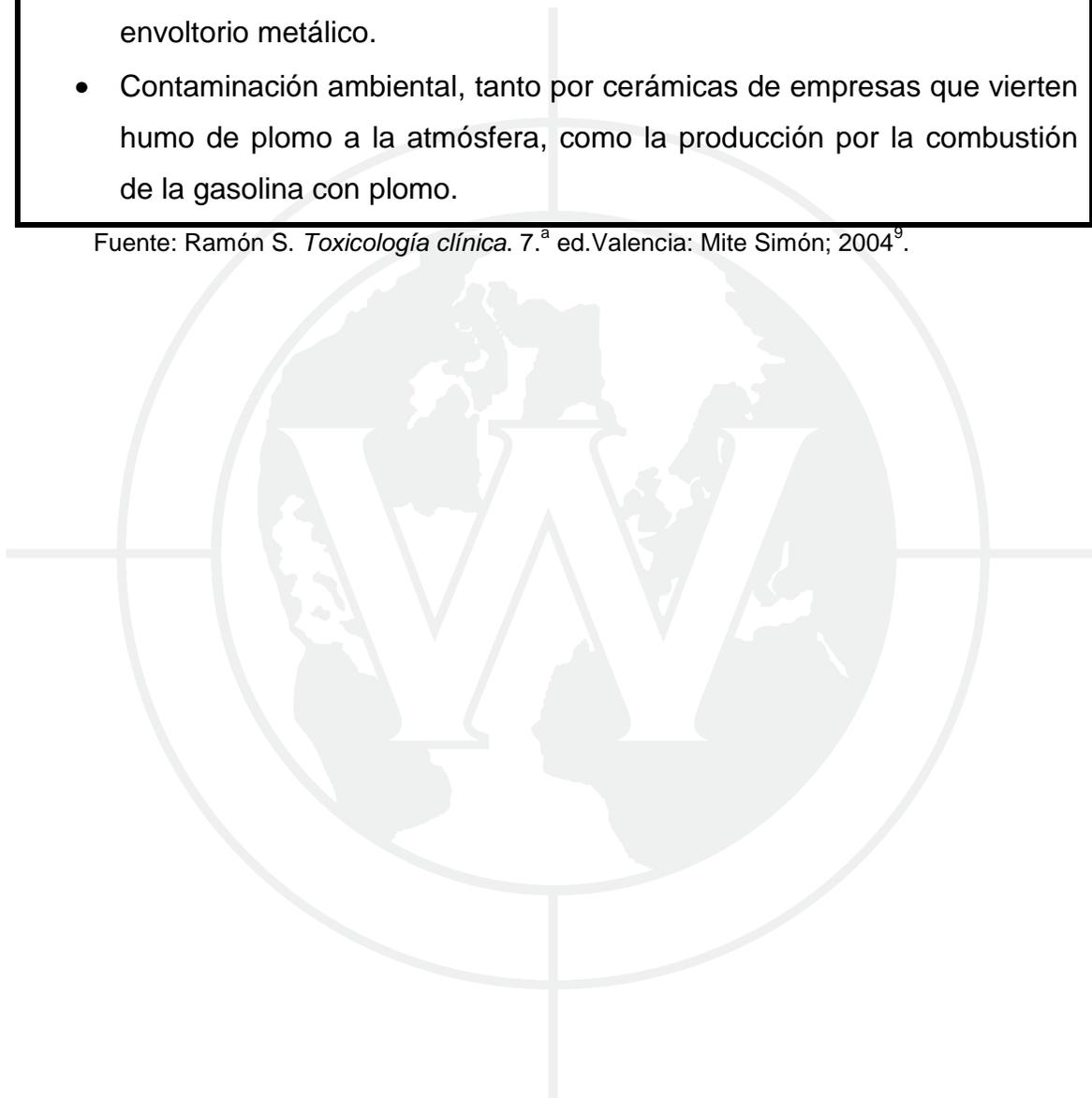
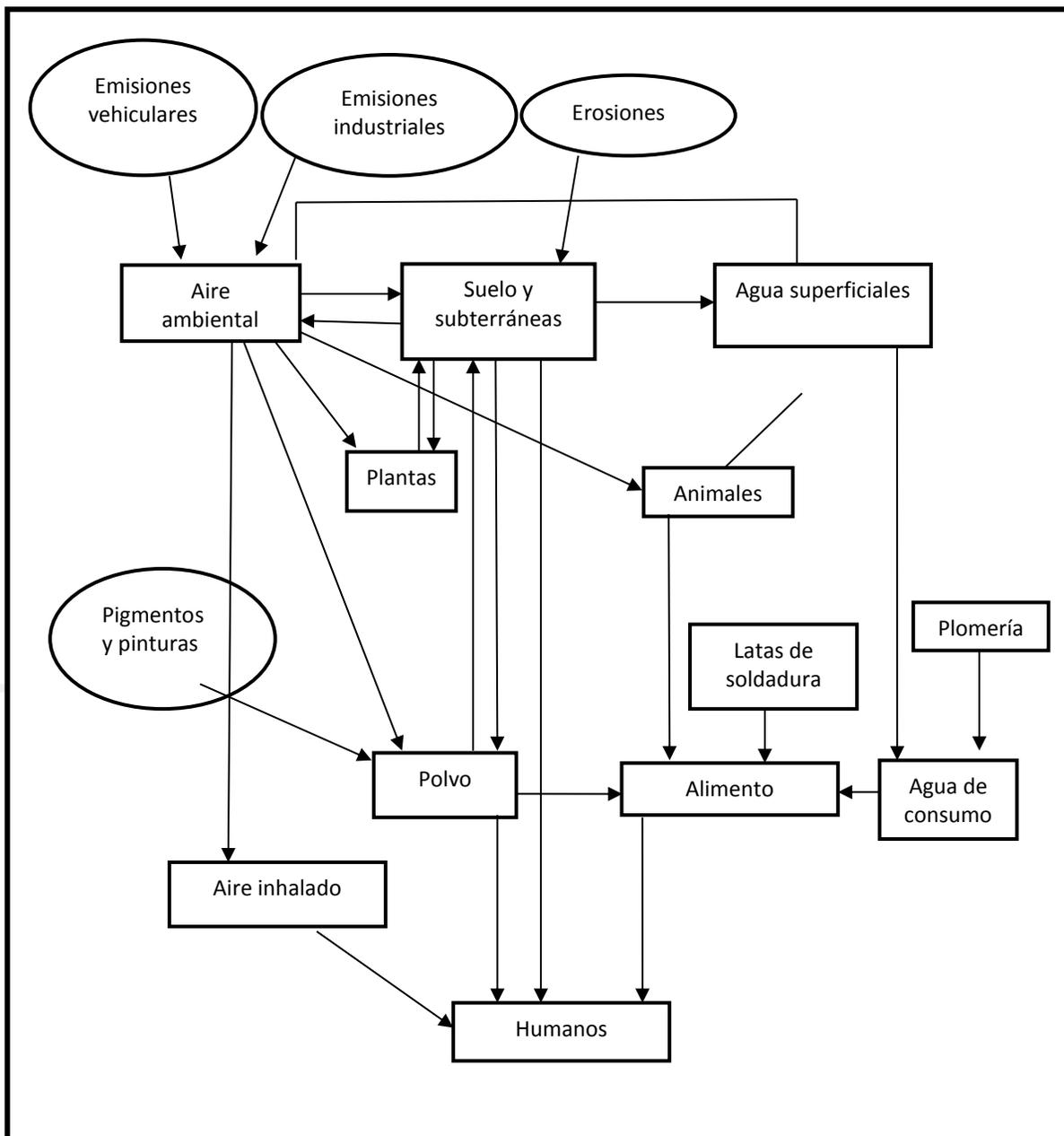


Figura N.º 04. Fuentes de contaminación por plomo



Fuente: Sánchez M, Rojas J. *Patrón de descenso del plomo sanguíneo en la población costarricense*. *Salud pública de México* [Publicación en Internet]; 2003¹⁴.

Intoxicación de plomo en infantes

Clásicamente, se conocen las intoxicaciones de infantes por medio de los juguetes fabricados con plomo o pintados con compuestos de plomo. Pero fue la aparición de la enfermedad de la encefalopatía grave en niños americanos de entre 1 y 6 años lo que ha alertado sobre un nuevo problema ligado al plomo, como se muestra en la figura N.º 04.

El médico francés Ambroise Paré (1510-1590) fue el primero en describir a profundidad este desorden alimenticio, al que dio por nombre "pica", seguramente, por ser este el nombre en latín de pericos y guacamayas. Los primeros casos fueron señalados en Australia por Gibson, en 1892; entonces no se aclaró la etiología, pero se estableció su característica doméstica y estacional.

Ya en 1902 se demostró que el origen se encontraba en casa y que la conducta mano-boca desempeñaba un papel importante.

En 1924, Ruddock llamó la atención sobre el papel de la pica en la intoxicación por plomo en la infancia. A partir de esta época, se publicaron muchos casos de encefalopatía infantil ligada al plomo, lo que les llevó a decir a Levison y a Harrison, en 1936, que ante toda encefalopatía infantil debería plantarse la posible etiología por el plomo⁸.

El hábito de la pica es un trastorno de la alimentación caracterizado por ingerir en forma reiterada sustancias no alimenticias como tierra, hielo, yeso, pintura, lana, cabellos, tiza, esponja e insectos, entre otras.

Se observa con alguna frecuencia en niños que padecen déficit mental o carencias nutritivas, afectivas, etc. En forma asociada, los niños sufren con mayor frecuencia parasitosis e intoxicaciones. Debido a su comportamiento y a su fisiología, los niños se ven más afectados que los adultos por la exposición al plomo:

- Los niños absorben con más facilidad el plomo ingerido que los adultos.
- Generalmente, los niños ingieren tierra y polvo caseros contaminados con plomo en tasas mayores que los adultos, por su costumbre de llevarse continuamente las manos a la boca.

- Los niños que exhiben pica (un comportamiento compulsivo de mano a boca, aunado a la ingesta de objetos que no se consideran alimentos) se encuentran en un riesgo mayor de presentar niveles altos de plomo.
- Los niños tienen una tasa de ventilación mayor que los adultos, por lo que inhalan un mayor volumen de aire por kilogramo de peso.
- Al tener una talla menor, los niños inhalan más fácilmente que los adultos polvo y tierra, que están cerca de la superficie y contaminados con plomo.
- Además, se estima que el porcentaje de plomo absorbido en el aparato digestivo, especialmente en un estómago vacío, es de 5 a 10 veces mayor en los infantes y en los niños pequeños que en los adultos (Alexander et al. 1974; Chamberlain 1978; James 1985; Ziegler 1978; citados en ATSDR 1999).
- Una deficiencia de hierro, calcio, zinc y ascorbato aumenta la absorción gastrointestinal de plomo en los niños (Mahaffey et al. 1990, citados en AAP 1993)³⁵.

Los niños son más sensibles que los adultos a niveles elevados de plomo en la sangre. Los cerebros y sistemas nerviosos en desarrollo de los niños (y otros sistemas) son muy sensibles al plomo.

- Se ha asociado la exposición de los niños al plomo con lo siguiente:
 - ✓ Un mayor ausentismo en la escuela secundaria y preparatoria.
 - ✓ Calificaciones menores.
 - ✓ Resultados más bajos en manejo del vocabulario y razonamiento verbal.
 - ✓ Un mayor tiempo de reacción.
 - ✓ Una mala coordinación entre manos y ojos (AAP 1993).
- El desarrollo incompleto de la barrera hematoencefálica en los fetos y en niños muy pequeños (de hasta 36 meses de edad) aumenta el riesgo de que el plomo ingrese al sistema nervioso en desarrollo, lo cual puede dar como resultado desórdenes permanentes o prolongados, a nivel neurológico y de comportamiento.

- El exponer a los niños al plomo puede afectar adversamente su sistema excretor, endocrino y hematológico.

No hay un umbral de exposición (indicado por los niveles de plomo en la sangre) para muchos de estos efectos³⁵.

Desde entonces, en Baltimore, Chicago, Filadelfia y Nueva York (Estados Unidos), así como en Japón y Australia, se han descrito casos de una intoxicación más o menos aguda, y, lo que es más o menos grave, un cuadro atribuible a una lesión cerebral mínima por el plomo, con concentraciones muy bajas de este metal en la sangre⁸.

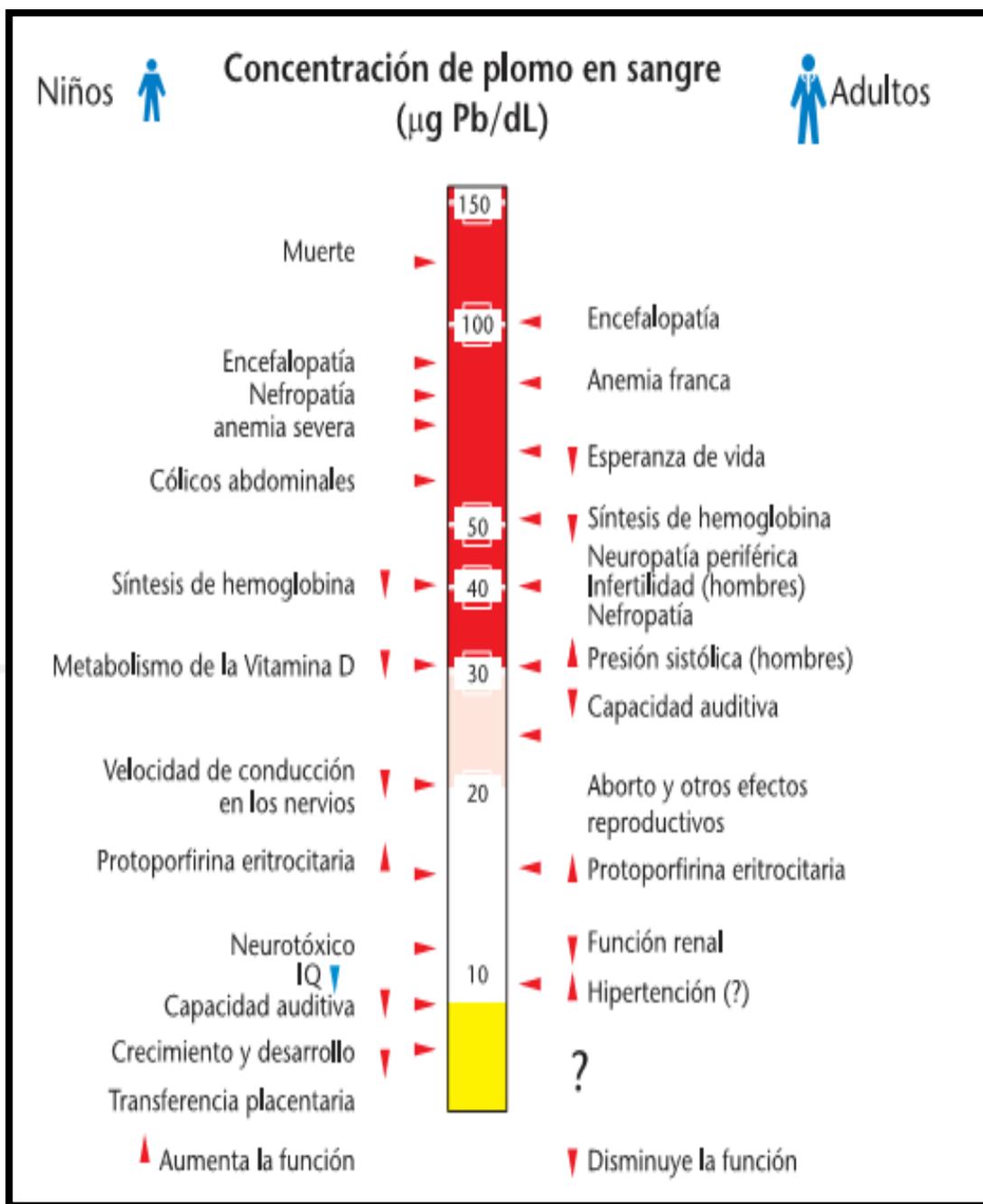
Las intoxicaciones subclínicas por plomo en la infancia constituyen una de las preocupaciones más importantes de las autoridades sanitarias norteamericanas.

2.4.2. Límites de exposición

Límite de exposición laboral

- Administración de Salud y Seguridad en el Trabajo (OSHA): el límite de exposición permisible en el aire es de $0,05 \text{ mg/m}^3$ como promedio durante un turno laboral de ocho horas.
- Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el Trabajo (NIOSH): es $0,05 \text{ mg/m}^3$ como promedio durante un turno laboral de diez horas. Se deben controlar las concentraciones en el aire para que el plomo en la sangre sea inferior a $0,06 \text{ mg}$ por 100 gramos de sangre total.
- Conferencia Norteamericana de Higiene Industrial (ACGIH): el valor límite umbral (TLV) es de $0,05 \text{ mg/m}^3$ como promedio durante un turno laboral de ocho horas¹⁰.

Figura N.º 05. Concentración de plomo en la sangre (µg/dL)



Fuente: Padilla A, Rodríguez N, Martínez A. *Plomo: Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica*. Madrid: Solana e Hijos Artes Gráficas; 1999¹⁵.

2.4.3. Toxicocinética

2.4.3.1. Absorción

El plomo puede penetrar en el organismo por tres vías: respiratoria, digestiva y cutánea.

➤ **Vía respiratoria**

Es la más importante en el medio laboral. Por ella se inhalan humos, vapores y polvos. Las partículas inhaladas suelen ser submicroscópicas, de ahí que penetren fácilmente hasta el alveolo y sean retenidas. Se calcula que el 50 % de las partículas inhaladas son retenidas y, de estas, se absorberá el 90 %⁸.

En caso de penetrar por vía respiratoria, se combina con proteínas o con el dióxido de carbono (CO₂) espirado, formándose carbonato plumboso (PbCO₃) soluble. Por vía respiratoria, la más importante en el medio laboral, se llega a absorber el 40 % del plomo. Parte de este plomo se fija en la saliva y se traga. Por todo lo cual la vía respiratoria está considerada como la más peligrosa¹¹.

El 50% del plomo depositado en los pulmones se encuentra en la sangre circulante tras aproximadamente 50 horas, pasando un porcentaje a tejidos o siendo eliminado. El grado de absorción de plomo por esta vía depende de la concentración ambiental en el puesto de trabajo, del tiempo de exposición, de la forma física (vapores, humos, tamaños de las partículas) y química del plomo inhalado, de factores personales (edad, tipo de ventilación), y de las condiciones de trabajo (temperatura, humedad, ventilación ambiental y nivel de esfuerzo físico)¹².

➤ **Vía digestiva**

Por esta vía se producen intoxicaciones agudas en caso de suicidios, contaminación de alimentos, etc. La ingesta de plomo tiene dos orígenes.

- a) La ingesta de alimentos contaminados de polución. Por comer o fumar con manos sucias, como resultado de mala higiene personal, o por el caso ya referido de pica en niños que chupan paredes u objetos pintados con colorantes plúmbicos.
- b) La deglución de plomo inhalado hace que quede retenido en el moco a nivel nasofaríngeo y bronquios⁸.

Con respecto a la absorción digestiva, mientras los adultos absorben el 10 %, los niños absorben hasta el 50 % del plomo ingerido. Por otra parte, los niños tienden a retener mayor concentración del plomo absorbido que los adultos, en porcentaje se puede cuantificar respectivamente un 30 % y un 50 %¹¹.

Las partículas de polvo de plomo son ingeridas directamente a través de las manos, alimentos, bebidas o cigarrillos contaminados en el ambiente de trabajo. Constituye la segunda vía de entrada en importancia de plomo en el organismo. Hay también un porcentaje de plomo que, después de haber sido inhalado, es posteriormente vertido al tubo digestivo por los mecanismos de aclaramiento pulmonar.

Del 5 al 10 % del plomo ingerido por esta vía pasa a la sangre, siendo el resto eliminado por las heces. Por otra parte, la absorción de plomo por esta vía es más elevada en la mujer que en el hombre; en cambio, en los niños es de 40 a 50 % del plomo ingerido.

No respetar las reglas de higiene en el lugar de trabajo (comer, beber o fumar), además de las deficiencias en la higiene personal o en las instalaciones sanitarias en la empresa, puede tener como consecuencia una entrada importante del tóxico por esta vía¹².

➤ **Vía cutánea**

Los derivados inorgánicos de plomo no se absorben por la piel íntegra. Los derivados orgánicos, que son muy liposolubles, pueden absorberse

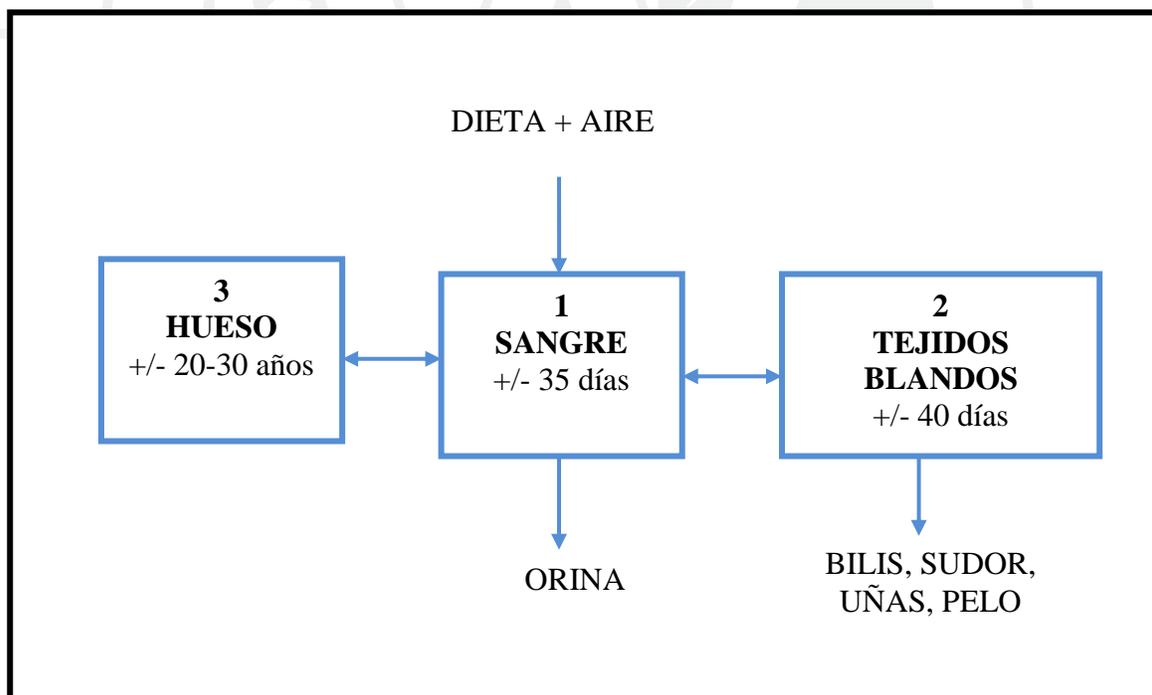
sobre todo en tetrametilo de plomo. El naftaleno presente en ciertas grasas y aceites industriales puede absorberse por esta vía⁸.

El plomo que atraviesa la piel pasa, a través de los folículos pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas, directamente al torrente circulatorio¹¹.

2.4.3.2. Distribución

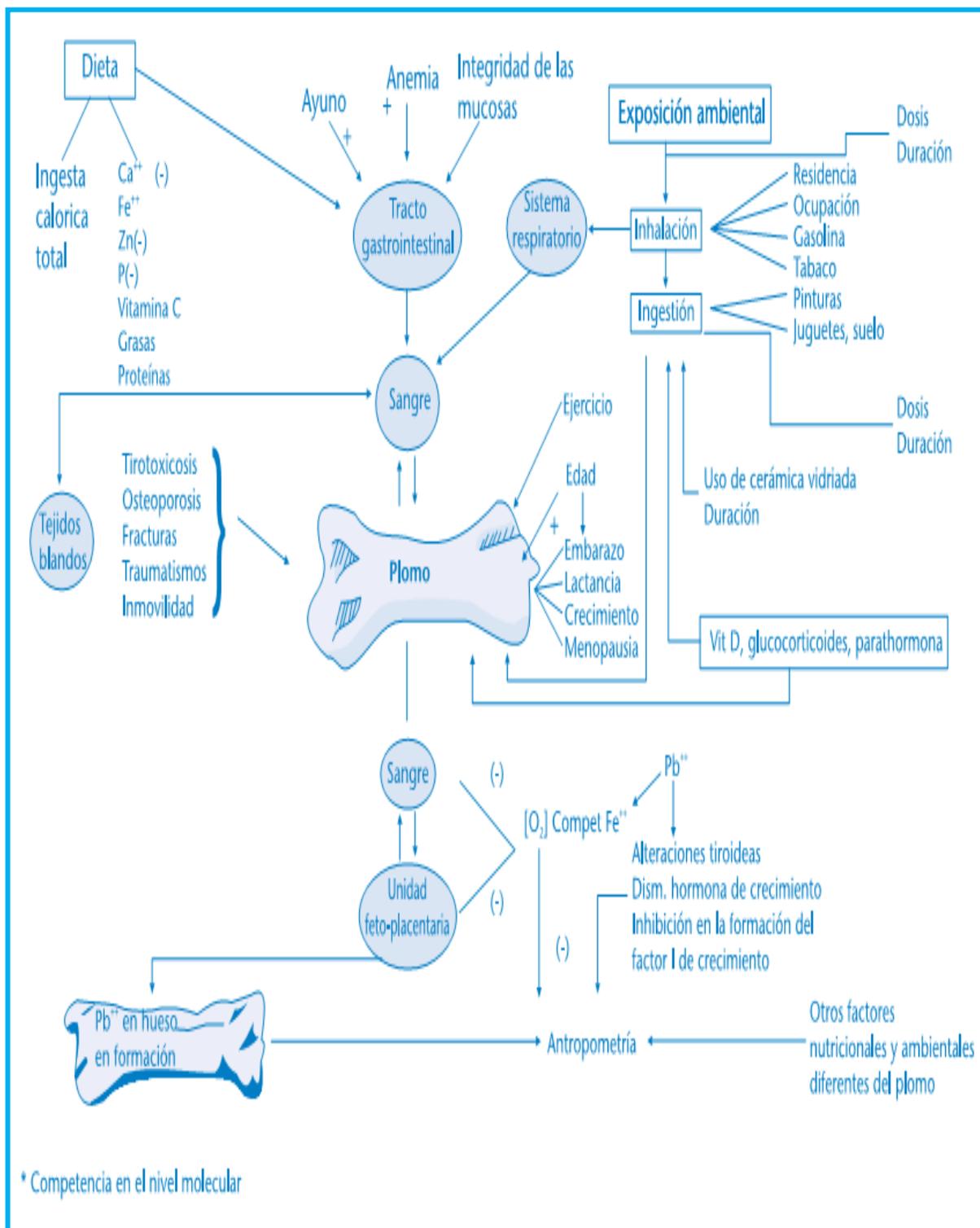
Una vez que el plomo pasa a la sangre, se establece un intercambio dinámico entre los diferentes tejidos a los que el plomo se dirige. Estudios científicos realizados sugieren que un modelo de tres compartimentos permite explicar la distribución del plomo en el organismo humano, como se observa en la tabla N.º 08¹³.

Tabla N.º 08. Modelo de los tres compartimentos en el organismo humano. Puede verse la vida media del plomo en cada uno de ellos:



Fuente: Padilla A, Rodríguez N, Martínez A. *Plomo: Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica*. Madrid: Solana e Hijos Artes Gráficas; 1999¹⁵.

Figura N.º 06. Modelo biológico del plomo en el hueso



Fuentes: Valdivia M. *Intoxicación por plomo*. Revista "La Sociedad Peruana de Medicina Interna" 18(1) 2005¹¹.

2.4.3.3. Excreción

Se excreta fundamentalmente por orina (80 %), por filtración glomerular y secreción tubular, y de forma secundaria por heces, saliva, sudor y flaneras. Se excreta también por la bilis. Se deposita en pelo y uñas⁸.

En la saliva se puede formar un depósito de sulfuro de plomo en el borde marginal de las encías, que se conoce como ribete de Burton⁸.

En el caso de baja exposición al plomo, existe un equilibrio entre el aporte del tóxico y la eliminación. Pero, pasado cierto nivel, comienza a acumularse. Este nivel depende no solo del grado de exposición, sino también de la edad y de la integridad de órganos como el hígado y el riñón.

La semivida del plomo circulante es de unos 25 días; la del plomo en los tejidos blandos, de unos 40 días. La de plomo depositado en los huesos puede ser utilizado para describir, en el tiempo, el contenido corporal del mismo¹¹.

2.4.4. Toxicodinamia

En forma general, el mecanismo tóxico del plomo está dado por las formas de acción siguientes:

1. Tiene gran afinidad por los grupos sulfhídricos, compitiendo en especial por las enzimas dependientes del zinc, e interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas.
2. Al reemplazar al calcio, altera su distribución en los compartimentos celulares, se une a la calmodulina, proteína reguladora de la contracción muscular (obtención de la energía), regula la liberación de hormonas y el control de la forma celular.
3. Afecta la síntesis del grupo Hem.

4. Inhibe la bomba Na-K-ATPasa, aumentando la concentración del calcio intracelular, afectando la neurotransmisión, explicando en parte la hipertensión y su neurotoxicidad.
5. A nivel renal, interfiere con la conversión de la vitamina D (produciendo tubulopatía con proteinuria selectiva)²⁹.
6. El plomo tiene una acción constrictora sobre la fibra muscular lisa. También puede provocar lesiones encefálicas difusas, efectos desmielinizantes sobre el SNP, afectación glomérulo-tubular renal, hepatopatía, disminución de la espermatogénesis y trastornos menstruales¹⁶.

Numerosos experimentos han sustentado que el plomo y el calcio compiten por ingresar a los canales de calcio, con la diferencia de que el canal no se inactiva inmediatamente después del ingreso del plomo, hecho que sí ocurre cuando ingresa el calcio¹⁵.

El diagnóstico es difícil porque la sintomatología es multisistémica: astenia, dolor abdominal, irritabilidad, náusea, vómitos, pérdida de peso, cefalea, anemia, neuropatía periférica, ribete de Burton, entre otros¹³.

El plomo es un metal perjudicial para la salud de las personas, porque produce los siguientes efectos:

- **Neurológico:** disminución del coeficiente intelectual, irritabilidad, somnolencia, insomnio, temblores, convulsiones persistentes, ataxia, parálisis de los pares craneales, debilidad muscular aguda, confusión, alucinaciones, hipertensión endocraneana con riesgo de herniación cerebral, llegando al coma y a la muerte.

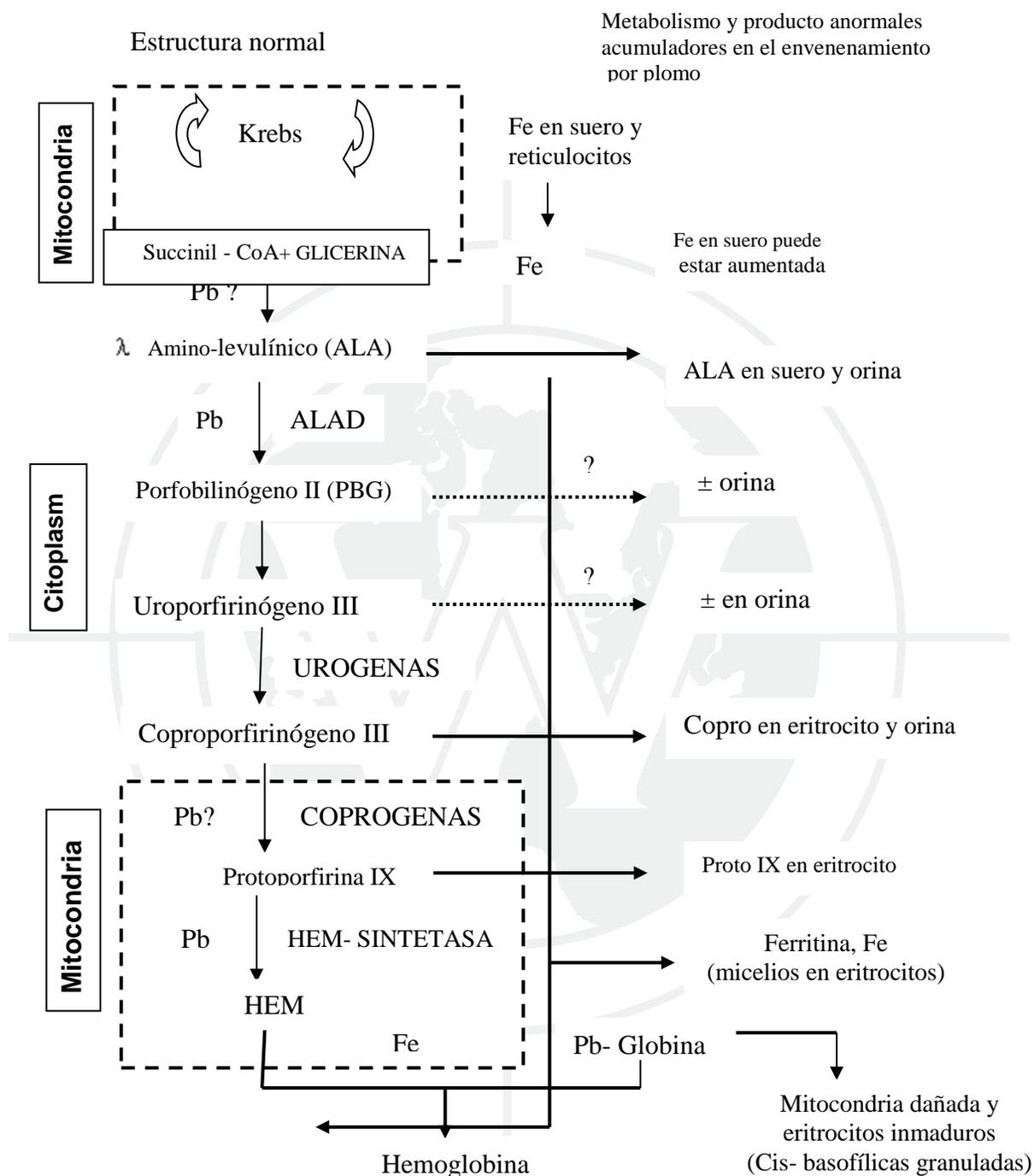
Asimismo, las lesiones del sistema nervioso periférico, en su mayoría matrices, se observan principalmente en los adultos. Se ha descrito neuropatía periférica y una disminución en la velocidad de conducción nerviosa en trabajadores del plomo asintomáticos. La neuropatía por plomo se considera una enfermedad de las neuronas matrices de la médula espinal, con degeneración de las terminales axónicas, que avanza hacia

el cuerpo neuronal. La parálisis evidente, con caída de la muñeca, solo se manifiesta como un signo tardío de la intoxicación por plomo⁶.

➤ **Hematológico:** anemia hemolítica.

El plomo inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina, al interferir con varios pasos enzimáticos en la vía metabólica del grupo Hem. La ferroquelatasa, que cataliza la inserción del hierro en la protoporfirina IX, es bastante sensible al plomo (ver figura N.º 07). La disminución en la actividad de esta enzima produce un aumento en la concentración del sustrato, la protoporfirina eritrocítica (FEP). Datos recientes indican que el nivel de FEP utilizado en el pasado para detectar la toxicidad por plomo no es un índice suficientemente sensible para los niveles de plomo más bajos y, por tanto, no es útil como una prueba diagnóstica de la intoxicación por plomo, como se creía anteriormente⁶.

Figura N.º 07. Síntesis del Hem y sus alteraciones debidas al plomo



Fuente: Gisbert J. *Medicina legal y toxicología*, 5.^a ed. Masson S. A. Barcelona; 2011⁸.

- **Endocrino:** el plomo impide la conversión de la vitamina D en su forma hormonal, la 1,25-dihidroxitamina D, responsable del mantenimiento de la homeostasis del calcio extracelular e intracelular.

Dado que, en el sistema endocrino, la vitamina D es responsable en gran parte del mantenimiento de la homeostasis de calcio intracelular y extracelular, es probable que el plomo impida el crecimiento y la maduración celular y el desarrollo de huesos y dientes.

Una reducción de la 1,25-dihidroxitamina D puede dificultar el crecimiento celular, la maduración y el desarrollo de huesos y dientes.

En general, estos efectos adversos parecen estar restringidos a niños con niveles de plomo en la sangre crónicamente altos (más destacados en niños con niveles de plomo en la sangre $>62 \mu\text{g/dL}$) y con deficiencia nutricional crónica, especialmente referida a calcio, fósforo y vitamina D.

- **Efectos gastrointestinales:** en casos severos de envenenamiento por plomo, niños y adultos pueden presentar dolores abdominales severos que pueden confundirse con un abdomen agudo o con una apendicitis.

Renales: neuropatía, hiperuricemia, que puede desarrollarse en gota. Un efecto directo de la exposición prolongada al plomo es la nefropatía. La alteración de la función de los túbulos proximales se manifiesta como aminoaciduria, glicosuria e hiperfosfaturia (un síndrome parecido al de Fanconi). También existen pruebas de una asociación entre la exposición al plomo y la hipertensión, un efecto que puede estar mediado por mecanismos renales. Puede desarrollarse gota como resultado de la hiperuricemia inducida por el plomo, y una disminución selectiva de la excreción fraccional de ácido úrico previa a una disminución del aclaramiento de creatinina. La insuficiencia renal es responsable del 10 % de las muertes de pacientes con gota².

- **Fertilidad:** abortos y abortos sutiles o leves, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma y en la capacidad de mantener una erección.

Los efectos del plomo sobre el aparato reproductor masculino en humanos no están bien caracterizados. Los datos disponibles indican que podrían existir efectos testiculares, como la reducción del recuento y la motilidad espermática, como consecuencia de una exposición crónica al plomo⁶.

- **ARN y ADN:** alteraciones en el ARN y, en casos terminales o avanzados, en el ADN.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado al plomo inorgánico y a los compuestos de plomo inorgánico en el Grupo 2B, como posibles cancerígenos para el hombre. Los informes de casos indican que el plomo es un posible cancerígeno para el hombre, pero la asociación aún no está claramente definida. Se ha descrito que las sales solubles, como el acetato y el fosfato de plomo, producen tumores renales en ratas⁶.

2.4.5. Toxicidad

Intoxicación por plomo orgánico

La absorción de una cantidad suficiente de tetraetilo de plomo, ya sea por una exposición intensa durante un tiempo corto o menor durante períodos prolongados, produce una intoxicación aguda del SNC. Las manifestaciones más leves son insomnio y excitación nerviosa, que se manifiestan como sueños muy vívidos y estados de ansiedad similares al despertar de un sueño, asociados con temblores, reflejos acusados, contracciones musculares espasmódicas, bradicardia, hipotensión vascular e hipotermia. Las respuestas más graves incluyen episodios recurrentes (en ocasiones casi continuos) de desorientación completa con alucinaciones, contorsiones faciales y actividad muscular somática general intensa con resistencia a la restricción física.

Estos episodios pueden transformarse abruptamente en crisis maníacas, convulsiones violentas con posible final en coma o en la muerte. La enfermedad

puede persistir durante días o semanas, con intervalos de tranquilidad que dan paso abruptamente a una hiperactividad ante cualquier tipo de estímulo⁶.

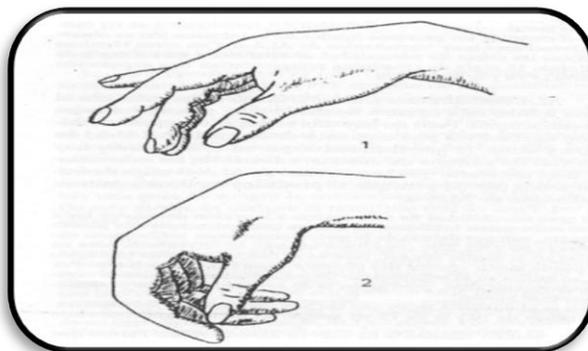
Tabla N.º 09. Clínica de la intoxicación por plomo

SISTEMA	TOXICIDAD
Sistema nervioso central	Fatiga, malestar. Irritabilidad, ánimo deprimido. Disminución de libido. Alteración de la función neurosicoléptica. Cefalea. Encefalopatía (delirio, ataxia, convulsión, estupor, coma).
Sistema nervioso periférico	Debilidad motora.
Sistema gastrointestinal	Anorexia. Náuseas. Constipación. Pérdida de peso. Dolor abdominal.
Sangre (Hem)	Ribete de Burton. Anemia (hipocrómica, microcítica o normocítica). Punteado basófilo.
Sistema renal	Insuficiencia renal crónica. Nefritis intersticial. Proteinuria leve.
Sistema reumatológico	Mialgia, artralgias. Gota.
Sistema cardiovascular	Hipertensión.
Sistema reproductivo	Oligosperma.

Fuente: Valdivia M. *Intoxicación por plomo*. Revista “La Sociedad Peruana de Medicina Interna” 18(1) 2005¹¹.



Figura N.º 08. Parálisis pseudorradial, saturnismo



Fuente: Gisbert J. *Medicina legal y toxicología*. 5.ª ed. Masson S.A. Barcelona; 2011⁸.

Figura N.º 09. Polineuropatía plúmbica



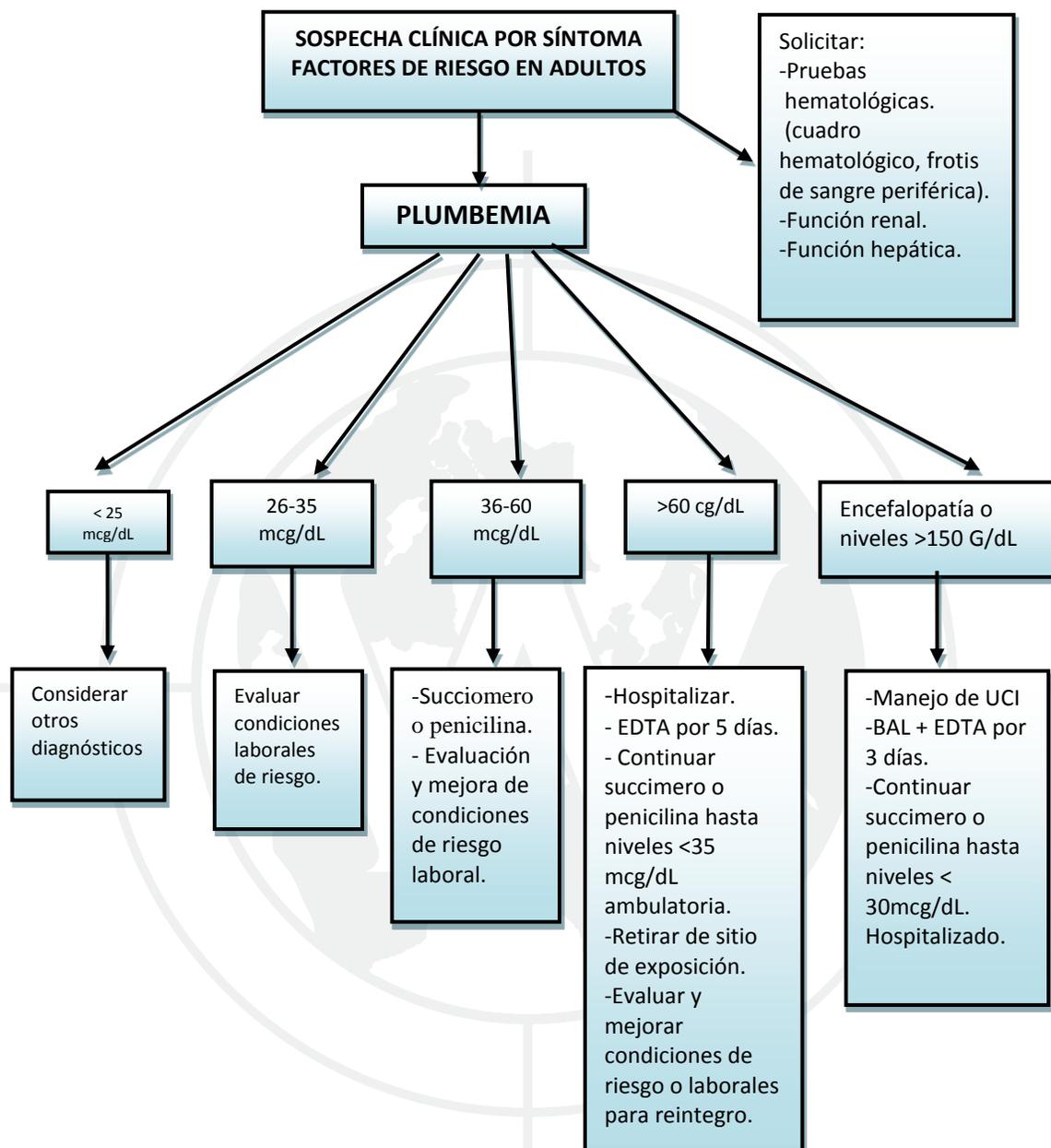
Fuente: Valdivia M. *Intoxicación por plomo*. "La Sociedad Peruana de Medicina Interna" 18(1) 2005¹¹.

Figura N.º 10. Ribete de Burton



Fuente: Valdivia M., *Intoxicación por plomo*. "La Sociedad Peruana de Medicina Interna" 18(1) 2005¹¹.

Figura N.º 11. Algoritmo de diagnóstico para el plomo



Fuente: Gutiérrez MJ. *Urgencias toxicológicas: plomo*. Coordinadora del Centro de Información y Asesoría Toxicológica (Ciatox), cap. 7. Colombia; 2005³².

2.5. Cromo

Este mineral fue descubierto por Vaquelin, en 1797, quien le dio el nombre de cromo porque, al tratarlo con el carbón a temperaturas elevadas, daba lugar a un producto intensamente coloreado. Como tal, el metal carece de toxicidad, pero los productos de oxidación (ácido crómico y sus sales, cromatos y dicromatos) son altamente tóxicos por su acción cáustica⁸.

El cromo (Cr) es un elemento de aspecto metálico que, por el pulimiento, adquiere brillo argentino. Tiene un peso atómico de 52,01, densidad de 7,20 g/cm³, punto de fusión de 1,890 °C y de ebullición de 2,482 °C. Es inalterable a la acción del aire y, por lo tanto, no se corroe. Tiene resistencia al ataque del ácido nítrico y del agua regia. Si contiene un poco de carbono, es tan duro que raya todos los cuerpos, menos el diamante. Funciona químicamente con diversas valencias: divalente, trivalente y hexavalente. Estas dos últimas tienen importancia biológica⁸.

2.5.1. Fuentes de intoxicación por cromo

1. La principal aplicación es la de formar aleaciones (acero al cromo y acero de cromo-níquel). También se utiliza para cubrir metales menos resistentes a las acciones químicas. Se usa en resistencias eléctricas.
2. Cromado en baño galvánico, lo que provoca la inhalación y el contacto cutáneo mucoso con polvos, vapores y nieblas. Las piezas se introducen en una solución de ácido crómico, a la cual se le adiciona ácido sulfúrico.
3. El dicromato de potasio se emplea ampliamente en la fabricación de pigmentos minerales, curtidos de piel y cuero, tintura de fibra textil y litografías (coloide dicromato fotosensible)⁸.

Los principales usos son el dicromato de sodio para la fabricación de pigmentos de cromo y las sales de cromo para curtido de cuero, coloración de mordientes y conservadores de madera y como un anticorrosivo en sistemas de cocina y calderas⁹.

4. La industria química aprovecha el gran poder de oxidación de los cromatos en solución ácida para la producción de antraceno, antraquinona, ácido nicotínico y trinitroflurano.
5. El óxido de cromo se emplea como refractaria en el recubrimiento de hornos.
6. Los cementos de la construcción contienen cromo hexavalente en una proporción de 0,000008 y 0,002 %, expresado como dicromato de potasio⁸.

2.5.2. Límites de exposición

Los reglamentos y recomendaciones pueden ser expresados como niveles que no deben excederse en el aire, agua, suelo o alimentos y se basan generalmente en niveles que afectan a los animales. Estos niveles luego se ajustan para la protección de seres humanos¹⁹.

Los siguientes son algunos reglamentos y recomendaciones para el cromo:

- La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ha determinado que la exposición a concentraciones de 1 mg/L de cromo en agua potable durante un período de diez días no causa efectos adversos en un niño. Efectos perjudiciales a la salud: 1,4 mg/L para exposición de niños durante diez días, 24 mg/L para exposición más prolongada en niños, 84 mg/L para exposiciones a largo plazo en adultos y 12 mg/L para exposición de por vida en adultos.
- La Administración de Droga y Alimentos (FDA) ha determinado que la concentración de cromo en agua y en botellas no debe exceder 1 mg/L.
- La Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) limita la exposición en el trabajo en un promedio de 0,0005 mg/m³ de cromo VI, 0,5 mg/ m³ de Cromo III y 1,0 mg/L de cromo metálico durante la jornada diaria de ocho horas, cuarenta horas a la semana²⁰.

2.5.3. Toxicocinética

2.5.3.1. Absorción

En general, la absorción del cromo III es mucho más baja que la del cromo VI. Agente desnaturizante de proteínas y precipitantes de los ácidos nucleicos, catalizadores la fosfoglucomutasa en el sistema succinil-citocromo C reductasa. Forma parte de la molécula del factor de tolerancia a la glucosa. Tiene, asimismo, acción cancerígena sobre el pulmón y el aparato digestivo⁸. Por la respuesta a su toxicidad, deben señalarse dos acciones, ambas de gran importancia en la patología laboral, la casuística local cutánea:

- **Vía dérmica:** poca absorción. Sin embargo, hay que resaltar que es la principal vía en la exposición laboral a compuestos de cromo, y da uno de los cuadros patológicos más importantes que produce el cromo: la dermatitis de contacto. Los aumentos de pH incrementan la absorción de cromo; a su vez, los compuestos de cromo VI penetran en la piel más rápidamente que los compuestos de cromo III, el cual se une más fuertemente a proteínas plasmáticas¹⁹.
- **Vía oral:** es importante esta vía en el caso de ingestión accidental de cromo en seres humanos. “La absorción se da a través del tracto gastrointestinal, siendo el cromo hexavalente el que se absorbe más fácilmente que el cromo trivalente. Los compuestos de cromo hexavalente se transforman en el medio ácido del estómago en las formas trivalentes. Pero esta absorción no alcanza a más del 6 % de lo ingerido”¹⁹.

La absorción del cromo por vía digestiva ocurre cuando se absorbe menos de 1 % de cromo III y alrededor de 10 % de cromo VI. La forma química, solubilidad en agua del compuesto y el tiempo de permanencia en el tracto gastrointestinal modifican la velocidad de absorción²⁰.

- **Vía inhalatoria:** se absorbe un 50 % de los compuestos hexavalentes, que son los más absorbidos, ya sea como polvos o nieblas, ya que su solubilidad es alta¹⁹.

El cromo puede absorberse por vía respiratoria cuando se inhala aire que contiene este metal. En el caso del cromo metálico, sus partículas pueden depositarse en los pulmones. Esto ocurre en las partes superiores del aparato respiratorio. Lo común es que las partículas se expulsan con la tos y sean tragadas. Si, en cambio, las partículas penetran al fondo de los pulmones, pueden permanecer ahí el tiempo para ser absorbidas y pasar a la sangre. No se ha calculado qué porcentaje de cromo inhalado se absorbe a través de los pulmones, pero los datos de experimentos con animales indican que la solubilidad es igual²⁰.

2.5.3.2. Distribución

La pequeña fracción de cromo que se absorbe en el intestino pasa a la sangre, de donde se distribuye a los diferentes órganos. Una vez que ha sido absorbido, el cromo III no traspasa fácilmente las membranas celulares, sino que se une a la transferrina, una proteína del plasma que transporta hierro.

En contraste, después de la absorción, el cromo VI pasa rápidamente a los eritrocitos, en donde se convierte en cromo III. Independientemente de sus orígenes, esto es, si se absorbe como tal o es producto de la reducción del cromo VI, el cromo III está ampliamente distribuido en el organismo y representa la mayor parte del cromo en el plasma y los tejidos³⁰.

2.5.3.3. Excreción

El cromo absorbido se distribuye en dos compartimentos, uno de eliminación rápida (vida media de siete horas) y otro de eliminación lenta (vida media de varios días). El cromo trivalente es transportado comúnmente a todo

el organismo y genera depósitos que pueden durar desde doce horas hasta 83 días. Presenta gran afinidad con las proteínas plasmáticas, especialmente la transferrina¹⁹.

2.5.3.4. Biotransformación

Después de ingresar en el organismo de las fuentes exógenas, el cromo III no atraviesa las membranas celulares, pero se une directamente a la transferrina, una proteína transportadora de hierro en el plasma. En contraste, el cromo VI es rápidamente tomado por los eritrocitos después de la absorción y reducido a Cromo III dentro de la célula. Sin tener en cuenta la fuente, el cromo III es extensamente distribuido en el cuerpo. La mayor absorción de cromo III como complejo proteína-cromo es en la médula ósea, pulmones, ganglios linfáticos, bazo, riñón e hígado¹⁹.

2.5.3.5. Eliminación

La excreción de cromo ocurre principalmente a través de la orina y no hay una retención importante en los órganos. En los seres humanos, el riñón excreta aproximadamente el 60 % del cromo VI que se ha absorbido durante las ocho horas siguientes a la absorción, en forma de cromo III.

Alrededor del 10 % de la dosis de cromo absorbido se elimina mediante excreción biliar, y cantidades menores se eliminan con el cabello, las uñas, la leche y el sudor. En cuanto al cromo que fue ingerido con el agua y los alimentos, la mayor parte nunca se absorbió y se elimina con las heces después de unos días²⁰.

2.5.4. Toxicodinamia

La acción tóxica del cromo se produce por los siguientes mecanismos:

- Acción cáustica directa.

- Interferencia con el metabolismo.
- Duplicación de los ácidos nucleicos.

El cromo VI es altamente tóxico. Su interacción biológica con biomoléculas está asociada con la reducción a cromo III y a cromo II. Esta reducción del cromo VI es muy importante en su toxicidad, como se explicó anteriormente¹⁹.

2.5.5. Toxicidad

La toxicidad sistémica por compuestos de cromo ocurre principalmente por exposiciones accidentales, intentos suicidas y usos terapéuticos previos. El principal efecto de la ingesta de grandes cantidades de cromo es el daño de los túbulos y los glomérulos renales. La prueba de daño renal por exposición crónica es dudosa. Estudios en animales acerca de la exposición a cromo VI no han demostrado prueba de toxicidad.

El cromo hexavalente es corrosivo y causa ulceración y perforación crónica del tabique nasal. La ulceración crónica en otras superficies cutáneas es independiente de reacciones de hipersensibilidad en la piel. Las reacciones cutáneas de origen alérgico por cromo sobreviven fácilmente con la exposición, son independientes a la dosis.

Los efectos peligrosos conocidos del cromo en seres humanos se han atribuido a la forma hexavalente, que sufre una reacción hacia cromo trivalente que forma complejos con macromoléculas intercelulares¹⁹.

2.5.5.1. Manifestaciones clínicas

a) Intoxicación aguda

Sus efectos se pueden apreciar rápidamente, ya que puede dar lugar a un shock cardiovascular inmediato y a efectos posteriores sobre riñón, hígado, sistema nervioso y órganos hematopoyéticos²¹.

- A nivel gastrointestinal, las sales de cromo producen vómito, diarrea, dolor abdominal, hemorragia de tracto digestivo y lesión hepática que puede progresar a falla hepática.

La ingestión de importantes cantidades de ácido crómico y sales de cromo da lugar a gastroenteritis aguda, con necrosis del tubo digestivo (sobre boca y yeyuno) y hepática⁸.

- A nivel renal, puede causar insuficiencia renal aguda, necrosis tubular y uremia, que puede ocasionar la muerte⁸.

- A nivel respiratorio, la inhalación de polvos, humos y vapores puede producir broncoconstricción aguda, probablemente por un mecanismo de irritación directa. La presencia de asma alérgica es rara²².

- A nivel de piel y mucosas, el cromo trivalente produce dermatitis irritativa, la cual se presenta mientras persiste la exposición¹⁹.

Asimismo, las extensas quemaduras cutáneas pueden producir efectos sistémicos generales. Así, quemaduras que se extienden por una elevada proporción de la superficie corporal han sido origen de daño hepático, insuficiencia renal aguda y anemia normocromática, y en algunos casos han sido causa de muerte⁸.

- Los compuestos solubles de cromo hexavalente penetran por la piel y las mucosas en forma más efectiva que la forma trivalente. Esta acción irritante incluye eritema, edema faríngeo, irritación de la mucosa conjuntival, ulceración de la mucosa nasal y una perforación del tabique en su parte posterior. Otra lesión típica es la conocida como úlcera crómica, que es considerada como la lesión más frecuente por toxicidad aguda. Esta, por lo general, se inicia con una pápula que progresa hasta formar una úlcera poco dolorosa, de bordes levantados y centro costroso que, generalmente, penetra a tejidos profundos, comprometiendo el cartílago pero respetando el hueso²².

- A nivel de piel y mucosas, puede causar hipotensión severa y shock hipovolémico por pérdida de líquidos, debido a las lesiones del tracto gastrointestinal²².

- En el sistema nervioso central causa vértigo, convulsiones, alteración del estado de conciencia, y muerte²².

b) Intoxicación crónica

- **Dermatitis:** la exposición crónica puede producir síntomas cutáneos, irritación de mucosas²².
- **Úlceras cutáneas:** se producen cuando el cromo se deposita en solución de continuidad de la piel. Son de forma circular, borde duro y centro profundo, en algunas ocasiones están recubiertas por una costra dura, son indoloras y persisten indefinidamente si no se tratan de forma adecuada. Las úlceras pueden localizarse también sobre mucosas nasales de la punción mucocartilaginosa del tabique. Son indoloras y no producen trastornos funcionales aun cuando perforan el tabique, lo que ocurre con frecuencia⁸.
- **Dermatitis por sensibilización al cromo hexavalente:** son las más frecuentes de las dermatitis profesionales. El cromo penetra por la piel por el canal de las glándulas sudoríparas y en la dermis sufre una transformación a cromo trivalente, que forma con las proteínas un complejo antígeno responsable de la sensibilización. Ello explica que las lesiones se localicen alrededor de las glándulas sudoríparas y sean suficientes ínfimas cantidades de cromo para producir la sensibilización, así como la cronicidad y rebeldía al tratamiento⁸.

Los compuestos trivalentes no son carcinogénicos, ya que no son ávidos por el interior de la célula, mientras que los compuestos hexavalentes penetran al interior de la célula, donde ejercen su acción genotóxica. Estudios realizados en trabajadores de las industrias del galvanizado con acero inoxidable demuestran la asociación entre exposición a vapores del cromo y el cáncer de pulmón. El tiempo de latencia para cáncer pulmonar es de 10 a 20 años, aproximadamente^{8,9}.

Figura N.º 12. Dermatitis de contacto por cromo



Fuente: Negro J. *Cromo y níquel*. Servicio de Alergología. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia; 2005³¹.

2.6. Cadmio

El cadmio (Cd) es un metal blando, dúctil y maleable; de peso específico, 112,40; de densidad, 8,75; de punto de fusión, 321 °C; y de punto de ebullición, 778 °C. Constituye un subproducto de la industria del zinc, ya que en la naturaleza se encuentran estrechamente ligados y se obtiene para fines industriales en el curso de refinado del zinc. En los últimos 20 años ha aumentado notablemente el consumo industrial del cadmio en forma de óxido, sulfuro, cloruro, bromuro o sulfato, según la aplicación.

Las intoxicaciones industriales por cadmio son resultado de la exposición excesiva a los polvos y los humos que se desprenden en la producción del metal y sus sales, o en una serie de aplicaciones industriales⁸.

En la actualidad, se le considera como uno de los elementos más tóxicos. Tiene una vida media larga y se acumula en los seres vivos permanentemente, por lo que ha ocasionado intoxicaciones masivas de seres humanos²³.

Es uno de los mayores agentes tóxicos asociados a la contaminación ambiental e industrial, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico:

1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
2. Bioacumulación.
3. Persistencia en el medio ambiente.
4. Contaminación a grandes distancias, pues viaja con el viento y en los cursos de agua¹.

2.6.1 Fuentes de intoxicación por cadmio

La ingesta total diaria a partir de alimentos, agua y aire en la parte no latina de América y Europa varía mucho, pero se estima que es de alrededor de 10 µg a 40 µg al día.

Las principales fuentes de contaminación son las siguientes:

1. La industria del zinc y la extracción del cadmio a partir de sus residuos.

2. Cadmiado de metales (hierro, acero y cobre); esta operación tiene fines análogos al cromado y se utiliza bien por sumersión en sus sales, bien por un procedimiento electrolítico.
3. Aleación del cadmio con el acero (fabricación de rodamientos a bolas) y con el cobre (fabricación de cables eléctricos), con lo que se aumenta la ductilidad, maleabilidad y resistencia al desgaste de estos metales. Otra aleación de cadmio con plomo, zinc y bismuto, llamada aleación de Wood, funde a 71 °C, por lo que se utiliza para la fabricación de fusibles y cortocircuitos eléctricos y térmicos de seguridad.
4. El cadmio forma amalgamas con el mercurio, que se endurecen espontáneamente y se pueden plastificar por el calor o añadiéndoles zinc o bismuto.
5. Sustituye al estaño en las aleaciones para soldadura, en forma de barras de manganeso-cadmio. De hecho, el mayor riesgo de los obreros que trabajan en soldadura deriva de la acción tóxica del cadmio.
6. Modernamente, el cadmio metal y el nitrato de cadmio se emplean en la industria atómica para moderar la velocidad de fusión de las sustancias radiactivas en los reactores nucleares; actúa aceptando el exceso de neutrones.
7. Fabricación de colorantes: del sulfuro de cadmio se obtienen amarillos y anaranjados; y del sulfoseleniuro, rojos. La aplicación de estos colorantes es muy extensa: pigmentos, pinturas, colorantes de plásticos, caucho, tinta de imprenta, papeles pintados, cuero, vidrio y esmaltes. Se utilizan pigmentos de color para pinturas y plásticos¹⁸.
8. Una mezcla de sulfuro de cadmio y de zinc, fluorescente, se utiliza como trazador atmosférico.
9. Los cristales de sulfuro de cadmio, crecidos en fase de vapor, se emplean en la construcción de células fotovoltaicas para la obtención de energía eléctrica (placas solares)¹¹.

2.6.2. Límites de exposición

Límite de exposición laboral:

- Administración de Salud y Seguridad en el Trabajo (OSHA): el límite de exposición permisible en el aire es de $0,005 \text{ mg/m}^3$ como promedio durante un turno laboral de ocho horas.
- Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el Trabajo (NIOSH): se recomienda limitar la exposición a carcinógenos ocupacionales a la mínima concentración posible.
- Conferencia Norteamericana de Higiene Industrial (ACGIH): el valor límite umbral (TLV) es de $0,01 \text{ mg/m}^3$ (como partículas totales) y de $0,002 \text{ mg/m}^3$ (como la fracción respirable), como promedio durante un turno laboral de ocho horas²⁴.

Tabla N.º 10. Recomendación del Gobierno Federal para proteger la salud pública

	Límites de exposición
Agua potable	La EPA ha establecido que la exposición a concentraciones de cadmio de $0,04 \text{ mg/L}$ en el agua potable durante 1 o 10 días no causará efectos adversos en un niño. La EPA ha establecido que la exposición de por vida a concentraciones de cadmio de $0,005 \text{ mg/L}$ no causará efectos adversos.
Productos de consumo	La FDA ha determinado que los niveles de cadmio en el agua en botella no deben exceder $0,005 \text{ mg/L}$.
El aire del trabajo	La OSHA ha establecido un límite legal de $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de cadmio como promedio durante una jornada diaria de ocho horas.

Fuente: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades: cadmio. Agosto de 2007. EE. UU.²⁴.

2.6.3. Toxicocinética

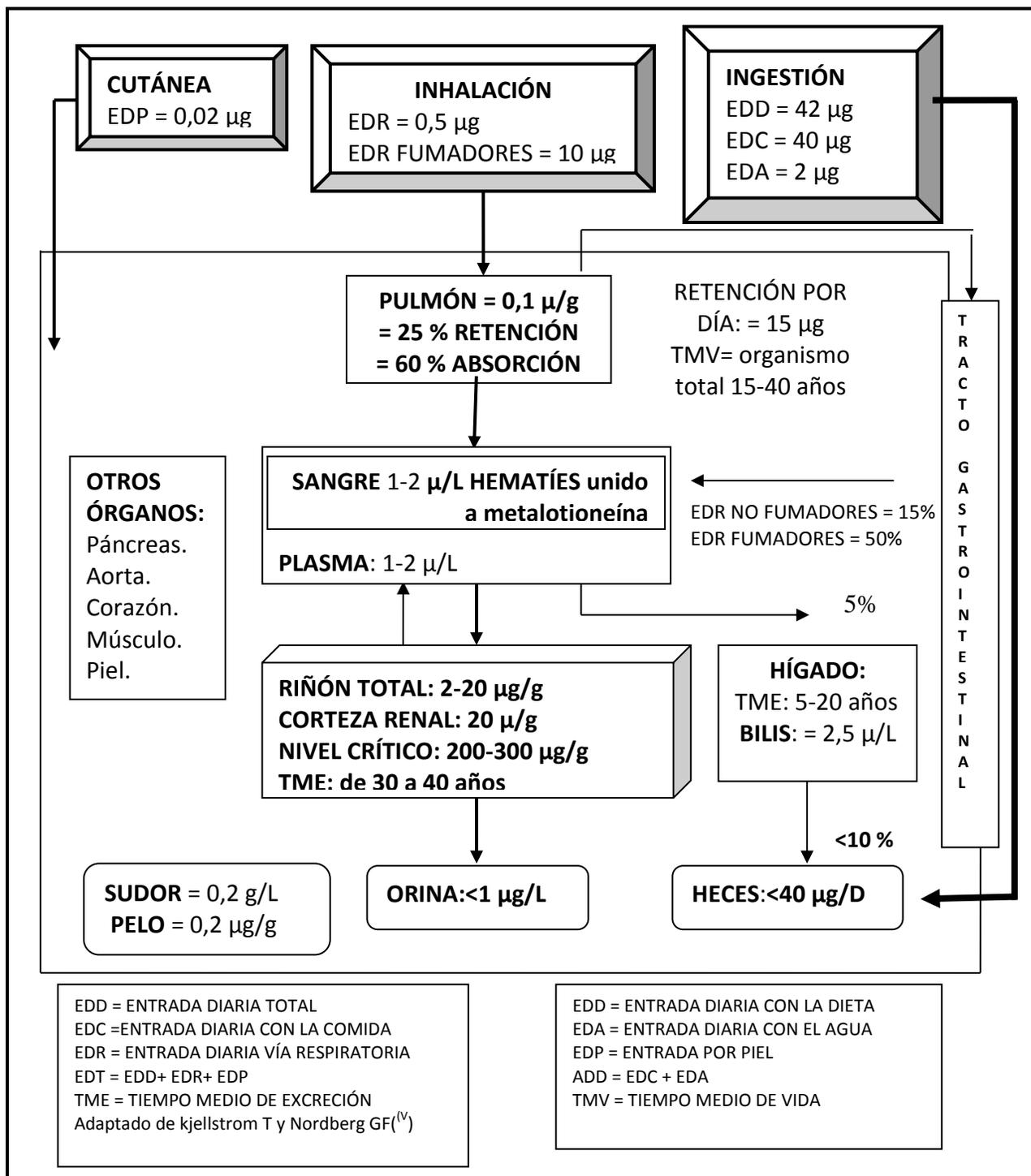
La absorción gastrointestinal es menor que la respiratoria, La absorción aumenta por la deficiencia de calcio y hierro en la dieta, y por dietas bajas en proteínas. El calcio bajo en dietas estimula la síntesis de proteínas de unión en calcio, lo que aumenta la absorción este. El zinc disminuye la absorción de este último, quizás al estimular la absorción de metaltioneína.

En cadmio se transporta en la sangre por medio de la unión eritrocito-proteínas de alto peso molecular en el plasma, en particular la albúmina. Una pequeña fracción de sangre lo puede transportar por medio de la metaltioneína. La placenta sintetiza y este pueden servir como una barrera para el cadmio materno, pero e feto logra quedar expuesto con la exposición materna aumentada. La leche materna y la leche de vaca tienen bajo contenido de cadmio, con menos de 1 ug/kg de leche.

Alrededor del 50 y el 75 % de carga corporal de cadmio se encuentra en el hígado y en el riñón. No se conoce con exactitud la vida media en el organismo, pero puede ser de hasta 30 años con la retención continua y la acumulación progresiva en los tejidos blancos, particularmente en los riñones de 50 a 60 años de edad, cuando la carga de cadmio en dicho tejido empieza a declinar lentamente^{8,25}.

- Absorción: vía inhaladora.
- Distribución: unión metaltioneína.
- Lugar de acción: pulmones, huesos, riñones.
- Excreción: orina.
- Tiempo de vida media: de 10 a 20 años.

Figura N.º 13. Toxicocinética del cadmio



Fuente: Ramírez Augusto. *Toxicología del cadmio. Concepto actual para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicador biológico*. Facultad de Medicina UNMSM; 2002²⁶.

2.6.4. Toxicodinamia

El cadmio es un xenobiótico y, por tanto, un metal tóxico y no esencial para el organismo, que se acumula en los tejidos humanos. Los órganos blancos son riñón y pulmón. En exposición laboral o ambiental, sus principales efectos tóxicos son neumonitis química, disfunción renal con proteinuria y microproteinuria, y enfisema. El riñón es más sensible al cadmio que el pulmón y el hígado, y el epitelio del túbulo renal proximal es el punto blanco. Su deterioro se pone de manifiesto por el incremento de proteínas de peso molecular bajo, lo que causa proteinuria de peso molecular bajo. Concomitantemente, hay alteración de la filtración glomerular por cambios en la restricción electrostática para la filtración de las proteínas polianiónicas, lo que disminuye su reabsorción y conduce a incrementar la excreción urinaria de proteínas de peso molecular alto, que originan proteinuria de peso molecular alto. Teóricamente, pues no se ha demostrado *in vivo*, la acción tóxica del cadmio se debería a su afinidad por radicales de los grupos (-SH), hidroxilo (-OH), carboxilo, fosfatil, cisteinil e histidil y a su acción competitiva con otros elementos funcionalmente esenciales: zinc, cobre, hierro y calcio. Sus principales interacciones serían las siguientes:

- Unión fuerte del cadmio a los grupos sulfhídricos de las proteínas intracelulares, que inhibiría a las enzimas que poseen estos grupos.
- Desplazamiento del zinc de los enlaces azufre (-S-) y la consiguiente alteración enzimática y de sus procesos bioquímicos, que se refleja en su deficiencia relativa²⁶.

2.6.5. Toxicidad

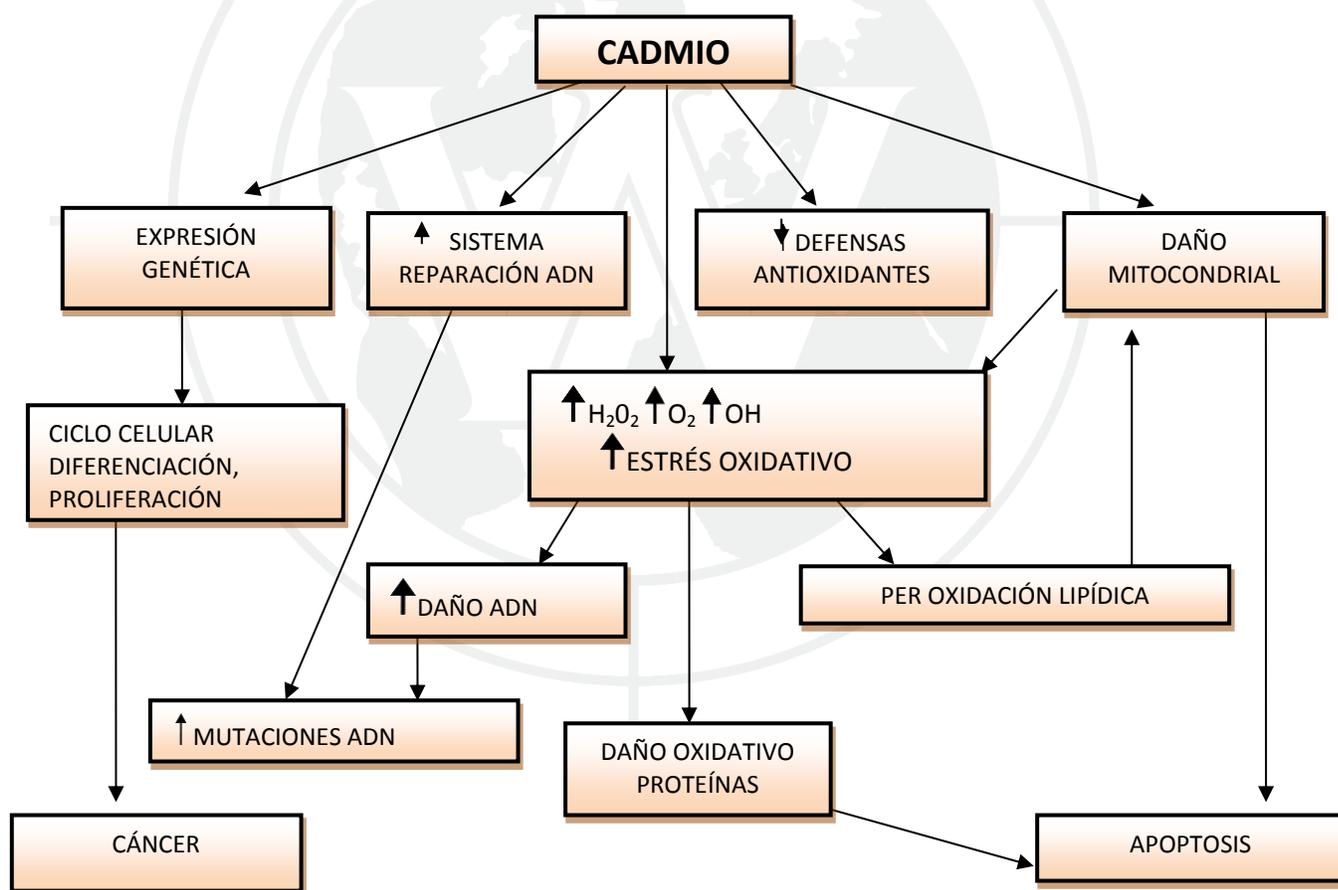
2.6.5.1. Efectos en el hombre

Ingestión. La ingestión de alimentos o líquidos contaminados por cadmio puede causar trastornos agudos en el tracto gastrointestinal. Los síntomas

incluyen náuseas, salivación, vómito, dolor abdominal (cólico) y dolor de cabeza. En casos severos se pueden presentar diarrea y shock.

Inhalación. Los síntomas que produce la inhalación de cadmio son dolor de cabeza, irritación del tracto respiratorio, resequedad nasal y de la tráquea, tos, disnea, escalofríos, debilidad general, respiración agitada, fiebre y, en casos más severos, insuficiencia respiratoria con shock. Finalmente, la muerte. El cadmio produce neumonitis química y, en algunas ocasiones, edema pulmonar¹⁸.

Figura N.º 14. Esquema general de los tóxicos inducido por el cadmio a nivel celular



Fuente: Del Prado Míguez Santiyán. *Possible papel protector de la melatonina frente a la toxicidad neuroendocrina inducida por cadmio.* Asociación Española de Toxicología; 2008²¹.

2.6.5.2. Efecto del cadmio en los niños

Esta sección discute los posibles efectos sobre la salud en seres humanos causados por exposiciones desde la concepción hasta la madurez (18 años de edad).

Tabla N.º 11. Efecto del cadmio en los niños

<p>Efectos en niños</p>	<p>Niños expuestos a niveles tóxicos de cadmio probablemente manifestarán efectos similares a los que se observan en adultos (daño de riñón, pulmón e intestino, dependiendo de la ruta de exposición).</p> <p>En general, no se han descrito efectos adversos sobre el desarrollo o el comportamiento en niños expuestos al cadmio, pero se necesita más investigación.</p> <p>Unos pocos estudios en animales indican que los jóvenes absorben más cadmio que los adultos. Los estudios también indican que los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos al aumento de fragilidad de los huesos, lo que ocurre como consecuencia de la exposición al cadmio.</p> <p>El cadmio se ha detectado en la leche materna. Una pequeña cantidad pasará al cuerpo del bebé durante la alimentación de la madre. La cantidad de cadmio que puede pasar al bebé depende de la exposición que sufrió la madre.</p>
<p>Defectos de nacimiento</p>	<p>No se sabe si el cadmio puede producir defectos de nacimiento. La exposición de animales con niveles de cadmio suficientemente altos durante la preñez ha producido efectos adversos en las crías. El sistema nervioso parece ser el más sensible. En animales jóvenes expuestos al cadmio antes de nacer, se han observado efectos sobre el comportamiento y el aprendizaje. También hay información en estudios en animales que indica que la exposición a cantidades altas de cadmio antes de nacer puede reducir el peso corporal y afectar el desarrollo del esqueleto de las crías.</p>

Fuente: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades: cadmio; agosto de 2007²⁴.

2.6.5.3. Intoxicación aguda

Si la absorción se ha realizado por vía digestiva, da lugar a un episodio violento de gastroenteritis, con cólicos epigástricos, vómitos (a veces sanguinolentos), diarreas y mialgias. El dolor abdominal puede ser muy intenso, con síntomas de colapso.

Cuando la absorción ha sido por vía respiratoria, se produce el cuadro de una grave irritación pulmonar con disnea, cianosis y tos, que a veces va precedida de un período de latencia (neumonía química). En este cuadro pueden verse síntomas premonitorios que recuerdan los de la fiebre de los fundidores (fiebre, escalofríos, sensación gripal, cefalea, etc.). En algunas ocasiones pueden observarse signos de lesión hepatorenal y, en los casos más agudos, un edema pulmonar mortal. Algunos autores americanos han sugerido que la exposición aguda al cadmio podría dar origen a una lesión vascular coronaria, que termina con la oclusión de las arterias¹⁸.

2.6.5.4. Intoxicación crónica

En la exposición laboral prolongada al cadmio se producen un conjunto de manifestaciones muy características:

- 1. Efectos generales:** pérdida progresiva de peso con anorexia, anemia ligera e hiperglobulinemia.
- 2. Dientes cádmicos:** se trata de una pigmentación amarilla del esmalte en forma de bandas o anillos debida a la formación de sulfuro de cadmio, que progresa desde el ápice hacia el cuello, pero que siempre deja libre el borde de los dientes. Las encías quedan también libres de pigmentación. Es un signo cíclico muy característico que, por su precocidad, tiene gran importancia en el diagnóstico y en la prevención¹⁸.
- 3. Afectación renal:** la toxicidad primaria del cadmio afecta la función de los túbulos proximales del riñón, y se manifiesta por incremento del cadmio en la orina, proteinuria, aminoaciduria, glucosuria y decremento de

la resorción de fosfato en los túbulos renales. Los cambios morfológicos son inespecíficos y constan de degeneración hacia una reacción inflamatoria y fibrosis intersticiales⁹.

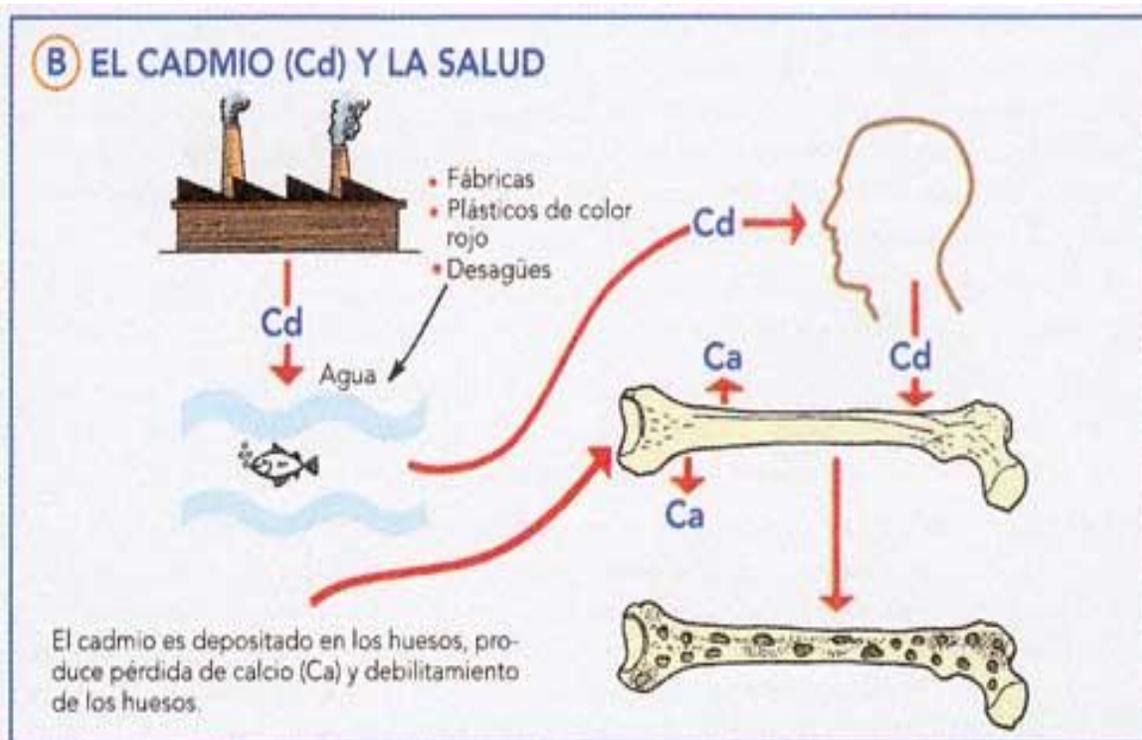
4. Trastornos respiratorios: hay una rinitis tóxica irritativa con anosmia, bronquitis y enfisema pulmonar. La función respiratoria se altera gradualmente y puede continuar incluso después de haberse interrumpido el trabajo expuesto a riesgo. Un síndrome obstructivo pulmonar moderado solo aparece tras exposición muy prolongada al tóxico (unos 20 años)⁴.

5. Lesiones óseas: en casos ya avanzados se produce osteomalacia, que origina violentos dolores en la pelvis y en las extremidades inferiores, y obliga al intoxicado a caminar a pasos cortos dolorosos. El examen radiológico descubre fisuras óseas simétricas, localizadas con preferencia en el cuello del fémur (estrías de Milkman-Looser). Sería el resultado de una pérdida exagerada de fosfato cálcico por el riñón. Esta excreción aumentada de fosfato cálcico origina edemas, una litiasis renal¹⁸.

6. Acción cancerígena: en diversos estudios epidemiológicos se ha determinado una relación entre exposición ocupacional (respiratoria) a cadmio, y cánceres pulmonar y prostático⁹.

7. Acción hipertensiva: se ha detectado en estudios experimentales, pero no existen observaciones convincentes en el hombre. Los únicos datos favorables de esta acción consisten en las superiores concentraciones plasmáticas de cadmio en sujetos hipertensos, la mayor eliminación urinaria del metal en mujeres con cifras tensionales elevadas y una concentración más alta del tóxico en el riñón de sujetos fallecidos por hipertensión, por comparación a un grupo control. En contraste con lo anterior, en los trabajadores de la industria del cadmio no se comprueba aumento de la prevalencia de la hipertensión¹⁸.

Figura N.º 15. Cadmio en los huesos



Fuente: Curtis D, klaassen J. *Manual de Toxicología*. 1.^a ed. México: Mc Graw-Hill Interamericana Editores; 2001¹⁸.

2.7. Fundamentos de métodos de espectrofotometría de absorción atómica

Espectrofotometría de absorción atómica

Se consideran dos tipos de métodos espectrofotométricos ópticos atómicos que utilizan técnicas similares para la introducción de las muestras y la atomización. La primera es la espectrometría de absorción atómica (AAS), que ha sido el método más ampliamente utilizado durante casi medio siglo para la determinación de elementos en muestras analíticas. La segunda es la espectrometría de fluorescencia atómica (AFS), que desde mediados de los años sesenta se ha estudiado ampliamente. Sin embargo, en contraste con el método de absorción atómica, la fluorescencia atómica no ha alcanzado un uso generalizado en el análisis rutinario de elementos. Por eso, mientras distintos fabricantes de instrumentación ofrecen actualmente una variedad de

espectrómetros de absorción atómica, ningún instrumento de fluorescencia atómica se encuentra en estos momentos comercializado.

Atomización electrotérmica

Son pocos microlitros de muestra que se evaporan primero a baja temperatura y luego se calcinan a temperatura algo más alta en un tubo de grafito, similar al de la figura N.º 16, o cubeta de grafito, calentando eléctricamente. Tras la calcinación, la corriente se incrementa rápidamente a varios cientos de amperios, lo que eleva la temperatura a unos 2000 o 3000 °C. La atomización de la muestra se produce en un período de tiempo que va de unos pocos milisegundos a segundos. En esta condición, se mide la absorción o la fluorescencia de las partículas atomizadas en la zona situada inmediatamente por encima de la superficie.

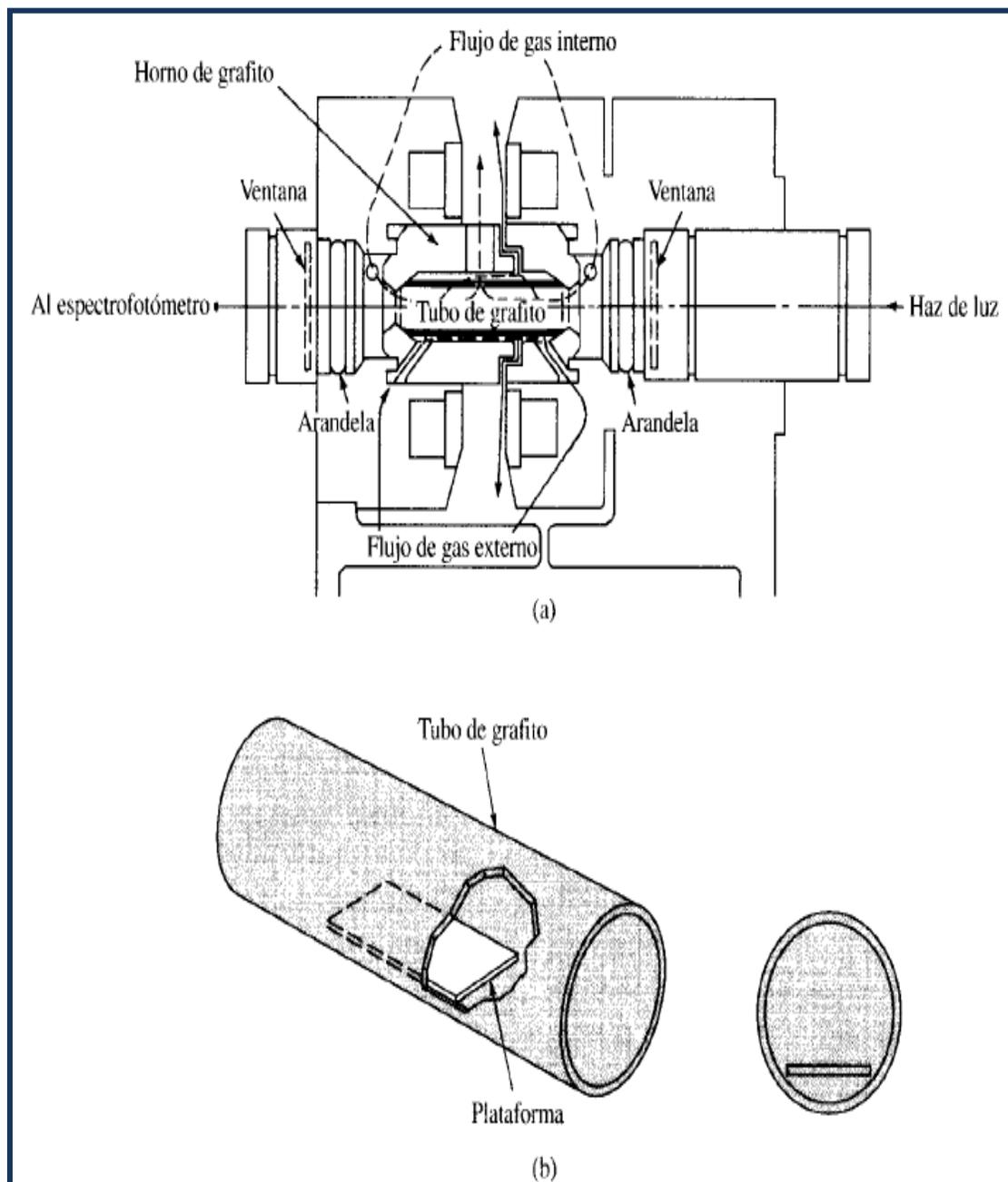
La espectrofotometría constituye la base del análisis espectroquímico, en el que la interacción de la radiación electromagnética con la materia se utiliza para obtener información cualitativa y cuantitativa acerca de la composición de una muestra.

La representación muestra una sección transversal de un atomizador eléctrico comercial. En este sistema, la atomización tiene lugar en un tubo cilíndrico de grafito, abierto por ambos extremos, y que tiene un orificio central para la muestra mediante una micropipeta. El tubo es de 5 cm de largo y tiene un diámetro interno de menos de 1 cm. Los tubos intercambiables de grafito se ajustan perfectamente a un par de contactos eléctricos de grafito cilíndricos que se ubican en dos extremos de los tubos. Estos contactos se mantienen dentro de una caja metálica refrigerada por agua. Existen dos corrientes de gas inerte. La corriente externa previene la entrada de aire exterior y las consiguientes incineraciones del tubo. La corriente interna fluye por entre los dos extremos del tubo y sale por el orificio central del compartimiento de muestra. La corriente no solo elimina el aire, sino que sirve también para desalojar los vapores generados a partir de la matriz de la muestra durante las dos primeras etapas de calentamiento.

La figura N.º 16 ilustra la denominada plataforma de L'vov, que se utiliza con frecuencia en los hornos de grafitos, como el que se muestra. La plataforma también es de grafito y se encuentra debajo de la del orificio de entrada de la muestra. La muestra se evapora y se calcina sobre esta plataforma, de la manera usual. Sin embargo, cuando la temperatura del tubo se eleva rápidamente, la atomización se retrasa, ya que la muestra no está el tiempo suficiente en contacto directo con la pared del horno. Por tanto, la atomización tiene lugar en un medio en el que no se produce un cambio rápido de temperatura. De este modo, se obtienen picos más reproducibles²⁸.

Se ha demostrado empíricamente que reduciendo la porosidad natural del tubo de grafito se pueden mitigar algunos de los efectos de la matriz de la muestra y la pobre reproductividad, asociados a la atomización; parte del analito y de la matriz difunden aparentemente en el tubo, lo que hace más lento el proceso de atomización, obteniéndose así señales más bajas del analito. Para evitar este efecto, la mayoría de la superficie de grafito se recubre con una delgada capa de carbono pirolítico, que permite sellar los poros del tubo de grafito. El grafito pirolítico es un tipo de grafito que se ha depositado capa a capa en un medio altamente homogéneo, lo que se consigue pasando una mezcla de gas inerte y un hidrocarburo como metano a través del tubo a una temperatura elevada²⁸.

Figura N.º 16. Sección transversal de horno de grafito (a) y plataforma L´vov (b), y sus posiciones en el horno de grafito



Fuente: Skoog D, Holler F y Nieman T. *Principios de Análisis Instrumental*. 5ª ed. España: Concepción Fernández Madrid; 2001²⁸.

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Población

Doce marcas de témperas de uso escolar de colores primarios (rojo, azul y amarillo) comercializadas en los 80 puestos de la galería “El Portal de Andahuaylas”, en el Centro de Lima.

3.2. Muestra de estudio

Para llevar a cabo la ejecución de la parte experimental se procedió a la compra de diferentes marcas de témperas de uso escolar de forma aleatoria, que se comercializan en la galería “El Portal de Andahuaylas”, ubicada en el Centro de Lima. Esta galería es uno de los centros más frecuentados en la campaña escolar.

La muestra de estudio está constituida por 12 marcas diferentes de témperas, seleccionando los colores primarios rojo, azul y amarillo, con un total de 36 muestras. A todas las muestras adquiridas se les realizó la prueba para la determinación de plomo, cadmio y cromo, basada en la indicación de la NTP 324.001-1 2009: Migración de ciertos elementos, y la NTP 324.001-3 2008. Pinturas de dedos. Requisitos y métodos de ensayo.

Las muestras fueron agrupadas según la relación siguiente, colocándole un código a cada marca comercial (ver tabla N.º 12).

3.3. Métodos

Cuantificación de los metales por espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito.

- Para la cuantificación de plomo se empleó la longitud de onda de 283,3 nm con tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con deuterio.

- Para la cuantificación de cromo se empleó la longitud de onda de 357,9 nm con tubo de grafito sin plataforma y sin corrección de fondo con deuterio.
- Para la cuantificación de cadmio se empleó la longitud de onda de 228,8 nm con tubo de grafito con plataforma de L´vov, con corrección de fondo con deuterio.

3.4. Materiales, reactivos y equipos para la determinación de plomo, cromo y cadmio

3.4.1. Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito de marca Perkin Elmer Analyst 600.
- Campana extractora de marca Abroncó.
- Balanza digital de marca Sartorius. Sensibilidad 0,0001 g.

3.4.2. Materiales

- Fiolas de 50 mL, 100 mL tipo A con tapa.
- Pipetas automáticas de 100 uL a 1000 uL.
- Pipetas automáticas de 500 uL a 5000 uL.
- Tips de 100 uL a 1000 uL.
- Tips de 500 uL a 5000 uL.
- Lámpara de cátodo hueco de plomo, longitud de onda de 283,3 nm.
- Lámpara de cátodo hueco de cromo, longitud de onda de 357,9 nm.
- Lámpara de cátodo hueco de cadmio, longitud de onda de 228,8 nm.
- Tubos de grafito con plataforma de L´vov.
- Tubos de grafito sin plataforma.
- Filtros milipore de 0,45 nm.

3.4.3. Reactivos

- Agua ultra pura tipo I.
- Ácido nítrico grado ultra puro.
- Ácido clorhídrico grado ultra puro.
- Solución estándar 1000 mg/L de Pb como $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.
- Solución estándar 1000 mg/L de Cr como $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$.
- Solución estándar 1000 mg/L de Cd como $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$.
- Solución modificante: ácido fosfórico (1 %) grado ultra puro.

3.5. Técnica operatoria

3.5.1 Toma y preparación de la muestra

La separación de la muestra de ensayo fue de 100 mg.

3.5.2 Método de ensayo

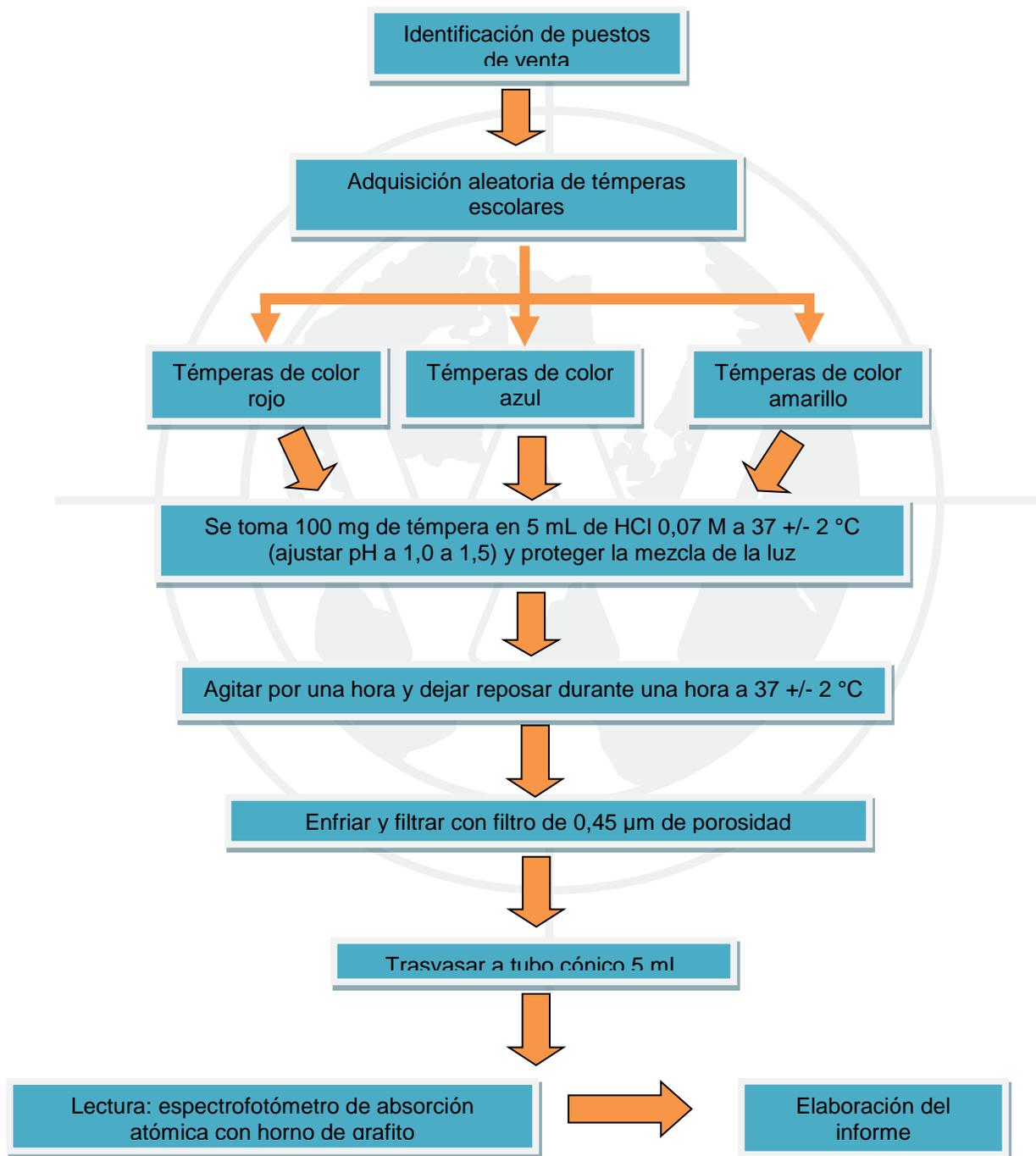
En un beaker 50 mL se mezcló la muestra de témpera de uso escolar con 50 veces su masa de una solución acuosa de ácido clorhídrico (HCl) 0,07 M a $37\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$. La masa de la muestra de témpera de uso escolar de 100 mg debe mezclarse con 5,0 mL de dicha solución acidoclorhídrica a $(37 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$.

Se agita durante un minuto y se verifica la acidez de la mezcla. Si el pH fuera superior a 1,5 se añadiría, gota a gota, sin dejar de agitar la mezcla, una solución acuosa de ácido clorhídrico concentrado hasta que el pH esté comprendido entre 1,0 y 1,5. Se protege la mezcla de la luz. Se agita la mezcla a $(37 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ continuamente durante una hora, dejándole reposar a continuación durante una hora a $37\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$.

Se separan a continuación las partes sólidas de la mezcla, primero mediante filtrado con filtro de porosidad $0,45\text{ }\mu\text{m}$ y, si es necesario, mediante centrifugado a 5000 rvm como máximo. La separación se debe efectuar lo antes posible tras

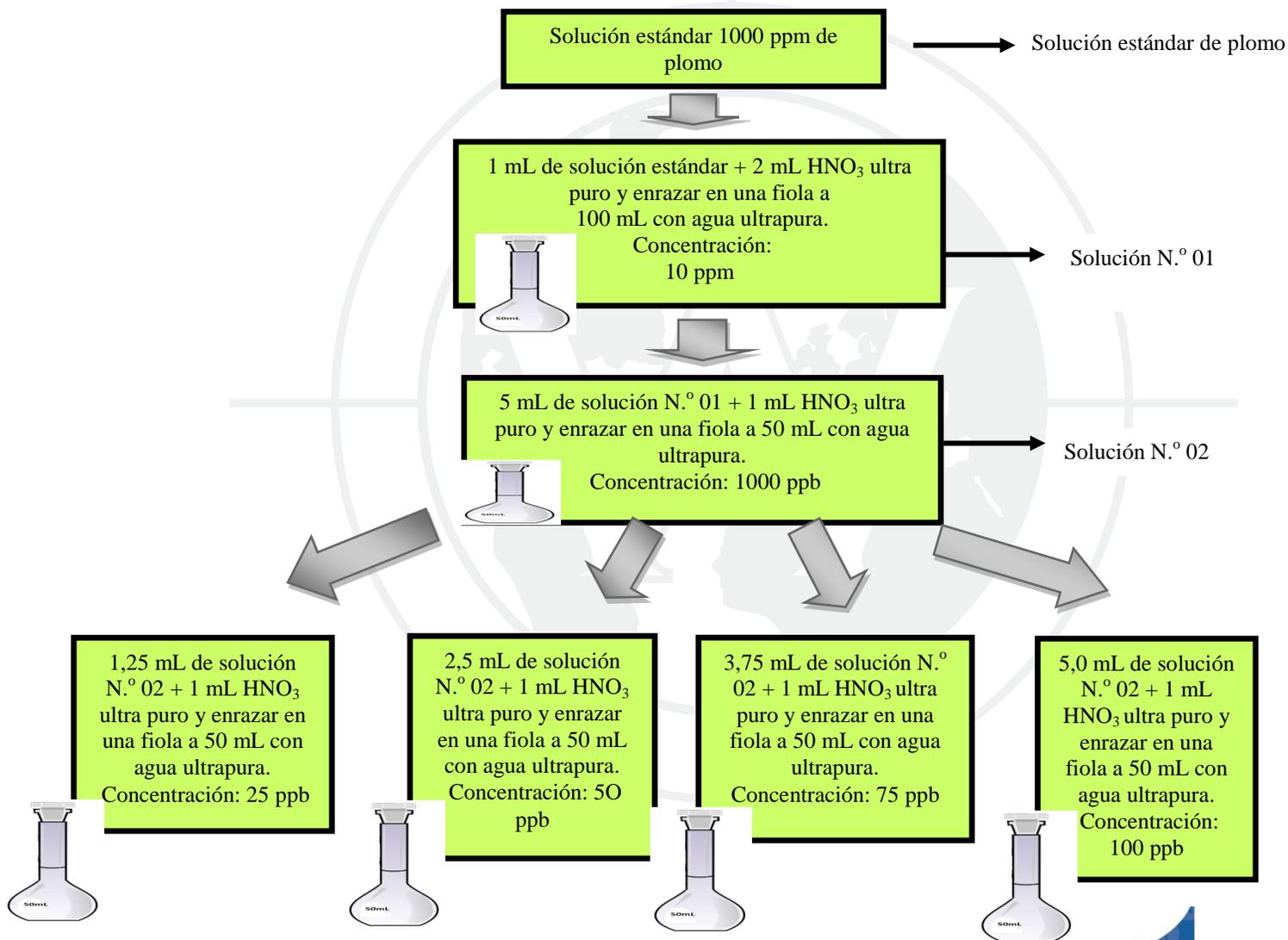
el período del reposo. El centrifugado no debe superar los diez minutos. Luego, llevar a la lectura de espectrofotómetro de absorción atómica.

3.6. Diagrama de flujo: procedimientos para la determinación de plomo, cromo y cadmio en témperas escolares

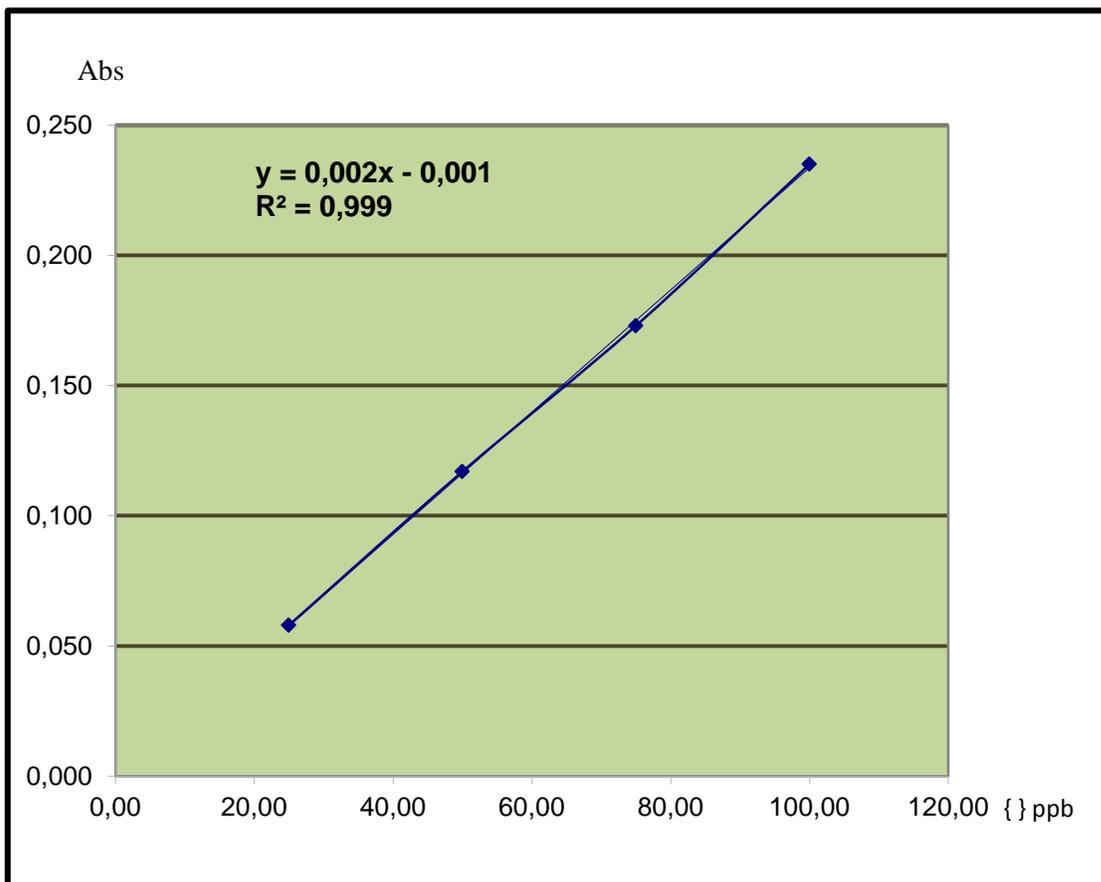


3.7. Preparación de estándares y curva de calibración de plomo, cromo y cadmio

A. Preparación de estándares para la curva de calibración de plomo



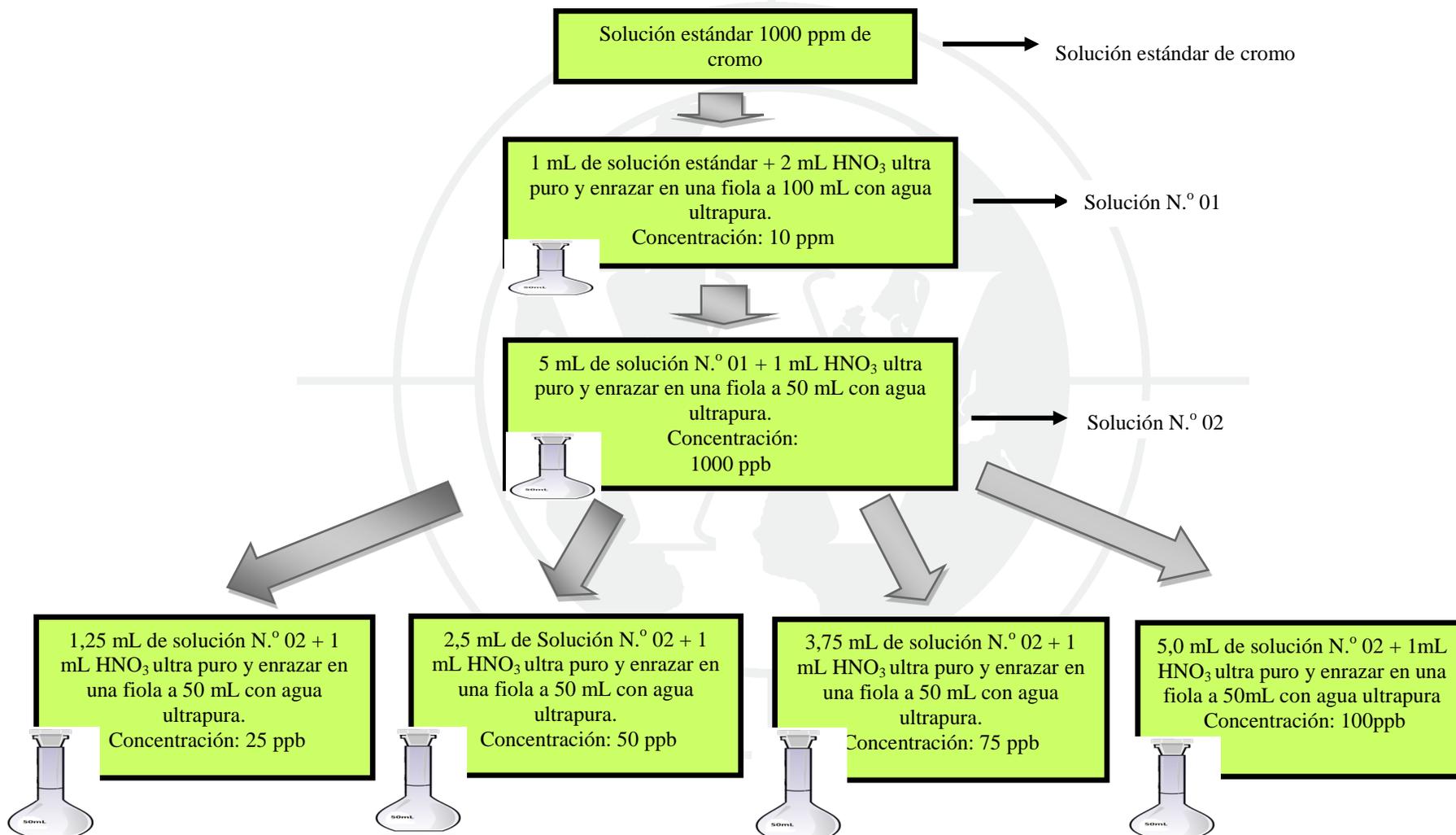
Curva de calibración para plomo



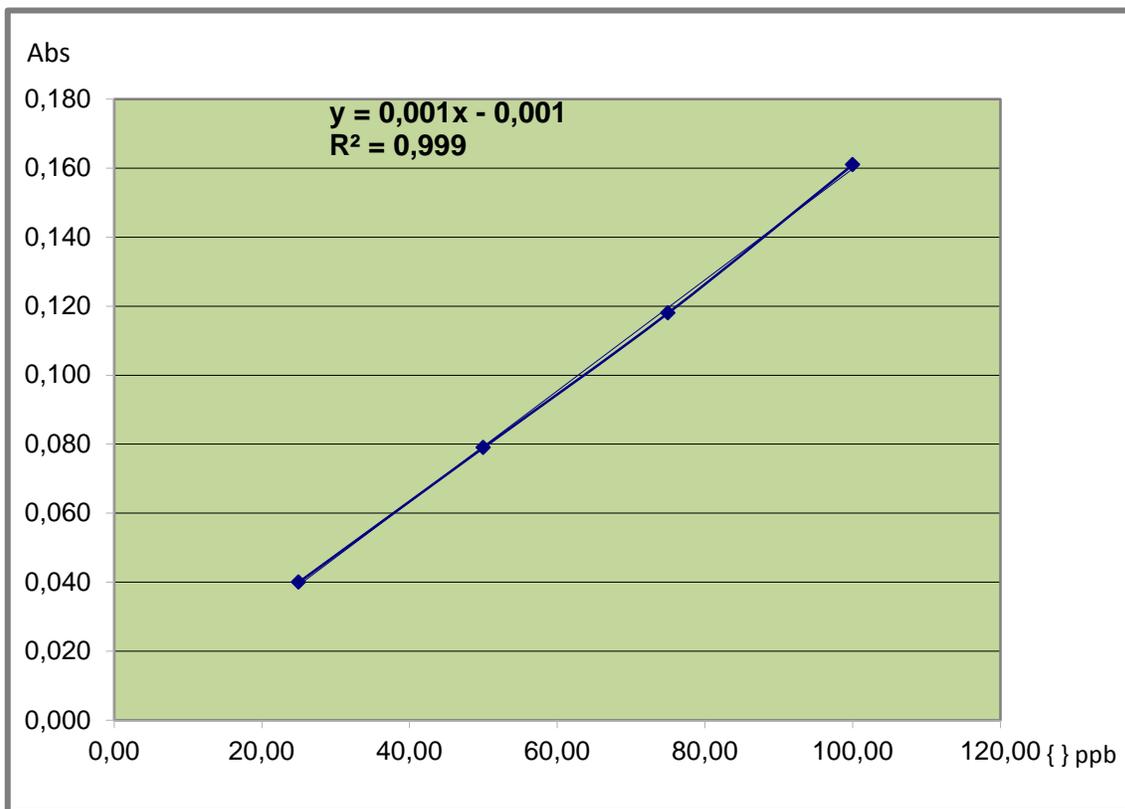
PLOMO	
CONC(ppb) (x)	ABS(y)
25,00	0,058
50,00	0,117
75,00	0,173
100,00	0,235

r	0,99956937
A	-0,002000
B	0,0024

B. Preparación de estándares para la curva de calibración de cromo



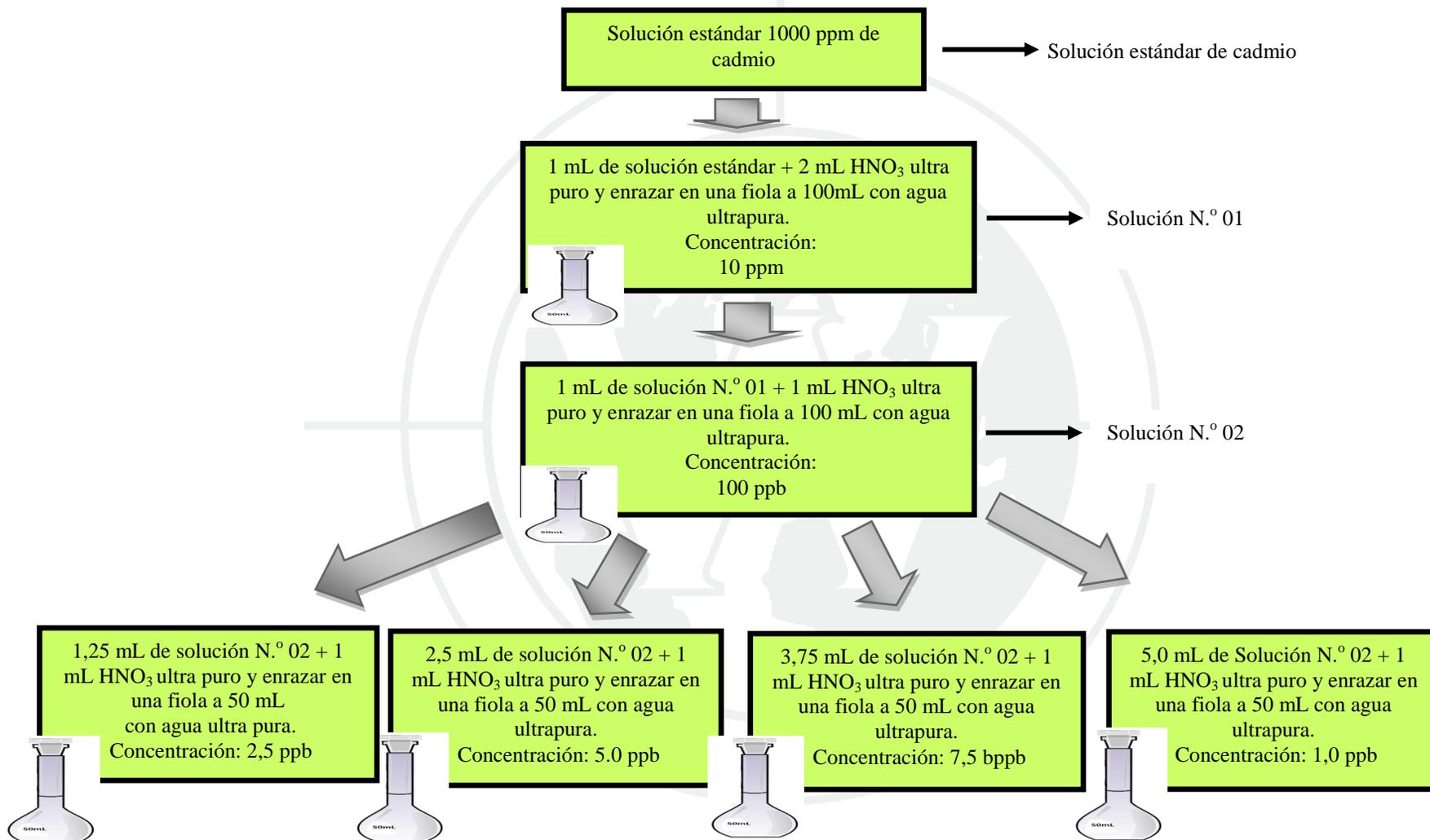
Curva de calibración para cromo



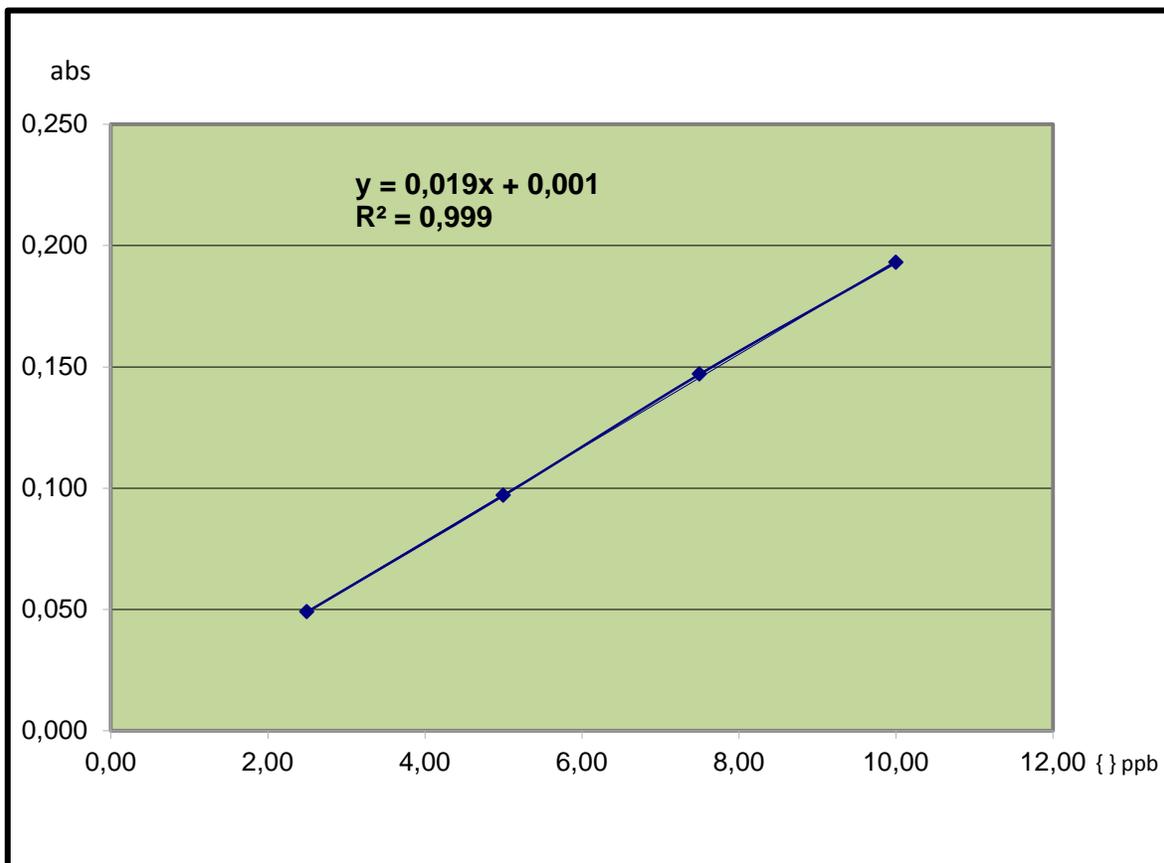
CROMO	
CONC(ppb) (x)	ABS(y)
25	0,040
50	0,079
75	0,118
100	0,161

r	0,99910887
A	-0,004000
B	0,1640

C. Preparación de estándares para la curva de calibración de cadmio



Curva de calibración para cadmio



CADMIO	
CONC(ppb)	ABS(y)
(x)	
2,50	0,049
5,00	0,097
7,50	0,147
10,00	0,193

r	0,99971077
A	0,001667
B	0,0192

IV. RESULTADOS

4.1. Resultado de los análisis

Cuadro N.º 01

Código de marcas, colores de témperas analizadas y las concentraciones de los metales plomo (Pb), cromo (Cr) y cadmio (Cd) en miligramos/kilogramos (mg/kg).

Junio, 2011.

Número de casos: 36.

N.º	Código de marca	Color	Código de muestra	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
1	T01-R	Rojo	T- 001	0,36	2,24	12,93
2	T01-Z	Azul	T- 002	0,37	2,25	13,34
3	T01-A	Amarillo	T- 003	0,49	2,23	13,30
4	T02-R	Rojo	T- 004	0,24	2,24	14,29
5	T02-Z	Azul	T- 005	0,57	2,05	13,92
6	T02-A	Amarillo	T- 006	0,32	2,10	14,01
7	T03-R	Rojo	T- 007	2,90	10,02	71,94
8	T03-Z	Azul	T- 008	1,06	10,08	69,41
9	T03-A	Amarillo	T- 009	2,82	10,02	69,21
10	T04-R	Rojo	T- 010	0,69	10,05	68,90
11	T04-Z	Azul	T- 011	0,86	11,22	66,23
12	T04-A	Amarillo	T- 012	1,34	10,62	70,96
13	T05-R	Rojo	T- 013	1,30	9,96	91,06
14	T05-Z	Azul	T- 014	1,42	10,68	71,28
15	T05-A	Amarillo	T- 015	0,72	10,74	80,78
16	T06-R	Rojo	T- 016	2,24	10,56	66,80
17	T06-Z	Azul	T- 017	2,33	10,38	95,96
18	T06-A	Amarillo	T- 018	2,11	9,78	64,88
19	T07-R	Rojo	T- 019	1,50	10,02	69,98
20	T07-Z	Azul	T- 020	2,09	10,38	66,32
21	T07-A	Amarillo	T- 021	1,52	9,84	66,04
22	T08-R	Rojo	T- 022	1,74	9,36	68,72
23	T08-Z	Azul	T- 023	1,46	9,72	67,88
24	T08-A	Amarillo	T- 024	1,68	9,90	77,97

25	T09-R	Rojo	T- 025	2,64	10,14	65,40
26	T09-Z	Azul	T- 026	2,21	0,21	65,34
27	T09-A	Amarillo	T- 027	4,19	10,20	65,95
28	T10-R	Rojo	T- 028	2,26	0,21	66,69
29	T10-Z	Azul	T- 029	1,51	10,86	65,01
30	T10-A	Amarillo	T- 030	1,36	10,50	5,244
31	T11-R	Rojo	T- 031	1,18	0,21	53,02
32	T11-Z	Azul	T- 032	1,08	11,34	3,27
33	T11-A	Amarillo	T- 033	3,50	10,44	63,42
34	T12-R	Rojo	T- 034	0,88	0,21	0,69
35	T12-Z	Azul	T- 035	0,22	10,53	2,61
36	T12A	Amarillo	T- 036	0,63	0,21	0,69

Cuadro N.º 02

Resultado estadístico de plomo, cadmio y cromo encontrados en las témperas de uso escolar. Junio, 2011.

Número total de muestras: 36.

	Plomo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cromo (mg/kg)
N.º	36	36	36
Mínimo	0,23	0,21	0,69
Máximo	4,19	11,34	95,97
Mediana	1,39	10,02	65,99
Media	1,49	7,54	51,20
Desv. t�p.	0,95	4,26	29,74
Varianza	0,90	18,15	884,74

Interpretación:

- Las muestras de témperas analizadas dan como resultado una media de 1,49 mg de plomo por kilogramo de muestra, con una concentración mínima de 0,23 mg/kg y máxima de 4,19 mg/kg.

- Las muestras de témperas analizadas dan como resultado una media de 7,54 mg de cadmio por kilogramo de muestra, con una concentración mínima de 0,21 mg/kg y máxima de 11,34 mg/kg.
- Las muestras de témperas analizadas dan como resultado una media de 51,20 mg de cromo por kilogramo de muestra, con una concentración mínima de 0,69 mg/kg y máxima de 95,97 mg/kg.

4.2. Concentración de plomo, cadmio y cromo según el color de la témpera.

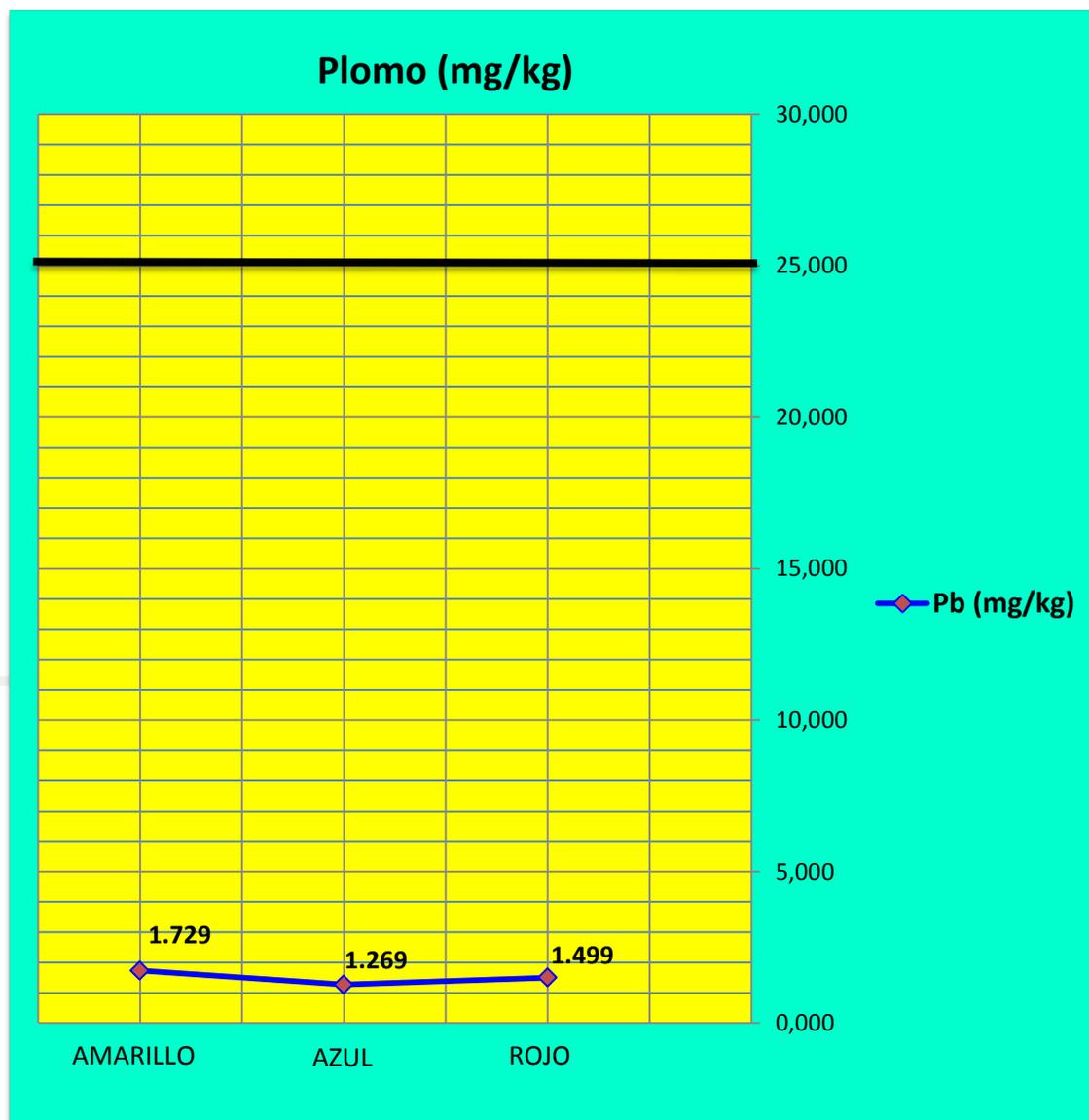
Cuadro N.º 03

Media de plomo, cadmio y cromo encontrados en el estudio según el color:

Color	Pb (mg/kg)	Cd(mg/kg)	Cr (mg/kg)
Rojo	1,49	6,26	54,20
Azul	1,26	8,30	50,05
Amarillo	1,72	8,04	49,37

Gráfico N.º 01

Concentración de plomo en los tres colores primarios



Leyenda:

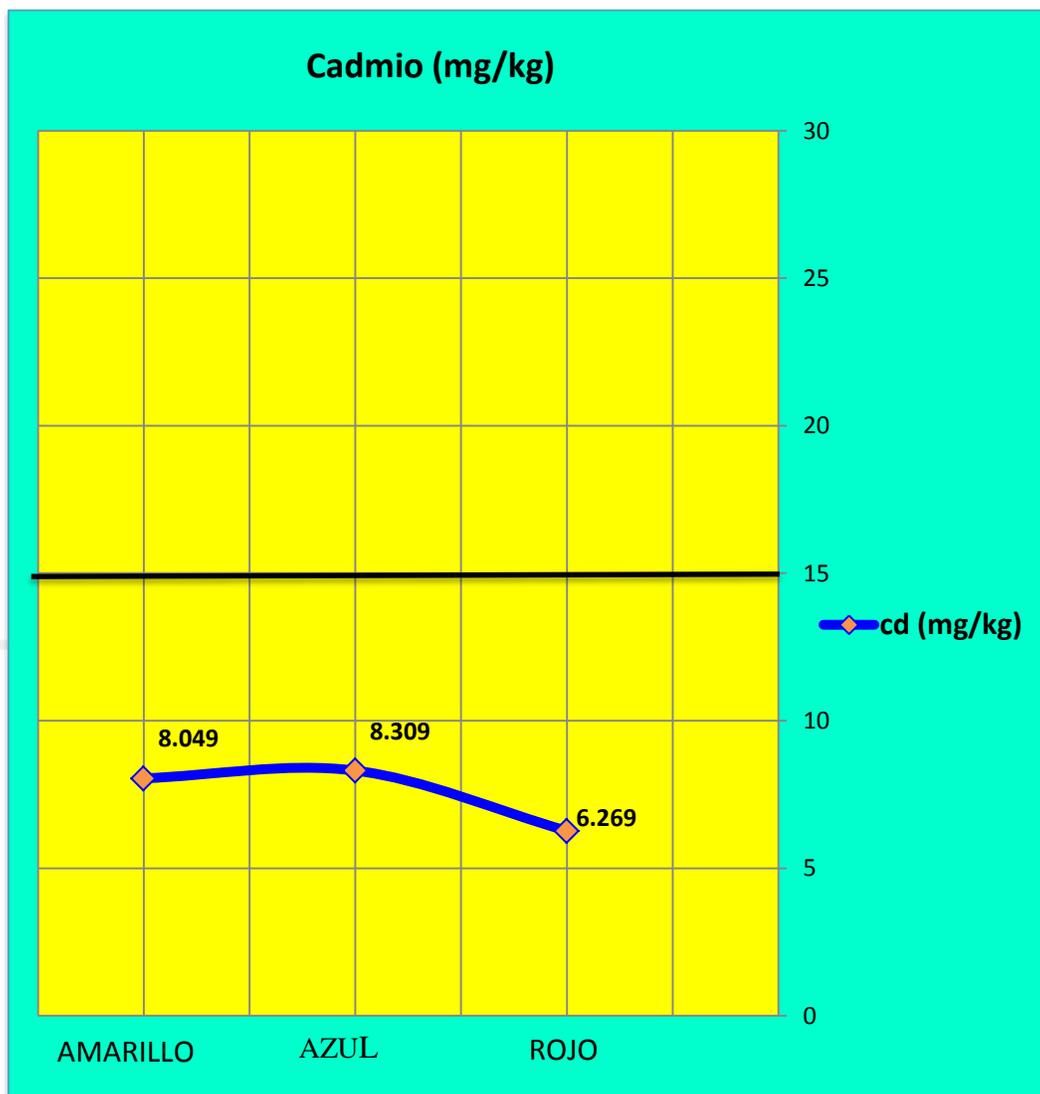
25 mg/kg, cantidad máxima permitida de plomo

Interpretación:

Los valores de concentración para el plomo en los tres colores (amarillo, azul y rojo) no tienen diferencia significativa en sus concentraciones.

Gráfico N.º 02

Concentración de cadmio en los tres colores primarios



Leyenda:

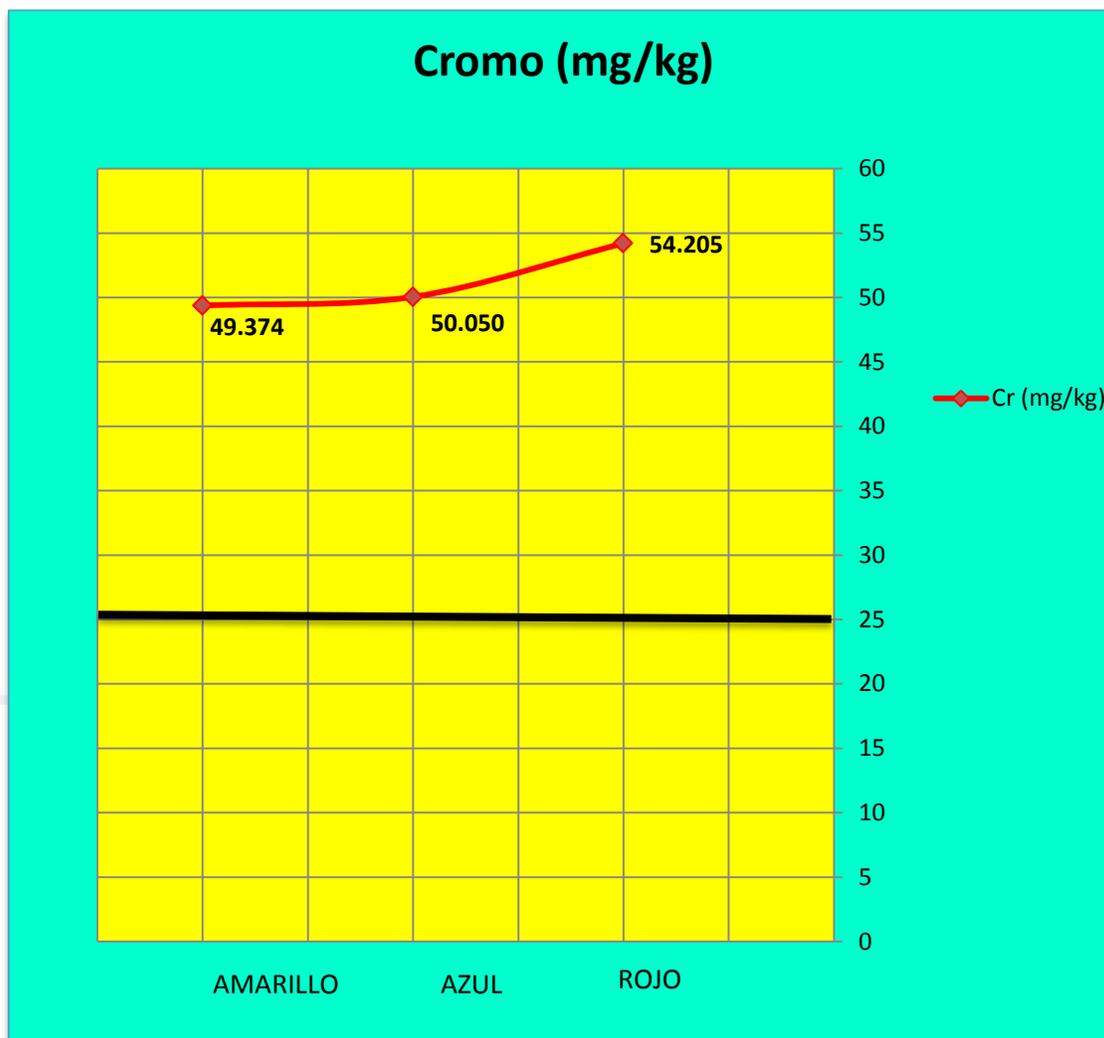
— 15 mg/kg, cantidad máxima permitida de cadmio

Interpretación:

Los valores de concentración para el cadmio en los tres colores (amarillo, azul y rojo) no tienen diferencia significativa en sus concentraciones.

Gráfico N.º 03

Concentración de cromo en los tres colores primarios



Leyenda:

— 25 mg/kg, cantidad máxima permitida de cromo

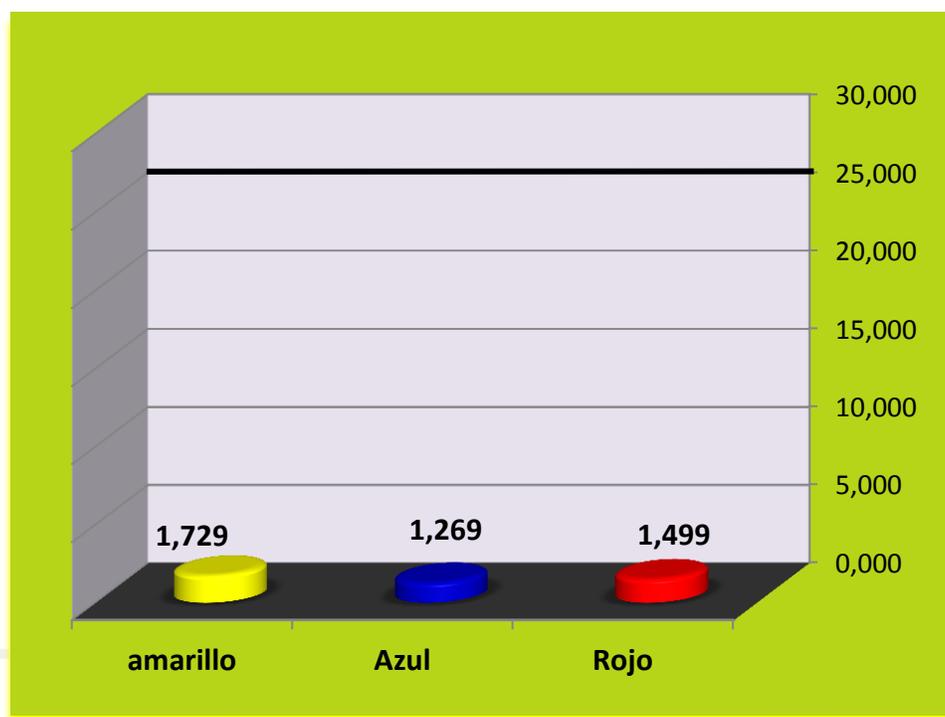
Interpretación:

Los valores de concentración para el cromo en los tres colores (amarillo, azul y rojo) no tienen diferencia significativa en sus concentraciones.

Metal plomo

Gráfico N.º 04

Media de plomo (mg/kg) encontrado en el estudio según el color



Leyenda:

— 25 mg/kg, cantidad máxima permitida de plomo

Interpretación:

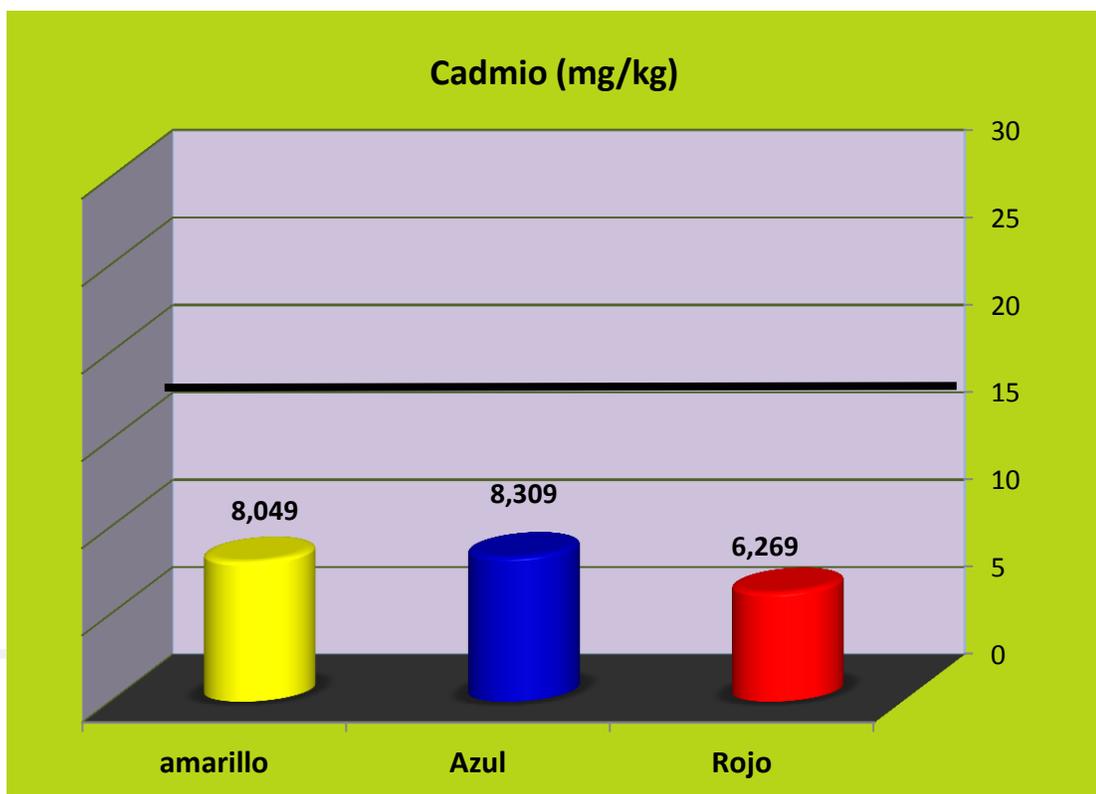
- La media de plomo para el color rojo es de 1,499 mg/kg.
- La media de plomo para el color azul es de 1,269 mg/kg.
- La media de plomo para el color amarillo es de 1,729 mg/kg.

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la migración máxima en la pintura de dedos no debe exceder los límites indicados para el plomo (25 mg/kg), observándose que los tres colores analizados no superan el valor de dicha norma técnica.

Metal cadmio

Gráfico N.º 05

Media de cadmio (mg/kg) encontrado en el estudio según el color



Leyenda:

— 15 mg/kg, cantidad máxima permitida de cadmio

Interpretación:

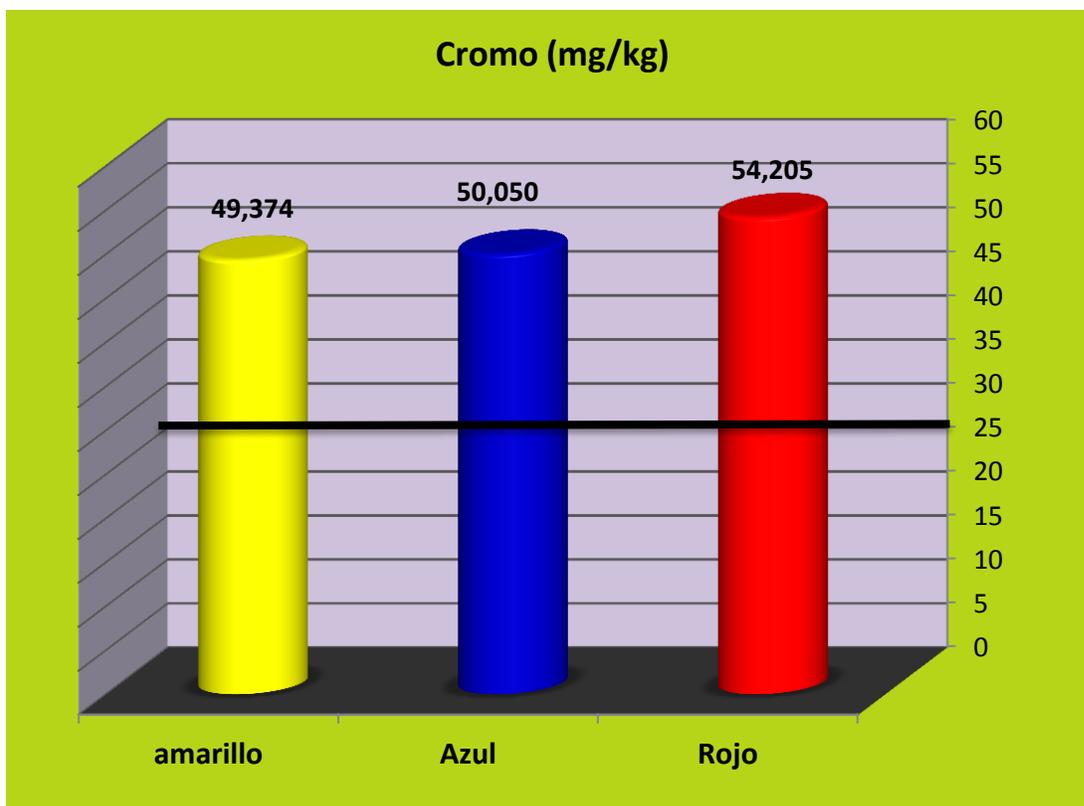
- La media de cadmio para el color rojo es de 6,269 mg/kg.
- La media de cadmio para el color azul es de 8,309 mg/kg.
- La media de cadmio para el color amarillo es de 8,049 mg/kg.

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la migración máxima en la pintura de dedos no debe exceder los límites indicados para el cadmio (15 mg/kg), observándose que los tres colores analizados no superan el valor de dicha norma técnica.

Metal cromo

Gráfico N.º 06

Media de cromo (mg/kg) encontrado en el estudio según el color



Leyenda:

— 25 mg/kg, cantidad máxima permitida de cromo

Interpretación:

- La media de cromo para el color rojo es de 54,204 mg/kg.
- La media de cromo para el color azul es de 50,050 mg/kg.
- La media de cromo para el color amarillo es de 49,375 mg/kg.

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la migración máxima en la pintura de dedos no debe exceder los límites indicados para el cromo (25 mg/kg), observándose que los tres colores analizados superan el valor de dicha norma técnica.

4.3. Análisis por marca

Metal cromo

Cuadro N.º 04

Media de cromo (mg/kg) encontrado en el estudio según marca

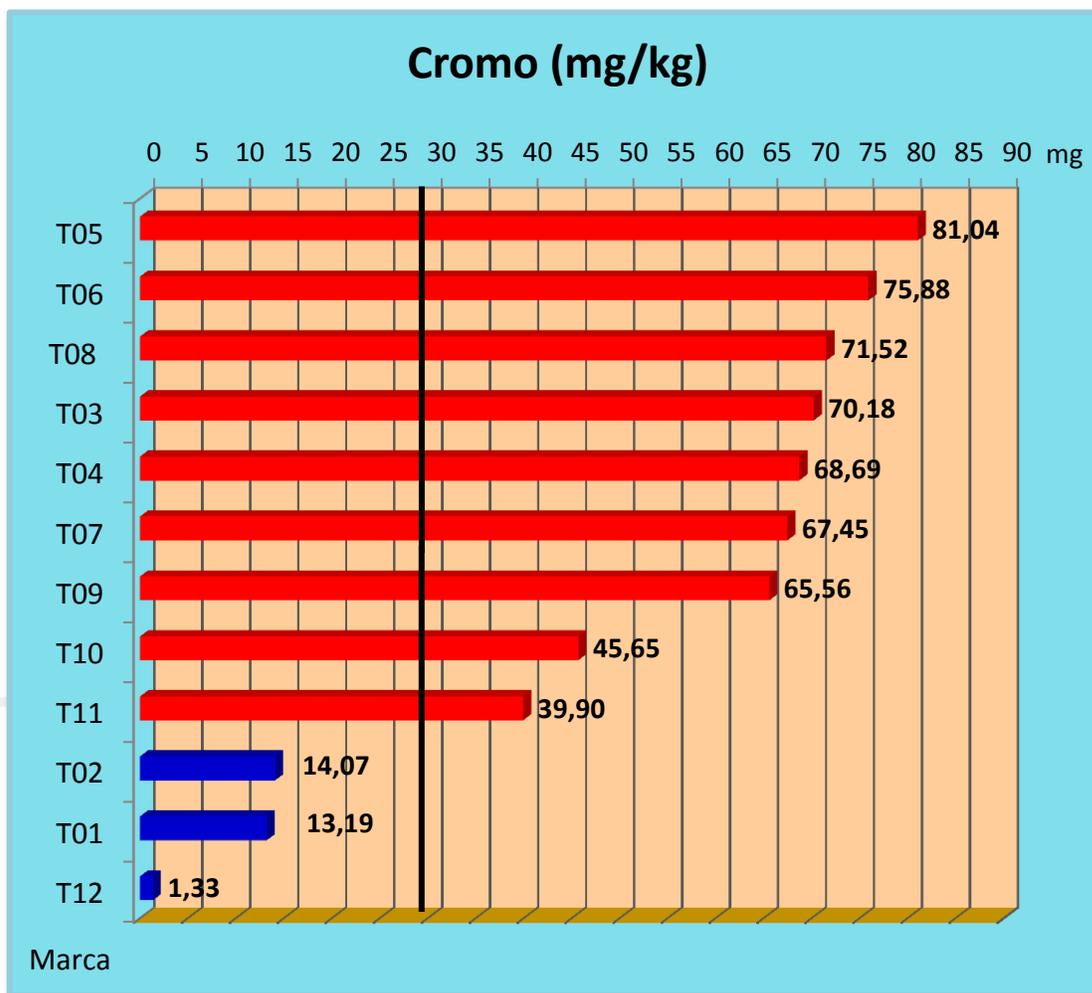
N.º	Código de marca	Cr (mg/kg)
1.	T05	81,04
2.	T06	75,88
3.	T08	71,52
4.	T03	70,18
5.	T04	68,69
6.	T07	67,45
7.	T09	65,56
8.	T10	45,65
9.	T11	39,90
10.	T02	14,07
11.	T01	13,19
12.	T12	1,33

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, las doce marcas de témperas de uso escolar analizadas tienen niveles de cromo que van desde <1,33 mg/kg hasta 81,04 mg/kg. En el caso del cromo, se presentan tres marcas (T12, T01, T02) que tienen concentraciones que no son superiores a 25 mg/kg (LMP).

Gráfico N.º 07

Media de cromo (mg/kg) encontrado en el estudio según la marca



Leyenda:

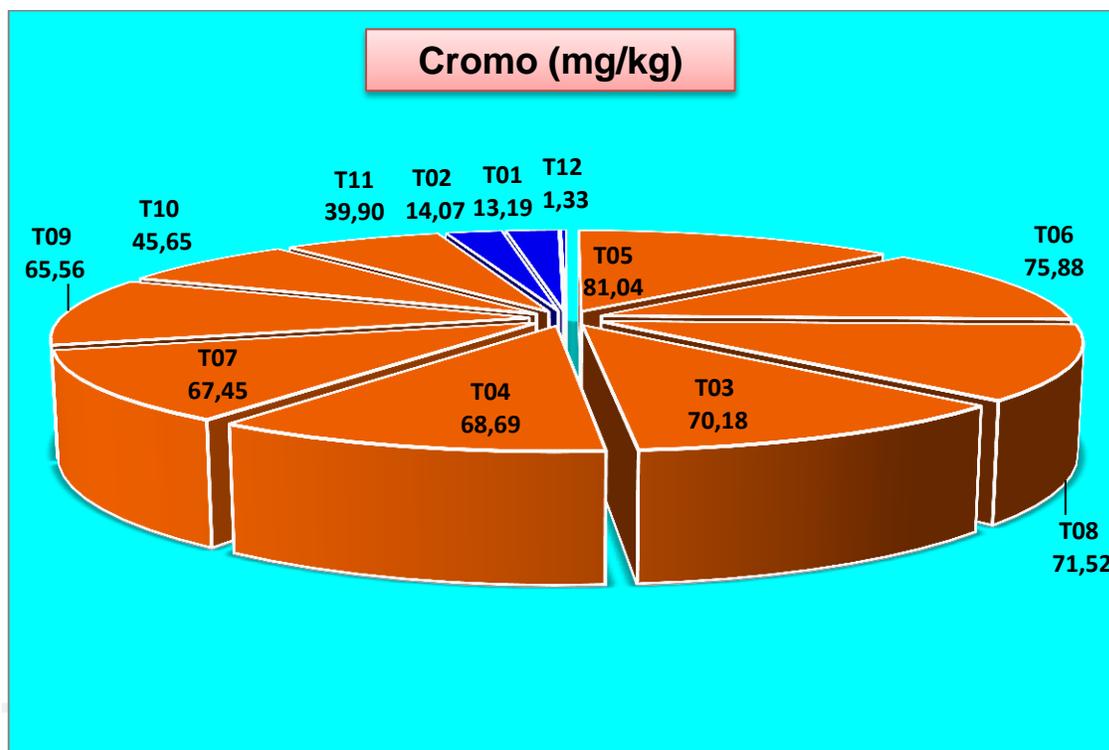
— 25 mg/kg, cantidad máxima permitida de cromo

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permitida de cromo es 25 mg/kg. De las doce marcas analizadas, nueve exceden el máximo permisible, solo tres marcas presentaron valores inferiores: T02 (14,077 mg/kg), T01 (13,19 mg/kg y T12 (1,33 mg/kg).

Gráfico N.º 08

Concentración de cromo (mg/kg) encontrado en el estudio según la marca



Leyenda:

- 4% inferior el límite permitido para cromo
- 96% supera el límite permitido para cromo

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permitida de cromo es 25 mg/kg. De las doce marcas analizadas, el 96 % supera el máximo permisible, y solo el 4 % se encuentra dentro del límite permitido.

Cuadro N.º 05

Concentración media de cromo según la marca y porcentaje de exceso

Marca	Cr (mg/kg)	Porcentaje de Exceso
T01	13,19	0,00
T02	14,08	0,00
T03	70,18	180,72
T04	68,69	174,76
T05	81,43	224,16
T06	75,88	203,52
T07	67,45	169,80
T08	71,52	186,08
T09	65,56	162,24
T10	45,65	82,60
T11	39,91	59,60
T12	1,33	0,00

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permisible de cromo es 25 mg/kg. De las doce marcas de témperas de uso escolar analizadas, nueve exceden el máximo permisible, y solo tres presentaron valores inferiores al LMP.

Metal cadmio**Cuadro N.º 06****Media de cadmio (mg/kg) encontrado en el estudio según marca**

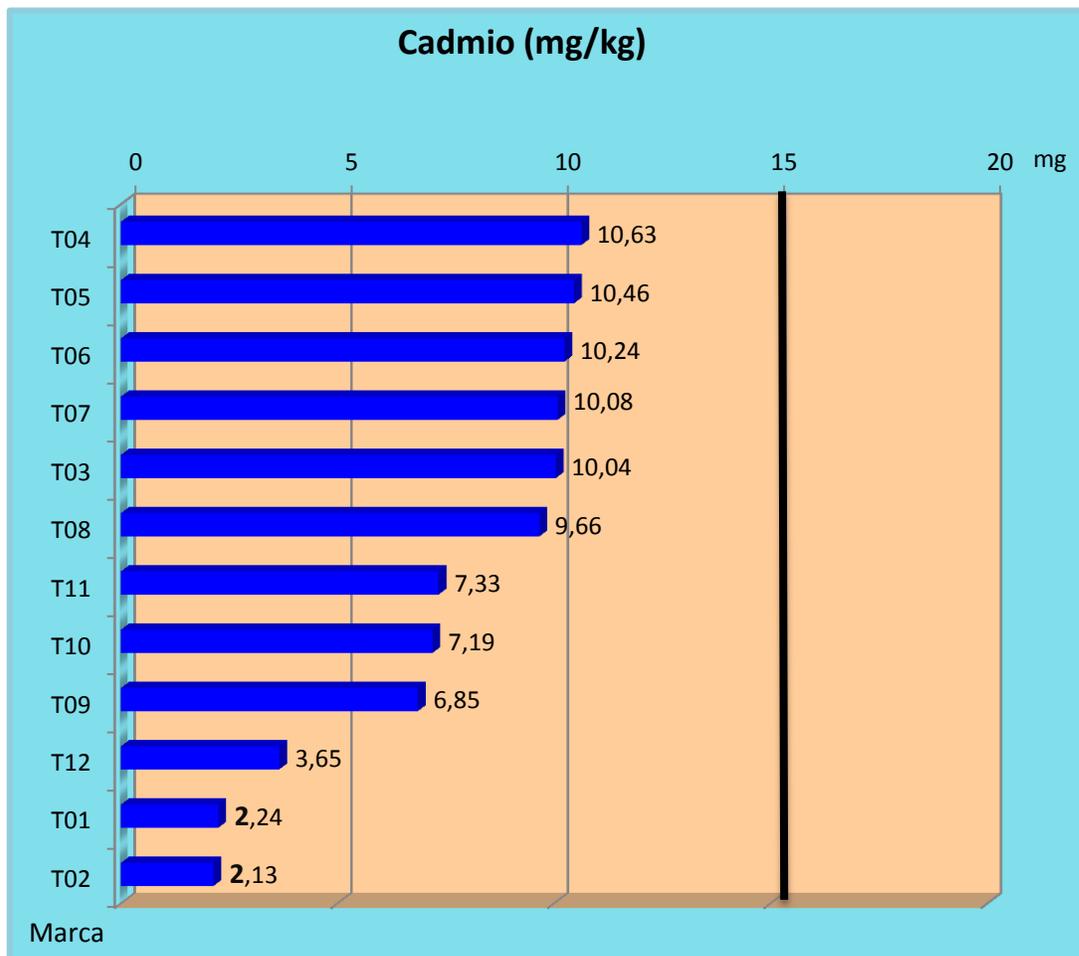
N.º	Código de marca	Cd (mg/kg)
1.	T04	10,63
2.	T05	10,46
3.	T06	10,24
4.	T07	10,08
5.	T03	10,04
6.	T08	9,66
7.	T11	7,33
8.	T10	7,19
9.	T09	6,85
10.	T12	3,65
11.	T01	2,24
12.	T02	2,13

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permisible de cadmio es 15 mg/kg. De las doce marcas analizadas de témperas de uso escolar, hay niveles de cadmio que van desde < 2,13 mg/kg hasta 10,63 mg/kg, que se encuentran dentro de los LMP.

Gráfico N.º 09

Media de cadmio (mg/kg) encontrado en el estudio según marca



Leyenda:

— 15 mg/kg, cantidad máxima permitida de cadmio

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permitida de cadmio es 15 mg/kg. Las doce marcas analizadas se encuentran dentro del LMP.

Metal plomo**Cuadro N.º 07****Media de plomo (mg/kg) encontrado en el estudio según marca**

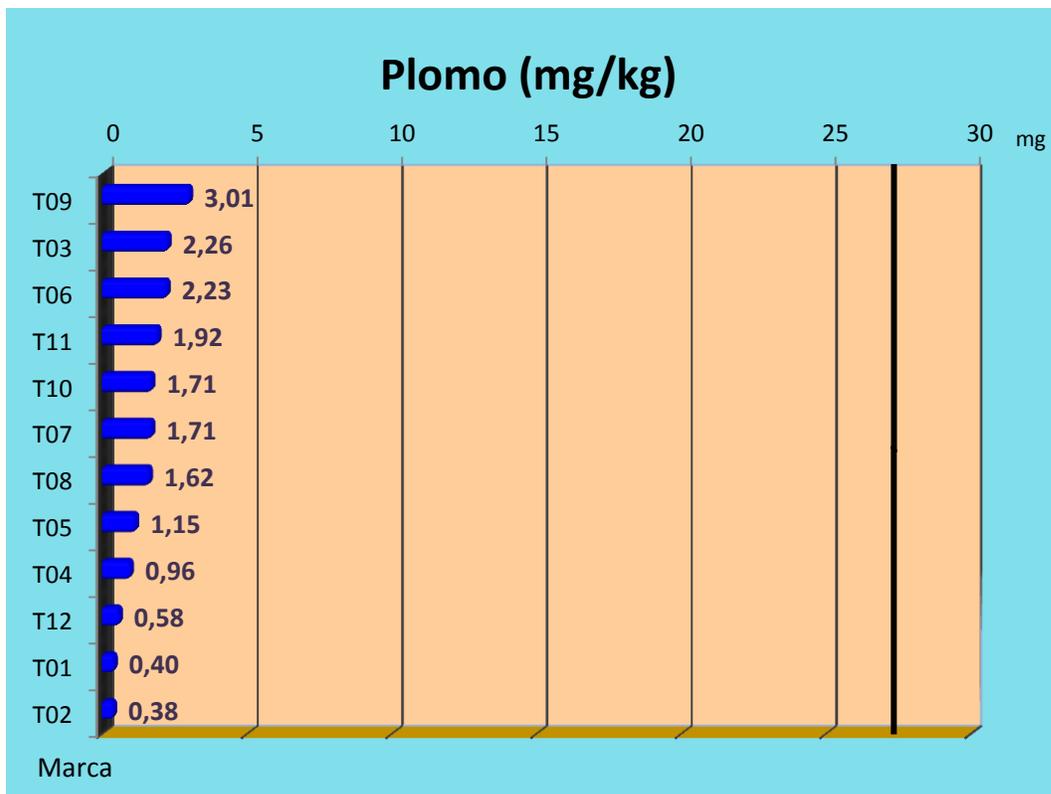
N.º	Código de marca	Pb (mg/kg)
1.	T09	3,016
2.	T03	2,266
3.	T06	2,232
4.	T11	1,926
5.	T10	1,715
6.	T07	1,711
7.	T08	1,628
8.	T05	1,154
9.	T04	0,969
10.	T12	0,582
11.	T01	0,409
12.	T02	0,382

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permisible de plomo es 25 mg/kg. Las doce marcas analizadas de témperas de uso escolar tienen niveles de plomo que van desde < 0,382 mg/kg hasta 3,016 mg/kg, y se encuentran dentro de los LMP.

Gráfico N.º 10

Media de plomo (mg/kg) encontrado en el estudio según la marca



Leyenda:

— 25 mg/kg de plomo: cantidad máxima permitida

Interpretación:

Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, la cantidad máxima permitida de plomo es 25 mg/kg. Las doce marcas analizadas se encuentran dentro del LMP.

V. DISCUSIÓN

Resultado de plomo

- En el estudio realizado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) sobre los posibles efectos en la salud humana y en el medio ambiente del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio en América Latina y en el Caribe (noviembre 2010), se encontraron valores de plomo en el color amarillo < 2,0 mg Pb/kg, negro < 2,0 mg Pb/kg, rojo < 2,0 mg Pb/kg, azul < 2,0 mg Pb/kg, verde < 2,0 mg Pb/kg y blanco < 2,0 mg Pb/kg. En comparación con el estudio realizado en doce marcas diferentes de témperas de uso escolar comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas”, del Centro de Lima. Se encontró para plomo (témperas) en el color rojo: 1,49 mg Pb/kg de muestra; en el amarillo: 1,72 mg Pb/kg de muestra, y en el azul: 1,26 mg Pb/kg de muestra. Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, para pintura de dedos el máximo permisible de plomo es 25 mg/kg. En ambos casos no superan el LMP.
- Según el estudio realizado por la Digesa, que alerta sobre juguetes y útiles de escritorio tóxicos en el Perú (Informe de Ensayo N.º 0129-2010, Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa del 23/03/2010), se tienen los siguientes resultados en base a los LMP establecidos en el anexo IV del D.S. 008-2007-SA:

En el juego didáctico de madera Media Luna (recubrimiento de color amarillo) se encontró una migración de 736,75 mg Pb/kg de muestra, en comparación con el presente estudio, en el que se obtuvo como resultado un valor mínimo de 0,23 mg Pb/kg de muestra y un valor máximo de 4,19 mg Pb/kg de muestra. Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, para pintura de dedos el máximo permisible de plomo es 25 mg/kg, y para juguetes el máximo permisible de plomo es 90 mg/kg. En el primer estudio supera el LMP, mientras que en el presente estudio no lo supera. Esto puede

deberse a que el juguete de procedencia nacional no presentaba ningún tipo de rotulado (razón social del fabricante, RUC, dirección, autorización sanitaria ni registro nacional de la Digesa).

- Según el estudio realizado por la Digesa, que alerta sobre juguetes y útiles de escritorio tóxicos en el Perú (Informe de Ensayo N.º 1228/2007, Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa del 29/11/2007), en el análisis de juego The Simpsons, la superficie roja dio como resultado 455,24 mg Pb /kg de muestra, en comparación con el presente estudio, que obtuvo como resultado el valor mínimo de 0,23 mg Pb/kg de muestra, y el valor máximo de 4,19 mg Pb/kg de muestra. Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, para pintura de dedos el LMP de plomo es 25 mg/kg, y para juguetes es 90 mg/kg. En el primer estudio se observa que supera el LMP, mientras que en el presente estudio no lo hace. Esto puede deberse a que el juguete analizado es de procedencia china y no presentaba rótulo de identificación, por lo que podría estar adulterado.

Resultado de cromo

- Según el estudio realizado por la Digesa, que alerta sobre juguetes y útiles de escritorio tóxicos en el Perú (Informe de Ensayo N.º 0129-2010, Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa del 23/03/2010), se tienen los siguientes resultados en base a los LMP establecidos en el anexo IV del D.S. 008-2007-SA, en el juego didáctico de madera Media Luna en recubrimiento de color amarillo: se encontró una migración de 101,92 mg Cr/kg de muestra en comparación con el presente estudio, en el que se obtuvo como resultado un valor mínimo de 0,69 mg Cr/kg de muestra y un valor máximo de 95,97 mg Cr/kg de muestra. Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, para pintura de dedos el máximo permisible de cromo es 25 mg/kg y para juguetes el máximo permisible de cromo es 60 mg/kg, En ambos casos superan el LMP. Esto puede deberse a que el juguete de procedencia nacional no presentaba

ningún tipo de rotulado (razón social del fabricante, RUC, dirección, autorización sanitaria ni registro nacional de la Digesa) y las témperas de uso escolar se pueden encontrar adulteradas.

Resultado de cadmio

- En el estudio realizado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) sobre los posibles efectos en la salud humana y en el medio ambiente del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe (noviembre 2010) se encontró en pintura de dedos valores de cadmio en el color amarillo $< 0,1$ mg Cd/kg, negro $< 0,1$ mg Cd/kg, rojo $< 0,1$ mg Cd/kg, azul $< 0,1$ mg Cd/kg, verde $< 0,1$ mg Cd/kg y blanco $< 0,1$ mg Cd/kg. En comparación con el presente estudio, realizado en doce marcas diferentes de témperas de uso escolar comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas”, del Centro de Lima, en el que se encontró para el cadmio (témperas) en el color rojo, 6,26 mg Cd/kg de muestra; en el amarillo, 8,04 mg Cd/kg de muestra; y en el azul, 8,30 mg Cd/kg de muestra. Según la NTP 324.001-3 2008 y la NTP 324.001-1 2009, para pintura de dedos, el máximo permisible de cadmio es 15 mg/kg. En ambos casos, no se supera el LMP, pero las concentraciones del presente estudio sí superan las del Pnuma. Esto puede deberse a que, posiblemente, las témperas de uso escolar se encuentran adulteradas.

VI. CONCLUSIONES

- La concentración de plomo en el total de muestras de témperas de uso escolar fue de 1,49 mg/kg, con cifras extremas desde 0,23 mg/kg hasta 4,19 mg/kg, no superando el LMP de las NTP 324.001-3 2008 y 324.001-1 2009.
- La concentración de cadmio en el total de muestras de témperas de uso escolar fue de 7,54 mg/kg, con cifras extremas desde 0,21 mg/kg hasta 11,34 mg/kg, no superando el LMP de las NTP 324.001-3 2008 y 324.001-1 2009.
- La concentración de cromo en el total de muestras de témperas de uso escolar fue de 51,20 mg/kg, con cifras extremas desde 0,69 mg/kg hasta 95,97 mg/kg, superando el LMP de las NTP 324.001-3 2008 y 324.001-1 2009.
- De doce marcas analizadas de témperas de uso escolar, el 96 % supera el LMP de cromo (25 mg/kg), según las NTP 324.001-3 2008 y 324.001-1 2009.

VII. RECOMENDACIONES

- Las témperas escolares deben ser adquiridas en lugares que brinden seguridad y calidad de producto, verificando que cumplan con tener registro sanitario autorizado por la Digesa.
- Cuando se usan en la edad preescolar y escolar, los niños deben estar supervisados por una persona adulta o por un docente, para evitar que las témperas sean tragadas.
- Las autoridades deben realizar constantemente campañas de prevención en defensa del consumidor, para evitar que este sea sorprendido.
- Invitar a la nueva generación de estudiantes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener y de otras instituciones a que profundicen en la investigación, para evaluar la calidad de las témperas de uso escolar.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma). *Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio*. [Publicación en Internet]; noviembre 2010. [Fecha de acceso: 16 de marzo de 2012]. Disponible en http://www.chem.unep.ch/Pb_and_Cd/Documents/LAC_study/Estudio%20Espa%C3%B1ol%20con%20Resumen%20Ejecutivo.pdf
2. Dirección General de Salud Ambiental (Digesa). *Alerta sobre juguetes y útiles de escritorio tóxicos en el Perú. Juguetes declarados tóxicos por resultados positivos en el Laboratorio de Control Ambiental de la Digesa*. [Publicación en Internet]; noviembre 2011. [Fecha de acceso: 29 de marzo de 2012]. Disponible en http://www.digesa.sld.pe/DEPA/juguetes_utiles/juguetes_utiles_toxicos2011.asp
3. Díaz C. *Mercado Central de Lima*. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo; mayo 2010. [Fecha de acceso: 31 de marzo de 2012]. Disponible en http://www.mincetur.gob.pe/Turismo/Otros/inventario%20turistico/Ficha.asp?cod_Ficha=1904
4. *Taller de Arte y Movimiento en Espacio Ludilau*; diciembre 2011. [Fecha de acceso: 4 de abril de 2012]. Disponible en http://www.youtube.com/watch?v=Ru_-KtcAHuc
5. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi). “Norma Técnica Peruana 324.001-1.2009. Seguridad de los juguetes. Parte 1: Pinturas de dedos. Requisitos y métodos de ensayo”. Lima; 2009.
6. Gunnar N. “Metales: propiedades químicas y toxicidad”, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, cap. 63. [Fecha de acceso: 16 de marzo de 2012]. Disponible en

- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>
7. *Cerámica artística y acuarela. Teoría de color: colores primarios, secundarios y terciarios*; diciembre 2004. [Fecha de acceso: 29 de marzo de 2012]. Disponible en <http://www.xtec.cat/~aromero8/acuarelas/primarios.htm>
 8. Gisbert J. *Medicina Legal y Toxicología*. 5.^a ed. Barcelona: Masson; 2011.
 9. Ramón S. *Toxicología Clínica*. 7.^a ed. Valencia: Mite Simón; 2004.
 10. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades: plomo, agosto 2007. [Fecha de acceso: 10 de marzo de 2012]. Disponible en <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1096sp.pdf>
 11. Valdivia M. "Intoxicación por plomo". *Sociedad Peruana de Medicina Interna*. [Publicación en Internet]. 2005; 18(1). [Fecha de acceso: 6 de marzo de 2012]. Disponible en http://www.medicinainterna.com.pe/revista/revista_18_1_2005/intoxicacion.pdf
 12. Lorraine G, Dreisbach Robert. *Manual de toxicología clínica de Dreisbach*. 7.^a ed. México: El Manual Moderno; 2003.
 13. Repetto Jiménez M, Repetto kuhn G. *Toxicología Fundamental*. 4.^a ed. España: Díaz de Santos; 2009.
 14. Sánchez M, Rojas J. *Patrón de descenso del plomo sanguíneo en la población costarricense. Salud pública de México*. [Publicación en Internet]; 2003. [Fecha de acceso: 16 de marzo de 2012]. Disponible en http://bvs.insp.mx/rsp/_files/File/2003/V45%20s2/patron%20de%20descenso.pdf
 15. Padilla A, Rodríguez N, Martínez A. *Plomo: Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica*. Madrid: Solana e Hijos Artes Gráficas; 1999.

16. Fauci B, Farreras R. *Tratado de Medicina Interna*. 6.^a ed. España: Elsevier; 2008.
17. López J. *Intoxicación por plomo en niños menores de seis años en un asentamiento humano del Callao*. Anales de la Facultad de Medicina, UNMSM. 2000; 61(1). [Fecha de acceso: 6 de marzo de 2012]. Disponible en http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bVrevistas/anales/v61_n1/pdf/a06v61n1.pdf
18. Klaassen Curtis, Watkins John. *Manual de Toxicología*. 1.^a ed. México: Mc Graw-Hill Interamericana Editores; 2001.
19. Rodríguez Pulido A. *Niveles de cromo en la población general del barrio San Benito. Área de influencia de la industria de curtiembres. Localidad sexta Tunjuelito y su relación con alteraciones de salud, Bogotá; 2004-2005*. [Fecha de acceso: 10 de marzo de 2012]. Disponible en <http://190.25.230.149:8080/dspace/bitstream/123456789/213/1/NIVELES%20DE%20CROMO%20EN%20LA%20POBLACION%20GENERAL%20DEL%20BARRIO%20SAN%20BENITO.pdf>
20. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EE. UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades: cromo. EE.UU; agosto 2007. [Fecha de acceso: 10 de marzo de 2012] Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.pdf
21. Del Prado Míguez Santiyán. *Posible papel protector de la melatonina frente a la toxicidad neuroendocrina inducida por cadmio*. Asociación Española de Toxicología. [Revista en Internet]. 2008; 25(1-3). [Fecha de acceso: 13 de marzo de 2012]. Disponible en <http://www.uv.es/aetoxweb/revista/revtox.25.1.3/revtox.25.1.3.pdf>
22. Téllez J. *Urgencias toxicológicas en cromo*. [Fecha de acceso: 3 de noviembre de 2011]. Disponible en <http://www.encolombia.com/medicina/Urgenciastoxicologicas/cromo.htm>
23. Rubio C, Gutiérrez A, Martínez I. *El plomo como contaminante alimenticio*. Área de Toxicología. Facultad de Medicina. Universidad de la Laguna.

- [Revista en Internet]. 2004; 21(72-80). [Fecha de acceso: 6 de marzo de 2012]. Disponible en
<http://www.uv.es/aetoxweb/revista/revtox.21.2.3/revtox.21.2.3.plomo.pdf>
24. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU. Servicio de Salud Pública. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades: cadmio. EE. UU.; agosto 2007. [Fecha de acceso: 10 de marzo de 2012]. Disponible en
http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.pdf
25. Rodríguez E. *Control biológico de la exposición laboral a cadmio. Análisis de cadmio en sangre y cadmio en orina por espectrofotometría de absorción atómica*. Congreso Canario de Prevención de Riesgos Laborales; 2007. [Fecha de acceso: 13 de marzo de 2012]. Disponible en
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/postersTecnicos/ficheros/Control%20biol%C3%B3gico%20de%20la%20exposici%C3%B3n%20laboral%20a%20cadmio.pdf>
26. Ramírez A, *Toxicología del cadmio. Concepto actual para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicador biológico*. Facultad de medicina, UNMSM. 2002; 63(1). [Revista en Internet]. [Fecha de acceso: 4 de abril de 2012]. Disponible en
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf
27. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi). “Norma Técnica Peruana 324.001-1.2008. Seguridad de los juguetes. Parte 3: Migración de ciertos elementos”. Lima; 2008.
28. Skoog D, Holler F, Nieman T. *Principios de análisis instrumental*. 5.^a ed. España: Concepción Fernández Madrid; 2001.
29. Casas J. *Intoxicación por plomo II*. División para el aprendizaje. Universidad Autónoma de Guadalajara; 2008. [Fecha de acceso: 6 de marzo de 2012]. Disponible en

- <http://genesis.uag.mx/escholarum/vol7/intoxicacion2.htm>
30. Albert A, *El cromo*, Sociedad Mexicana de Toxicología. Cap. 14; 2002. [Fecha de acceso: 11 de marzo de 2012]. Disponible en www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a14.pdf
31. Negro J. *Alergia a cromo y níquel*. Servicio de Alergología. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia; 2005. [Fecha de acceso: 12 de marzo de 2012] Disponible en http://cienciaysalud.laverdad.es/alergotemas_2cromo.html
32. Gutiérrez M. *Urgencias toxicológicas: plomo*. Coordinadora Centro de Información y Asesoría Toxicológica (Ciatox). Cap. 7. Colombia; 2005. [Fecha de acceso: 3 de noviembre de 2011]. Disponible en <http://www.encolombia.com/medicina/Urgenciastoxicologicas/plomo.htm>
33. Valentinuzzi F. *Estrucplan on plan*. Consultor salud, seguridad, y medio ambiente en la industria; 2007. [Fecha de acceso: 13 de marzo de 2012]. Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=40>
34. Garza A, Chávez H, Vega R, Soto E. *Mecanismo celular y molecular de la neurotoxicidad por plomo*, Salud Mental, Instituto Mexicano de Psiquiatría Ramón de la Fuente. México; 2005. [Fecha de acceso: 26 de marzo de 2012]. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/582/58222805.pdf>
35. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *La Toxicidad del plomo ¿Quién está en riesgo de sufrir exposición al plomo?*; 20 de agosto de 2007. [Fecha de acceso: 25 de mayo de 2012]. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pb-riesgo.html

IX. ANEXOS

ANEXO N.º 1. Galería “EL Portal de Andahuaylas” del Centro de Lima, Perú

Foto N.º 01. Portada de la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro en Lima, Perú.



Foto N.º 02. Entrada hacia la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro en Lima, Perú.



Foto N.º 03. Adquisición de las témperas de uso escolar en la galería el “El Portal de Andahuaylas” del Centro en Lima, Perú.



Foto N.º 04. Témperas escolares de diferentes marcas comercializadas en la galería “El Portal de Andahuaylas” del Centro en Lima, Perú.



ANEXO N.º 02. INFORME DEL LABORATORIO S. C. A. (CETOX)

TIT-11-0014



CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX
 Resolución Directoral R.D. N° 354-2006-AG-SENASA-DIALIA
 Inscrito en Registro de Laboratorios de Control de Calidad de Plaguicidas Agrícolas
 N° 001-AG-SENASA - Región Nacional de Sanidad Agraria - Ministerio de Agricultura
 Jr. Pisac 192 - Oficina 102 - Urb. Residencial Higuiereta - Santiago de Surco
 Telefax: (51 1) 273-2318 www.cetox.com.pe servicios@cetox.com.pe

INFORME TOXICOLÓGICO **TIT - 11 - 0014**

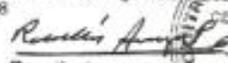
1. Solicitante : Sra. Jessica Quispe Setarayan y Sra. Jessica Betty Soría Cruz
 2. Análisis solicitado : Determinación de plomo, cadmio y cromo
 3. Muestra : Temperas de uso escolar (muestra proporcionada por el solicitante)
 4. Fecha de Recepción : 10/06/2011
 5. Fecha de Emisión : 22/06/2011

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Nº	Código de muestra	[Pb] (mg/kg)	[Cd] (mg/kg)	[Cr] (mg/kg)
01	T-001	1.21	7.48	43.1
02	T-002	1.24	7.52	44.48
03	T-003	1.64	7.44	44.36
04	T-004	0.83	7.48	47.65
05	T-005	1.90	6.84	46.40
06	T-006	1.09	7.00	46.72
07	T-007	9.67	33.40	239.82
08	T-008	3.56	33.60	231.37
09	T-009	9.43	33.40	230.70
10	T-010	2.33	33.50	229.68
11	T-011	2.87	37.40	229.77
12	T-012	4.49	35.40	236.54
13	T-013	4.35	33.20	303.55
14	T-014	4.76	35.60	237.60
15	T-015	2.43	35.60	269.28
16	T-016	7.49	35.20	222.68
17	T-017	7.78	34.60	319.89
18	T-018	7.05	32.60	216.29
19	T-019	5.03	33.40	233.27
20	T-020	6.99	34.60	221.08
21	T-021	5.09	32.80	220.15
22	T-022	5.80	31.20	229.08
23	T-023	4.87	32.40	226.27
24	T-024	5.61	33.00	259.90
25	T-025	8.81	33.80	218.00
26	T-026	7.37	< 0.70	217.82
27	T-027	13.98	34.00	219.84
28	T-028	7.55	< 0.70	222.30
29	T-029	5.05	36.2	216.72
30	T-030	4.55	35.00	17.48
31	T-031	3.96	< 0.70	176.75
32	T-032	3.63	37.80	10.90
33	T-033	11.67	34.80	211.41
34	T-034	2.94	< 0.70	< 2.30
35	T-035	< 0.75	35.10	8.7
36	T-036	2.13	< 0.70	< 2.30

* Muestras y datos proporcionados por el cliente

MÉTODO:
 NTP 324.001-1. Seguridad de los juguetes. Parte 1: Pinturas de dedos. Requisitos y métodos de ensayo. 1ra. Edición. Año 2009
 NTP 324.001-3. Seguridad de los juguetes. Parte 3: migración de ciertos elementos. 1ra. Edición. Año 2008



Dra. Rosalía Anaya Pajuelo
Gerente Técnico



Prohibida su reproducción total o parcial. Se requiere copias solicitadas por escrito al ente emisor 1/1