

*24. 95*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**

**“ENSAYO DE LA DETECCION DE 5 ELEMENTOS TOXICOS  
(Cd, Cr, Cu, Pb Y Zn) Y 2 MINERALES (Ca Y Fe)  
EN ALIMENTOS PROCESADOS PARA INFANTES  
MENORES DE 1 AÑO”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

**PRESENTA:**

**MARTHA YOLANDA DE PAVIA GUTIERREZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION.....	7
OBJETIVOS.....	8
I.- ANTECEDENTES.....	9
Papel de los metales en el cuerpo humano.....	9
Los metales tóxicos.....	9
Importancia de los elementos en estudio en metabo- lismo o fisiología.....	11
Efectos tóxicos y de carencia.....	19
Fuentes naturales de los elementos en estudio.....	28
Fuentes de contaminación metálica de alimentos duran- te su procesamiento.....	31
Fuentes de contaminación metálica provenientes del <u>am</u> biente.....	31
Fuentes domésticas de contaminación metálica.....	35
Parte Analítica.....	37
Antecedentes de algunos de los elementos en estudio..	41
II .- PARTE EXPERIMENTAL.....	47
III.- RESULTADOS.....	51
IV .- DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	59
V .- CONCLUSIONES.....	63
VI .- BIBLIOGRAFIA.....	65

## I N T R O D U C C I O N

La urbanización y la industrialización entrañan inevitablemente una mayor dependencia de los alimentos especialmente preparados para niños y lactantes. Cuando se produce un cambio de las prácticas alimentarias hay que ocuparse con todo cuidado de satisfacer las necesidades de nutrientes de los niños con objeto de mantenerlos en el mejor estado de nutrición posible, además de controlar el alimento en cuanto a contaminación se refiere, por lo que su preparación debe ajustarse a unas normas de calidad estrictas.

Los sucedáneos de los alimentos tradicionales, deben tener además de la base calórica adecuada, al menos la misma variedad y las mismas cantidades de nutrientes esenciales presentes en concentraciones apreciables en el grupo general de alimentos a los que imiten y en este estudio se indicará si los minerales están en cantidades adecuadas para el buen desarrollo, nutrición y crecimiento del infante.

Los metales pesados se encuentran extensamente repartidos en la superficie de la tierra y en las áreas acuáticas, por lo que es posible que trazas de esos metales puedan llegar a determinarse en todos los animales y plantas, y de hecho, la mayoría de los metales serán encontrados ocurriendo naturalmente en casi cualquier muestra de un determinado alimento analizado.

Algunos metales son normalmente descritos como tóxicos aún en pequeñas cantidades y otros son tóxicos cuando han excedido ciertos niveles, por lo que en el presente estudio se pretende establecer si en la ingestión de los alimentos procesados para infantes se presenta el problema de toxicidad por algunos metales (Cd, Cr, Cu, Pb y Zn).

## O B J E T I V O S

1.- Conocer cuantitativamente el contenido de algunos elementos (Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn) en algunos alimentos proce-sados para infantes menores de un año.

2.- Establecer un antecedente para el desarrollo de estudios futuros en el campo de la nutrición y la toxicología, en lo que a alimentos para menores se refiere.

## 1 . - A N T E C E D E N T E S

### PAPEL DE LOS METALES EN EL CUERPO HUMANO.-

De las cantidades de muchos metales encontrados en el cuerpo, sólo se sabe de un pequeño número que son esenciales para la vida. Los metales pueden dividirse de acuerdo a las cantidades que se requieren para una función normal (11):

1.- Metales macronutrientes esenciales para el funcionamiento del cuerpo: Na, K, Ca y Mg. Los dos primeros intervienen como sales solubles que ayudan al control de fluidos celulares y corporales, mientras que los dos últimos actúan como constituyentes de huesos y dientes principalmente.

2.- Metales micronutrientes esenciales para el funcionamiento del cuerpo: Fe, Zn, Mn, Cu, Mo y Co. Son necesarios para la actividad enzimática y otras funciones de proteínas.

3.- Metales encontrados en el cuerpo pero que no se conoce su función claramente: Cr, Ni, Se, Si y V (5).

### LOS METALES TOXICOS.-

Todos los metales son tóxicos si se ingieren en una cantidad exagerada. Bajo condiciones normales todos los metales interactúan en el organismo en grados variables.

Los metales tóxicos pertenecen a un grupo de elementos que tienen efectos catastróficos en las funciones metabólicas normales, aún cuando estén presentes en pequeñas proporciones.

Estos metales son responsables de muchos de los cambios de colores observados durante la preparación y el cocimiento de alimentos (11). Aún a niveles de unos cuantos mg/kg, se pueden formar complejos entre los iones metálicos y los pigmentos en las plantas, causando desarrollo de colores que no son del todo agradables. Por ejemplo, el hierro reacciona con las antocianinas en algunos frutos produciendo un pigmento negro. También puede impartir un color verde a la crema y tiene un efecto similar sobre ciertos alimentos que contienen chocolate.

Otro efecto serio que causan los metales en los alimentos es el desarrollo de la rancidez en grasas. Trazas de cobre, fierro y algunos otros metales actúan como catalizadores en la oxidación de enlaces insaturados en lípidos, causando una deterioración rápida al cocinar los alimentos que contienen aceites y grasas (11).

## IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS EN ESTUDIO EN METABOLISMO O FISIOLOGIA.-

### C A L C I O

El 99% del calcio forma parte del esqueleto, mientras que el resto se halla en los fluidos corporales o en el interior de los tejidos. La función de la fracción ósea es predominantemente estructural; la fracción extraesquelética, pese a ser muy pequeña, es la que tiene las funciones más variables, todas ellas vitales (7).

**Fracción extraesquelética.-** El calcio de este compartimiento interviene en:

- La coagulación de la sangre
- La activación de varias enzimas
- La transmisión de los impulsos nerviosos
- La contracción del músculo
- Los mecanismos de secreción de algunas hormonas
- La capacidad de adhesión de unas células a otras
- El mantenimiento y funcionamiento de las membranas celulares.

**Fracción esquelética.-** El calcio se combina con el fósforo para formar un compuesto inorgánico muy complejo y cuya constitución exacta se desconoce, pero que aparentemente es semejante al mineral conocido como "hidroxiapatita" ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ); este compuesto se precipita en el hueso confiriéndole su rigidez característica. Además en el esqueleto hay pequeñas cantidades de fosfato de calcio (7).

**Absorción.-** Es en el intestino donde se absorbe entre el 30 y 60 por ciento de calcio, esta absorción es incompleta y variable. No influyen las diferentes sales de calcio, presentes comúnmente en la dieta (gluconato, lactato, carbonato, sulfato o caseinato) pues se absorben igual (7). Influye la edad del sujeto, ya que la proporción que se absorbe durante el crecimiento, es alta, hasta el 75%. Pero en el adulto, a mayor edad la absorción es menor y se pierde el mecanismo de ajuste para absorber más cuando se ingiere menos calcio y fósforo (7). También -

hay que tomar en cuenta que el hombre absorbe más calcio que la mujer. El calciferol que se forma por la exposición al sol, así como la vitamina D absorbida en la dieta, favorecen la absorción del calcio y del fósforo. Los aminoácidos lisina y arginina, la lactosa, y posiblemente antibióticos como la penicilina, la neomicina y el cloranfenicol favorecen la absorción del calcio (7). En cambio, el alcohol, la soya, la cocoa, los oxalatos (abundantes en la espinaca) y los fitatos (abundantes en los cereales y las leguminosas) inhiben la absorción del calcio. Por otra parte, el exceso de fósforo en relación al calcio abate la absorción de este último. Los cereales enteros o el salvado son muy ricos en fosfatos y afectan la absorción del calcio. Otros factores son: la tiroxina, los corticoides y el hidróxido de aluminio, componente habitual de muchos medicamentos antiácidos, ---pués inhibe la absorción del calcio y sobre todo del fósforo. - Se ha observado que la inmovilidad, y el estrés, también afectan la absorción del calcio (7).

#### C A D M I O

El cuerpo humano tiene cantidades pequeñas de cadmio, que varían de acuerdo con la geografía y que tienden a aumentar con la edad. Se concentra principalmente en el hígado y el riñón. - No se ha demostrado que sea un nutrimento, pero su presencia - constante en el organismo hace suponer que cumple alguna función (8).

Se ha descubierto una proteína a la que se le dió el nombre de "metalotioneína" que contiene cadmio, aunque éste puede llegar a ser sustituido por zinc. Dicha proteína representa unos - 100 microgramos por gramo de hígado, lo que apoya la sospecha - de que este elemento tiene alguna función metabólica (8).

Sólo cerca del 6% del cadmio en alimentos se absorbe por el organismo, del cual la mayoría se retiene. Como resultado de esta eficiente retención, la vida media biológica del cadmio en - el cuerpo humano es muy larga, quizá mucho más de 40 años (11).

Se ha observado que hay muchos factores que pueden afectar el nivel de absorción. Bajos niveles simultáneos de otros minerales, tales como el zinc, selenio y fierro y de proteínas en la dieta, pueden incrementar la absorción del cadmio (11).

## C O B R E

El organismo humano contiene cantidades muy pequeñas de cobre (entre 1.5 y 2.5 miligramos por cada kilo de tejido magro), pero que cumplen funciones metabólicas esenciales. Aunque se -- distribuye en todos los tejidos, el cobre predomina en el hígado, el cerebro, el corazón y el riñón (8).

El plasma contiene alrededor de 110 microgramos de cobre - por cada 100 mililitros; el 90% de ellos se encuentra unido a - una proteína de gran tamaño conocida como "ceruloplasmina", la cual es elaborada en el hígado y regula los niveles de cobre en el cuerpo. También actúa como agente de transporte para el me-- tal (8).

En los eritrocitos, el cobre alcanza concentraciones similares a las del plasma - 115 microgramos por cada 100 mililitros--.

En un 60% se halla unido a otra proteína llamada "eritro- cupreína" (8).

Entre las principales funciones del cobre se destacan las siguientes (8):

- Influye sobre la absorción de hierro y sobre la moviliza- ción de las reservas hepáticas.

- Unido a la ceruloplasmina, es necesario para transformar el hierro ferroso en férrico durante la síntesis de hemoglobina.

- Actúa como el grupo prostético de varias enzimas que par- ticipan en reacciones oxidativas (oxidasa del citocromo C, oxi- dasas de monoaminas y diaminas) y de una enzima que participa - en la síntesis de la elastina y la colágena que forman el teji- do conectivo. Una enzima importante que contiene cobre y está -

en el tejido de las plantas es la ácido ascórbico oxidasa, la - cual es responsable de la pérdida de vitamina C en frutos y ve- getales.

- Activa la lecitinasas, la descarboxilasa oxaloacética y - la tirosinasa que participa en la síntesis del pigmento llamado melanina.

Absorción.- El cobre se absorbe en el estómago y en todas las porciones del intestino delgado. El alcance de esta absor- ción es influido por la cantidad y forma química del cobre inge- rido, por el nivel en la dieta de algunos otros iones metálicos y sustancias orgánicas y por la edad. Los fitatos forman comple- jos muy estables con el cobre y reducen la asimilación de este elemento (29).

#### C R O M O

No se ha confirmado aún que el cromo tome parte en la nutri- ción humana. El interés por este elemento surgió del hallazgo - de un síndrome muy semejante a la diabetes mellitus, en ra as - deficientes en cromo. En la actualidad se acepta que es neces- ario en la rata y se supone que actúa como cofactor de la insuli- na, auxiliándola en su unión con las membranas celulares.

Se han realizado numerosos estudios para verificar estas - hipótesis en diabéticos y en desnutridos con intolerancia a la glucosa. Los resultados no han sido concluyentes, pero dado que en ocasiones la suplementación con cromo reduce la intolerancia a la glucosa, se supone que tenga alguna función en nuestra es- pecie y que no sea tan rara la deficiencia de cromo (8).

Absorción.- La absorción intestinal del cromo está relacio- nada a la forma química del elemento en los alimentos. Los expe- rimentos con animales demuestran que el cromo trivalente se --- absorbe pobremente (un 1% del total de la cantidad ingerida), - mientras que los cromatos en 2% son un poco más rápidamente --- absorbidos. Una vez absorbido el cromo se disipa rápidamente en la sangre. Mucho es distribuido a varios órganos, en particular el hígado, donde se encuentra en forma trivalente. La concentra

ción de cromo en todos los tejidos decrece con la edad, excepto en el caso de los pulmones, donde la contaminación ambiental -- puede provocar un aumento (29).

## F I E R R O

La mejor manera de resumir su función es indicando que jue ga un papel central en la respiración en sus diferentes niveles, desde la distribución del oxígeno en el organismo hasta las --- transformaciones de energía en cada célula. De acuerdo con esto, el hierro tiene una función catalítica; no aporta energía ni -- forma parte de la estructura celular.

La molécula del hierro tiene una notable capacidad para -- transportar oxígeno y electrones; de ello se derivan los dos -- grandes tipos de función que cumple en el organismo:

a) Como parte integrante de proteínas de enorme importancia metabólica como son la hemoglobina, los citocromos y otras muchas enzimas.

b) Como cofactor en reacciones enzimáticas.

Por otra parte se calcula que el cuerpo de un adulto contie ne entre 2 y 6 gramos de hierro dependiendo del sexo, del tamaño de la persona y de otros factores. Estas cifras representan en promedio, 35 y 50 mg por kg de peso en la mujer y en el hom-- bre respectivamente, es decir de 0.0035 a 0.005% de la masa cor poral (6).

El hierro se distribuye en forma compleja. Alrededor de un 60% se encuentra formando parte de la hemoglobina, cerca de un 10% forma parte de la mioglobina y diversas enzimas (citocromos, peroxidasa, catalasa, etc.) y el 30% restante se encuentra en - el hígado, el bazo y la médula ósea en calidad de reserva.

Absorción.- El tipo de fierro es quizá más importante que la cantidad en que está presente, ya que de ello depende la -- proporción absorbida. En primer término cabe distinguir el fierro contenido en la hemoglobina y mioglobina de aquel que proviene de todas las demás fuentes. Se le conoce como fierro --- "hem"; es el de la moronga, las carnes y el hígado, se caracteriza por absorberse en una proporción casi invariable de cerca de 10%, es decir que no está sujeto al control en la absorción.

El fierro de todas las demás fuentes (granos, frutas, verduras, huevo e incluso las sales de fierro administradas con - propósitos terapéuticos) sí está sujeto al control en la absorción, la cual es por tanto muy variable y casi siempre infe---rior a la del fierro "hem".

Al llegar los alimentos al estómago, el fierro no "hem" - que contienen se libera y solubiliza en el jugo gástrico. Si están presentes ciertos monosacáridos, ciertos aminoácidos o - la vitamina C, el fierro se une a ellos. Aunque puede absorberse en cualquier porción del intestino delgado, en la práctica la mayor parte de la absorción ocurre en el duodeno en forma - relativamente rápida.

Diversos factores afectan la absorción de fierro. La forma ferrosa se absorbe mejor que la forma férrica. La vitamina C, - ciertos monosacáridos y aminoácidos, el etanol, la ausencia de enzimas pancreáticas y una sustancia hipotética producida por - la mucosa gástrica, estimulan la absorción del fierro. La deprimen, por el contrario, el vómito, la diarrea, los cuadros de mala absorción general, la geofagia, la alcalinización, la abundancia de fosfatos y fitatos en la dieta y otra secreción gástrica hipotética, la gastroferrina (6).

#### P L O M O

Absorción.- El plomo está presente en prácticamente cada - órgano y tejido del cuerpo humano. Las cantidades presentes varian con la edad, ocupación y aún la raza. Algunos compuestos -

en la dieta pueden afectar el nivel de absorción. El que exista una baja concentración de calcio se traducirá en una absorción incrementada de plomo. La deficiencia de hierro puede también - promover la absorción de plomo. Una dieta alta en carbohidratos, pero escasa en proteínas, puede tener un efecto similar.

El plomo una vez absorbido en la corriente sanguínea, se transporta alrededor del cuerpo como la mayoría de los otros metales pesados y se une a las células sanguíneas y constituyentes del plasma. Se distribuye en sangre, tejido blando y hueso. El plomo en sangre se enlaza principalmente a los eritrocitos, donde su concentración es 16 veces más alta que en el plasma. Algo del plomo absorbido es transportado al cerebro. El plomo metálico, sin embargo, no se acumula ahí o en cualquier otra extensión.

El tiempo biológico de vida media para el plomo se ha estimado en 5 años. El grupo Task (29) sobre acumulación de metales, estimó un tiempo de vida media de 10 años para el plomo en huesos humanos.

Hay aparentemente una similitud entre el metabolismo del plomo y del calcio. Ambos se concentran en la estructura cristalina del hueso, la cual consiste principalmente de fosfato de calcio. Se creía que con el tiempo, el plomo llegaba a sepultarse más y más profundamente dentro de la estructura ósea y era detenido ahí en estado permanente. Sin embargo, no hay evidencia de esto (29).

Plomo en infantes.- La considerable "apropiación" de calorías característica de los niños, hace que, con relación al peso del organismo, un niño absorba más plomo que un adulto sometido al mismo régimen alimenticio. Debido a este mayor índice metabólico, un niño ordinario aspirará también de 2 a 3 veces más cantidad de un determinado contaminante del aire que un adulto, con relación igualmente al peso corporal. La absorción de calcio es elevada en los niños y es seguro que la absorción y retención de plomo también es mayor que en los adultos.

Tras su absorción, el plomo circula incorporándose a los - hematíes, pasando a localizarse en diversos órganos, entre los que destacan el hígado, el riñón y fundamentalmente el hueso, - en el que se deposita tardíamente.

Durante muchos años la administración de vitamina D y fosfatos constituyeron uno de los pilares clave (hasta la introducción - de los quelantes) del tratamiento de la intoxicación saturnina. En la actualidad se sabe que el plomo fijo en el tejido óseo no participa en la toxicidad del metal, por lo que las medidas anteriores son obsoletas (19).

### Z I N C

El cuerpo humano contiene entre 35 y 50 mg por cada kg de peso y, aunque se le encuentra en la mayoría de los tejidos, -- predomina en las gónadas masculinas y en el coroides ocular. --- También aparece en menor grado, en el hígado, los músculos vo-- luntarios y los huesos. En la sangre se concentra en los eritrocitos y en la enzima anhidrasa carbónica, la cual envuelve el - transporte del dióxido de carbono en la sangre.

En cuanto a sus funciones, el zinc es el grupo prostético de numerosas enzimas, como las peptidasas del páncreas, algunas deshidrogenasas, entre ellas la deshidrogenasa alcohólica.

Interviene también en la síntesis de proteínas y en la de los ácidos nucleicos. Además se cree que juega un papel importante en el tejido conectivo.

Tiene la capacidad de activar varias enzimas en tubo de ensayo, si bien éste parece ser un efecto inespecífico que no se repite necesariamente en el organismo (8).

Absorción.- El zinc absorbido probablemente se enlaza durante su paso a través de las células de la mucosa a proteínas de - bajo peso molecular secretadas por el páncreas. En la sangre, - el metal probablemente se enlaza a albúmina o transferrina. La - absorción intestinal parece estar relacionada al nivel de meta-

lotioneína, la cual secuestra el exceso de zinc en las células de la mucosa. El zinc absorbido se acumula rápidamente en el hígado, páncreas, bazo y riñones. También se acumula en cabellos y uñas y estos tejidos han sido usados como indicador de la ingesta de zinc en la dieta (11).

#### EFFECTOS TOXICOS Y DE CARENCIA.-

#### C A L C I O

##### Ingestión recomendada.- (7)

Niños de 0 a 2 años: 600 mg/día

Deficiencia.- La deficiencia de calcio suele presentarse - debido al exceso en la ingestión de fósforo o secundariamente a la deficiencia de vitamina D (raquitismo en sus diversas formas, incluyendo las congénitas y osteomalacia); llega a ser aparente durante períodos de crecimiento rápido o después de largo tiempo, ya que el compartimiento óseo alcanza para mantener concentraciones plasmáticas adecuadas del calcio durante períodos prolongados.

Sin duda alguna, la osteoporosis constituye un problema de salud frecuente en la mujer posmenopáusica y en el hombre después de los 50 o 60 años de edad. La descalcificación ósea en la que reside el fenómeno principal de este padecimiento, no parece obedecer únicamente a una deficiencia de calcio, sino a un conjunto de factores como son el ejercicio, los desequilibrios hormonales, la exposición al sol, la ingestión de proteínas, vitamina D, fósforo y otros elementos inorgánicos, etc. No obstante, la administración del calcio adicional tiene con frecuencia una respuesta favorable.

Exceso.- Los excesos en calcio se dan en personas hipersensibles a la vitamina D o en quienes reciben cantidades exageradas, superiores a 2500 mg/día de calcio. El exceso de calcio, se traduce en daño renal grave y en calcificación de tejidos blandos (7).

## C A D M I O

Ingestión tolerada.- Para el hombre se ha establecido una ingestión provisional tolerable semanal de 400 - 500 microgramos de cadmio por persona, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto aproxima 1  $\mu\text{g}$ / kg peso de cadmio por día. -- Algunas dietas normales superan ingestas de cadmio.

Toxicidad.- No han sido reportados efectos tóxicos de la ingestión oral de cadmio en personas no expuestas a fuentes industriales de ese elemento. Los envenenamientos de cadmio observados en Japón (enfermedad itai - itai u ouch - ouch) manifestados en lesiones renales y gastrointestinales, así como osteomalacia, resultaron de contaminación industrial de alimentos y -- agua (29).

La ingestión de cadmio en alimentos o en bebidas puede causar síntomas de náusea, vómito, dolor abdominal y de cabeza a los pocos minutos de la ingestión. En casos severos se pueden desarrollar también diarreas y shock. Aproximadamente 15 mg/l de cadmio en agua y otras bebidas son suficientes para provocar tales síntomas. Una larga ingestión de cadmio, trae como consecuencia una enfermedad seria de los riñones y de los huesos. -- Los túbulos proximales son dañados y se afecta la reabsorción renal. Otros síntomas son anemia e hipertensión (11).

## C O B R E

Ingestión tolerada.- El requerimiento de cobre para infantes en rápido crecimiento con pocas reservas de cobre, se ha -- estimado entre 42 y 135  $\mu\text{g}$ /kg peso/día. Otros autores estiman -- que el requerimiento de cobre en la dieta de infantes y niños -- debe ser 50 - 100  $\mu\text{g}$ /kg/día, requerimiento que es encontrado en la mayoría de las dietas (29).

La OMS estima que el requerimiento para infantes es de --- 80  $\mu\text{g}$ /kg de peso/día (11). El Instituto Nacional de Nutrición -- recomienda una ingestión diaria de 0.5 a 1 mg en niños lactantes (8).

Deficiencia.- Obviamente, la deficiencia de cobre en la -- dieta causará una absorción de las trazas gastrointestinales, - lo que se traducirá en una actividad reducida de algunas de las enzimas. No hay una evidencia clara de que una deficiencia de - cobre se presente en adultos, ya que hay una adecuada distribu- ción del elemento en los alimentos (11).

Deficiencia de cobre en infantes.- La deficiencia del cobre ha sido implicada en la etiología de 3 distintos síndromes clí- nicos en infantes.

En el primero de ellos se presentan anemia e hipoproteinemia. La hipocupremia resulta de la inhabilidad de los infantes para --- obtener suficiente cobre de su leche para prevenir el agotamien- to del mismo. Sin embargo, la hipocupremia no es necesariamente elevada en infantes alimentados exclusivamente a base de dietas de leche.

El segundo síndrome es uno que afecta a los infantes malnu- tridos, rehabilitados con altas calorías, dietas bajas en cobre y exhibiendo anemia, neutropenia marcada, diarrea crónica o re- currente, cambios en huesos e hipocupremia, todos los cuales -- son sensibles a la terapia de cobre.

La tercera es una enfermedad causada por un defecto gené- tico en absorción de cobre de la mucosa intestinal a la sangre y es caracterizada por niveles subnormales de cobre en sangre, hígado y cabello, deterioro mental progresivo, hipotermia, --- queratinización defectuosa del cabello, y cambios degenerativos en elastina aórtica (29).

Toxicidad.- Las sales de cobre ingeridas en grandes canti- dades, han demostrado causar efectos tóxicos en humanos y anima- les. Los efectos son usualmente reversibles. En niños, cerca de 100 mg de cobre inducen vómito, mientras los adultos pueden in- gerir 400 mg (1 g de sulfato de cobre) (11).

## C R O M O

Ingestión tolerada.- Se recomienda una ingestión diaria de 10 a 60  $\mu\text{g}$  en niños lactantes y de 10 a 20  $\mu\text{g}$  en niños mayores y adultos (8).

Deficiencia.- La deficiencia del metal en la dieta se asocia con metabolismo de lípidos y glucosa alterados y puede causar enfermedades diabéticas y arteroescleróticas.

La deficiencia en animales de experimentación se caracteriza por un crecimiento perjudicial y longevidad, además por alteración en metabolismo de glucosa, lípidos y proteínas (29).

Toxicidad.- El cromo hexavalente es mucho más tóxico que el trivalente. Exposiciones crónicas de polvo de cromato han sido correlacionadas con incidencia incrementada de cáncer pulmonar y una administración oral de 50 ppm de cromato en la dieta ha sido asociada con depresión en el crecimiento y daños en hígado y riñón en animales de experimentación (28).

No hay evidencia de que el cromo normalmente presente en la dieta produzca efectos adversos en la salud. Sin embargo, la ingestión de grandes cantidades de dicromato de potasio han causado muerte. Se ha dicho que dosis más pequeñas causan daño a hígado y riñón (11).

## F I E R R O

Ingestión recomendada.- Suponiendo un 10% de absorción, para los infantes se recomiendan 10 mg/día, siendo el requerimiento diario de 0.5 a 1.5 mg (6).

Deficiencia.- Se dice que la deficiencia de hierro es la más común y la más difundida de todas las deficiencias nutritivas. Afecta no sólo a las poblaciones mal alimentadas, sino también a notable frecuencia a las poblaciones de alto nivel socioeconómico.

Clínicamente se expresa por anemia (anemia ferropénica). - El número y el tamaño de los glóbulos rojos disminuye, la concentración de hemoglobina y el fierro circulante disminuyen también. Sin embargo la deficiencia de fierro no se circunscribe a la anemia, afecta todo el organismo y todos los pasos del metabolismo en los que este nutrimento toma parte. Así, por ejemplo. produce alteraciones de la conducta, mal aprovechamiento escolar, fatiga muscular, reducción en la capacidad inmune, una serie de manifestaciones digestivas, mala absorción, geofagia, inflamación de la lengua y otras numerosas alteraciones no relacionadas con la anemia misma; ésta, por su parte, como todas -- las anemias, produce palidez, debilidad y palpitaciones (6).

La deficiencia puede originarse en una dieta pobre en fierro o en la que el fierro no se absorba bien (rica en fosfatos o fitatos o pobre en vitamina C).

Sin embargo, las causas más comunes son el embarazo y las hemorragias incluyendo entre éstas últimas, la menstruación -- abundante, las hemorragias crónicas del aparato digestivo y del aparato genitourinario, las hemorroides sangrantes, la donación de sangre, etc. Por supuesto dos o más de estos factores pueden combinarse.

La deficiencia de fierro en los infantes se debe a las elevadas necesidades originadas por el veloz crecimiento en esa -- edad, con una dieta a base de leche, la cual contiene muy poco fierro.

En las encuestas dietológicas y nutriológicas realizadas - en México, se ha observado que la dieta contiene cantidades aparentemente adecuadas o incluso sobradas de fierro; no obstante, la anemia ferropénica se atribuye a que gran parte del aporte dietario de fierro lo dan el maíz y el frijol, semillas también ricas en fitatos; por supuesto, las parasitosis intestinales -- contribuyen en muchos casos (6).

Toxicidad.- A pesar de los obstáculos fisiológicos, es posible la producción de una sobrecarga de fierro. Las transfusio

nes, la ingestión de grandes dosis de fierro o su administración parenteral pueden producirla, al igual que el alcoholismo crónico, la insuficiencia pancreática y las anemias hemolíticas o el uso culinario de utensilios de fierro.

El exceso de fierro es inicialmente atrapado en los depósitos de reserva (hemosiderosis). De continuar el exceso y saturarse las reservas, el fierro puede precipitarse en otros tejidos (el hígado, el páncreas y el corazón principalmente) produciendo la llamada hemocromatosis (6).

#### P L O M O

Ingestión tolerada.- La OMS da una ingesta tolerable a la semana de plomo, que es de 3 mg por persona o 0.05 mg/kg de peso. Esos niveles no se aplican a infantes y niños (29).

La OMS ha recomendado un nivel máximo permitido de 50  $\mu\text{g/l}$  para agua potable (11).

Efectos carcinogénicos.- Se siguió un estudio de 10 años de la incidencia de varias formas de cáncer en North Wales y se llegó a la conclusión de que había un enlace preciso entre la cantidad de metales, incluyendo plomo en vegetales, el suelo en el cual habían crecido y el cáncer en humanos. Sin embargo, un reporte publicado por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer en 1972, concluyó que no había evidencia de lo sugerido de que las sales de plomo causarían daño en el hombre (29).

Toxicidad.- El plomo es un metal muy venenoso, ya que impide la síntesis porfirínica por inhibición de varias enzimas. -- Inhibe la ácido-aminosacáricodeshidrogenasa, a la coproporfirín descarboxilasa y a la ferroquelatasa. La sintomatología de envenenamiento por plomo es múltiple. Aparecen cólicos y espasmos de los vasos sanguíneos que pueden producir gangrena. Puede elevarse la presión sanguínea y contraerse el riñón. También se puede producir parálisis nerviosa, alteraciones del sistema nervioso central y síntomas psíquicos (18).

Los síntomas de un envenenamiento agudo por plomo, usualmente se manifiestan con efectos gastrointestinales. Anorexia, dispepsia y constipación puede ser seguida por un ataque de cólico con intenso dolor abdominal. La anemia inducida por plomo es causada por los efectos combinados de la inhibición de síntesis de hemoglobina (11).

Casos clásicos de intoxicación por plomo pueden producir daño al cerebro, riñón y sistema nervioso periférico. La ingestión oral de 2000 a 3000  $\mu\text{g}$  de plomo por día durante algunos meses o 5000 a 10000  $\mu\text{g}$  por día durante un mes, producirá los efectos -- clásicos de envenenamiento por plomo en adultos. Schaffner (26) menciona que Mahaffey consideró que aproximadamente 1000  $\mu\text{g}$  por día durante 4-6 meses produce, en el caso de niños, una intoxicación clásica por plomo. Si el plomo en dietas para niños está entre 300 y 1000  $\mu\text{g}$  por día, esos niveles interferirán con la síntesis de hemoglobina, se incrementará el plomo almacenado en los tejidos y afectará adversamente el sistema nervioso central (26).

Toxicidad en infantes. -- Los niños pueden considerarse un -- grupo indefenso ante la exposición del plomo. En primer lugar; -- tienen grandes oportunidades de ingerir plomo de fuentes existentes en su ambiente. En más del 5% de niños de ambientes urbanos, se han hallado concentraciones en sangre superiores a 400 ng/ml.

No hay pruebas de que las manifestaciones clásicas de envenenamiento por plomo se produzcan en el niño a índices de absorción menores que en el adulto; sin embargo, la exposición excesiva origina daños en los túbulos renales en los niños, daños que no son corrientes en los adultos.

En los niños, la encefalopatía por plomo va seguida generalmente de daños permanentes del cerebro. Se ha sugerido una relación -- causal entre una absorción excesiva de plomo y el retraso mental general en los niños.

Basta la entrada de 0.6 mg diarios para que a los pocos meses ya surjan síntomas tóxicos, y la de 5 mg diarios para que éstos aparezcan a las pocas semanas. El consumo crónico del plomo parece ser que aumenta la susceptibilidad a las infecciones e intoxica-

ciones y se ha encontrado en mayores concentraciones en la sangre del hombre urbano que en el rural (19).

## Z I N C

Ingestión tolerada. - El Instituto Nacional de Nutrición -- (INN), recomienda la ingestión diaria de 3 a 5 mg de zinc para los lactantes y 10 para los niños mayores, de 1 a 10 años (8).

Deficiencia. - Entre los trastornos causados por su deficiencia, se ha descrito una paraqueratosis en puercos y bovinos que se agrava con el consumo de calcio. Según parece, este elemento obstaculiza la absorción intestinal del zinc.

La deficiencia experimental en ratas se acompaña de retraso en el crecimiento, dermatitis, queratinización de los epitelios, mala cicatrización y atrofia testicular (8).

En 1963 se informó que en algunas poblaciones del Medio -- Oriente existía una enfermedad caracterizada por un marcado retraso en el crecimiento, hipogonadismo y concentraciones bajas de zinc en el plasma y en los eritrocitos; es decir, un cuadro muy parecido al que presentan los animales con deficiencia de zinc. Después de la administración de dosis de este elemento se restablecieron el crecimiento, el desarrollo sexual y las concentraciones normales de zinc en la sangre. La deficiencia se atribuyó a que tales poblaciones consumían una dieta basada casi exclusivamente en cereales.

Con posterioridad a esos acontecimientos se ha encontrado que en la deficiencia del zinc hay hipogeusia, es decir, pérdida del sentido del gusto. En Estados Unidos se han podido identificar casos de deficiencia leve de zinc en los que hay anorexia, retraso moderado en el crecimiento e hipogeusia. La cuantificación de zinc en el cabello de estos pacientes mostró valores bajos (8).

**Toxicidad.**- El zinc es relativamente no tóxico a pájaros y mamíferos. Las ratas, cerdos, ovejas, aves de corral, ganado vacuno y el hombre exhiben una tolerancia considerable a altas -- concentraciones de zinc; la tolerancia depende grandemente de -- la naturaleza de la dieta, particularmente del contenido del -- calcio, cobre, fierro y cadmio con los cuales interactúa en el proceso de absorción y utilización (29).

Dosis de 150 mg Zn/día, que son equivalentes a 200 - 300 - ppm de la ingesta diaria de zinc en base seca de un adulto, son suficientes para interferir con el metabolismo de cobre y fierro.

La ingestión normal diaria de zinc es de unos 10 - 15 mg, y la eliminación tiene lugar sobre todo a través del intestino grueso. Dosis elevadas (3 - 5 g de sulfato de zinc, 6 - 10 g de cloruro de zinc) pueden producir la muerte. Es importante evitar conservar los alimentos en recipientes de zinc.

La terapia consiste en ingerir 0.6 g de ferrocianuro de potasio en agua, con lo que se forman sales insolubles; o leche con albúmina de huevo que forma caseinatos y albuminatos de zinc. Estos compuestos deben ser eliminados a continuación mediante un lavado de estómago o provocando vómito. Inyectando -- además dimercaptopropanol se reactivan las enzimas deprimidas -- por el zinc absorbido y se elimina éste por la orina en forma -- de la sal soluble del compuesto inyectado (18).

## FUENTES NATURALES DE LOS ELEMENTOS EN ESTUDIO

### C A L C I O

Contenido medio de calcio en algunos alimentos de consumo

frecuente (mg/100 g) (7).

Arroz..... 10	Lenteja..... 75	Verdolaga..... 85	Pescado... 30
Avena..... 55	Ajonjolí.....900	Epazote.....300	Charales
Maíz..... 25	Papa..... 10	Otras Verduras.. 30	frescos....2360
Tortilla....200	Yuca..... 50	Naranja..... 48	Sardina.... 450
Trigo..... 60	Berro.....160	Tuna..... 50	Leche..... 115
Pan blanco.. 40	Chaya (hojas)..320	Plátano..... 10	Quesos..... 700
Frijol.....250	Nopal..... 90	Otras frutas.... 20	Huevo..... 55
Garbanzo....100	Quelite.....230	Carnes..... 15	Yema..... 120

### C A D M I O

Los niveles de cadmio en agua en ausencia de contaminación, son de cerca de  $1 \mu\text{g}/\text{l}$ .

El cadmio en leche de vaca es generalmente menor de  $1 \mu\text{g}/\text{l}$ , excepto en el caso de que el animal se haya alimentado con forraje contaminado. La leche evaporada contiene cerca de 0.04 mg/kg. La leche humana contiene 0.019 mg/l (11).

El cigarrillo es una fuente de este elemento (8). En un estudio reciente en México, se encontró cadmio en cigarrillos; los valores reportados son de 3.32 hasta 6.09 ppm en el tabaco de los cigarrillos en base seca, lo que significa que el valor promedio de cadmio por cigarrillo es de  $2.8 \mu\text{g}$  (25).

## C O B R E

El germen de trigo contiene 7.4 mg/kg de cobre, el endospermo puede tener menos de 2 mg/kg (11).

Generalmente las concentraciones en los alimentos son cerca de 1 mg/kg. Las mejores fuentes del metal son carne, riñón, hígado, pescado y vegetales verdes. Los cereales refinados son --- fuentes pobres, conteniendo 100  $\mu$ g/kg de cobre (11).

## C R O M O

El arroz sin pulir contiene 0.16 ppm de cromo, el cual se ve reducido a 0.04 ppm después del pulimiento. Los cereales contienen de 0 - 0.52 ppm; frutas de 0 - 0.2 ppm; vegetales de --- 0 - 0.36 ppm; carnes de 0.02 - 0.56 ppm (11).

## F I E R R O

Contenido de fierro en distintos alimentos (mg/100 g de la porción comestible) (6).

Maíz.....2.3	Girasol..... 8.0	Durazno.....2.0	Espinaca.....4.4
Arroz.....1.1	Pepita de calabaza..... 9.0	Fresa.....4.0	Epazote.....4.7
Trigo.....0.9	Harina de soya-- .....	Guayaba.....1.3	Huazontle.....6.0
Avena.....3.3	..... 8.0	Limón.....1.5	Quelite.....6.2
Tortilla...2.5	..... 8.0	Mamey.....2.5	Leche.....0.5
Pan.....2.3	Res magra... 4.0	Mango.....1.5	Crema.....0.1
Pastas.....2.0	Carnero..... 2.1	Mandarina....0.3	Queso Oaxaca...3.3
Yuca.....2.5	Hígado de res -- .....	Melón.....2.3	Huevo.....2.5
Papa.....2.7	..... 3.5	Naranja.....1.0	Yema.....6.0
Camote....2.5	Moronga....40.0	Papaya.....0.5	Grasas y aceite.0.0
Frijol....5.0	Pollo..... 1.5	Plátano.....0.8	Piloncillo....4.2
a .....6.5	Guajolote... 3.8	Acelga.....4.0	Carpa.....1.9
Lenteja...5.8	Aguacate.... 0.5	Calabacita...5.0	Cazón.....1.5
Ajonjolí...9.5	Chirimoya... 5.0	Chaya.....5.6	Mojarra.....3.7

## P L O M O

El plomo es encontrado, al menos en pequeñas cantidades, - en casi todo el mundo. Los suelos normalmente contienen entre 2 y 200 ppm. Las menas más comunes son galena (sulfuro de plomo), cerusita (carbonato de plomo) y anglesita (sulfato de plomo) -- (11).

## Z I N C

Los cereales son inicialmente una buena fuente de zinc, pero pierden gran parte del metal durante la molienda. El trigo - tiene 30 ppm y la harina sólo 6 ppm.

En alimentos marinos el intervalo abarca desde de menos de 5 ppm hasta concentraciones del orden de 1000 ppm.

Un huevo puede tener 35.5 ppm de zinc en su yema, pero sólo 0.3 en la clara (11).

Las mejores fuentes de zinc son la carne de res y de guajo lote (5.5 mg/100 g) y la leche (4 mg/l). Los cereales (especialmente la avena, que es más rica en este elemento), las frutas y las verduras aportan cantidades menores (0.1 mg/100 g). El pollo y el pescado contienen 2.5 mg/100 g (8).

FUENTE DE CONTAMINACION METALICA  
DE ALIMENTOS DURANTE SU PROCESAMIENTO.-

Contaminación a la puerta de la fábrica.-- En la bodega de la fábrica los alimentos se pueden contaminar con partículas -- del suelo, polvo y otros materiales recogidos durante el crecimiento, cosecha y transporte. Todas estas partículas y materiales pueden ser ricas en metales, que si no son eliminados pueden causar contaminación en los alimentos procesados, por lo -- que la mayoría de los vegetales y muchos otros comestibles primarios, requieren de alguna forma de limpieza antes de procesar los (11).

Contaminación de la planta y el equipo.-- Se ha reconocido que el equipo para procesar los alimentos y hacer los envases -- es una fuente de contaminación química y microbiológica en los alimentos. El plomo ha sido siempre un problema en el procesamiento de los alimentos, porque este metal se presta para la re -- paración y fabricación de utensilios de preparación y almacenamiento, así como el sellado de lata (11).

El cadmio es a menudo usado en piezas del equipo y es fá -- cilmente soluble en ácidos débiles, por lo que su uso debería -- estar reducido a partes de la planta que no van a estar en contacto directo con los alimentos.

El zinc, que usualmente contiene algo de cadmio, se disuel -- ve fácilmente por ácidos diluidos y nunca debería ser usado en el equipo para cargar los alimentos (11).

FUENTES DE CONTAMINACION METALICA  
PROVENIENTES DEL AMBIENTE.-

El análisis de los tejidos del cuerpo humano mostrará la -- presencia de elementos metálicos, en mayores o menores cantidades. Esto no es de sorprender pues los alimentos que se comen --

contienen una gran variedad de metales, que reflejan la distribución de esos elementos en la atmósfera. El suelo donde crecen las plantas contienen metales de un gran número de fuentes, -- principalmente las rocas de las cuales el suelo está formado, -- fertilizantes, aguas de lodos cloacales y otros materiales adicionados en el transcurso de las actividades de agricultura. -- Los metales también se esparcen de los despojos de las minas y la basura industrial, por el polvo y el humo de la combustión y por otras formas de contaminación atmosférica (11).

La mayoría de las plantas crecen en el suelo, y si éstas -- contienen altas concentraciones de metales, tales como plomo, -- zinc y cobre, y se usan directamente para consumo humano producirán problemas. En los años de 1950 ocurrió una tragedia en la ciudad de Toyama, Japón, debido a una contaminación de cadmio -- en arroz, por agua contaminada de la industria. Más de 50 personas murieron y cientos sufrieron de una enfermedad inducida por cadmio, que aparte de otros síntomas, se manifestaba como una -- descalcificación del esqueleto (11).

Lodo de aguas cloacales. -- Dichos lodos son ricos en materia orgánica, aproximadamente el 40% en base seca. Contienen -- cerca de 2.4% de nitrógeno y 1.3% de fosfato. Desgraciadamente los lodos de aguas cloacales contienen relativamente altos y variables niveles de metales traza.

Gran parte de esos metales son debidos a las actividades domésticas; pero en su mayoría a las industriales. El zinc es uno de los mayores contaminantes por los materiales galvanizados (11).

Aguas que contienen metales. -- Al alojarse los desechos industriales a ríos y lagos y otras veces hasta en el mar, esas -- aguas están siendo contaminadas. Por ejemplo, en el río Tees al noroeste de Inglaterra, existen entre 10 y 15 ppm de cromo, -- cobre, zinc, aluminio y manganeso disueltos, con 30 ppm de fierro y menores cantidades de arsénico, uranio, titanio, vanadio, cobalto, estaño, zirconio, antimonio y tungsteno. Se han introducido leyes en muchos países para el control de la contaminación del agua. Lo que ha reducido la cantidad de metales tóxicos liberados.

Contaminación por fertilizantes e insecticidas.- De acuerdo a la Swedish National Board of Health and Welfare, no deberán usarse lodos con más de 15 ppm de cadmio para tierras arables, pero los niveles de cadmio en fertilizantes comerciales exceden a menudo la tolerancia. Se encontró que un tipo de ellos, el NPK 16-7-13 contenía 18 ppm de cadmio, algunos otros contenían más de 20 ppm (11).

Contaminación de metales pesados.- Los metales pesados están ampliamente distribuidos en la corteza terrestre y océanos, por lo que es inevitable que trazas de esos metales puedan ser detectados en todas las plantas y animales y aún en nuestros alimentos.

Estos metales pueden ser peligrosos a niveles suficientemente altos. Hace unos años murieron 20 personas en la ciudad de Quebec, debido a una cardiomiopatía inducida por el consumo de metales pesados que contenía una cerveza a la cual se añadía sulfato de cobalto como estabilizador de la espuma (27).

Con el crecimiento industrial, el uso de zinc y cadmio ha incrementado, ocasionando la exposición al hombre de esos metales.

El hombre de los Estados Unidos está expuesto diariamente al cadmio por el aire, los alimentos y el agua. El promedio de ingesta por medio de esas tres fuentes es 0.02, 50 y 10  $\mu\text{g}$  de cobre al día respectivamente.

Si una persona fuma 20 cigarrillos al día, la ingesta de cadmio es incrementada significativamente, a aproximadamente 20 microgramos al día (28). En México la ingesta diaria debida a 20 cigarrillos está en un intervalo de 25 a 33.6  $\mu\text{g}$  (25).

Contaminación por plomo.- Otras fuentes de contaminación de cadmio y plomo provienen de la decoración e impresión hechas en vasos de vidrio, cerámica y recipientes. Por ejemplo, en Japón se encontró entre 0.1 y 390 mg/cm<sup>2</sup> de plomo y entre 0.1 y 40 mg/cm<sup>2</sup> de cadmio. Los metales tóxicos vienen de la impresión y no del vidrio en sí. En bolsas de polietileno se han encontrado cerca de 25 g de plomo por kg; mucha de esta contaminación se debe a los pigmentos usados. Una reciente investigación acerca del contenido de plomo en paquetes con papel colorido usado para envolver alimentos, reveló altos niveles del metal. En un paquete de harina se encontraron 20 ppm de plomo y en una caja de spaghetti 50 ppm del mismo (11).

Por otra parte, los cereales, frutas y verduras cultivados en la proximidad de carreteras o autopistas, pueden contener -- plomo procedente del tetraetilo de plomo que se añade como anti detonante a la gasolina. La cantidad de plomo que ingresa diariamente en el organismo a partir de las distintas fuentes es de unos 0.5 mg. Como cantidad soportable se considera 1 mg diario, por lo tanto, no hay que temer que en condiciones normales se produzca una intoxicación crónica y mucho menos aguda (18).

En un estudio se llevó a cabo un análisis de los cromosomas en un grupo de 30 niños que viven en un pueblo de Alemania del Oeste, cerca de una planta de plomo. Debido a la emisión -- del fundidor de plomo individual, se ve incrementada la ingestión de plomo por alimentos, agua de beber e inhalación. En el grupo de niños investigados se indicó una significativa exposición de plomo. Un total de 10 000 células fueron contadas después de 48 hrs. El plomo se incrementó significativamente comparado con dos grupos de 10 niños de un suburbio en quienes no -- había evidencia de que sus cromosomas sufrieran aberraciones -- (3).

En dos estudios efectuados en Glasgow (Escocia), se observó la exposición ambiental de plomo de 230 madres y sus infantes recién nacidos y en 117 madres y sus bebés de 6 semanas. En ambos estudios, las concentraciones de plomo en sangre fueron -- encontradas con una correlación significativa con la raíz cúbica

de las concentraciones de plomo en el agua doméstica. Esos estudios enfatizaron la importancia del plomo y el agua en cuanto a la exposición ambiental del plomo a madres y sus infantes recién nacidos (20).

Bajo circunstancias de baja exposición prenatal al plomo y baja exposición al plomo sin dieta post-natal, se estudiaron 4 infantes alimentados con fórmula para determinar la relación entre la ingesta de plomo en la dieta y la concentración de plomo en sangre. Para bebés de 8 a 111 días de edad, se encontró que para el grupo de infantes alimentados con fórmula, la ingesta diaria de plomo fué menor que para el grupo de infantes alimentados con leche materna (23).

#### FUENTES DOMESTICAS DE CONTAMINACION

##### METALICA.-

Las vasijas y objetos de cerámica pueden contener plomo proveniente de los barnices y colores y también los utensilios de zinc pueden estar fabricados con material que contenga plomo. Los utensilios domésticos tales como las cacerolas, platos y cubiertos pueden también contribuir a la contaminación de metales en alimentos. Los utensilios de cocina barnizados son capaces de contaminar los alimentos, ya que los colorantes contienen sales de plomo y cadmio. Otros metales pueden ser incorporados a los alimentos durante el cocimiento a un nivel tóxico, lo que, se ha identificado como una fuente potencial adicional de exposición de metales para los humanos (especialmente plomo). Los vegetales y el arroz cocidos en agua pueden absorber hasta el 80% del plomo en el agua. La cantidad de plomo absorbido depende de la concentración de plomo en el agua, tipo del vegetal, dureza del agua y duración del cocimiento (11, 17 y 18).

Se midieron por espectrofotometría de absorción atómica -- las cantidades de plomo que pudiesen provenir de artículos del hogar y pasasen al cuerpo humano. Las cantidades de plomo detectadas no deberían causar problemas desde el punto de vista de usarse bajo condiciones normales. El plomo fué a veces detectado en cristalería, por pintura que contenía plomo. Juguetes y otros artículos usados por niños, fueron dejados durante 30 minutos en agua caliente a 40° C con un agitación ocasional. Bajo esas condiciones, sólo una flauta dió un valor de 1.12 ppm, el cual está en el límite de regulación de 2 ppm; en los otros artículos no se detectaron cantidades superiores a éstas, sino que dieron valores insignificantes (14).

Un estudio epidemiológico comparó el plomo al azar en el ambiente doméstico de niños envenenados con plomo (edades de 1 a 7 años) con un control de niños no envenenados. En el caso de los niños intoxicados, se presentó una más alta frecuencia y niveles más altos de plomo en la pintura de superficies exteriores e interiores de las casas de los mismos, lo que no sucedió con los controles comparados. Las superficies pintadas intactas y las superficies que pierden pintura pueden tener plomo al --- azar.

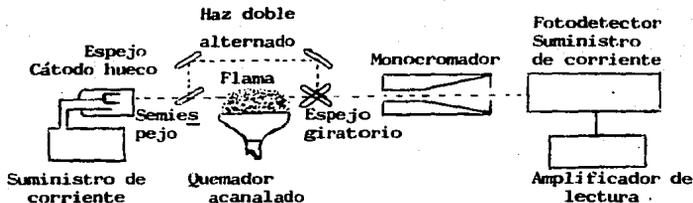
Entre otras fuentes de exposición al plomo (por ejemplo, - suelo, agua para beber y la atmósfera) y lo reportado, no se en contró diferencia significativa entre los casos y los controles (13).

## PARTE ANALITICA

### ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.- FUNDAMENTO.-

El fundamento del método consiste en hacer pasar un haz de luz a través de una muestra y medir la intensidad de luz antes y después de haber pasado por la misma. El haz de luz debe ser de igual longitud de onda que la emitida por los átomos excitados del elemento en cuestión. El elemento a determinar en la muestra se debe encontrar en estado basal, para lo cual se debe aspirar a una flama.

#### INSTRUMENTACION.-



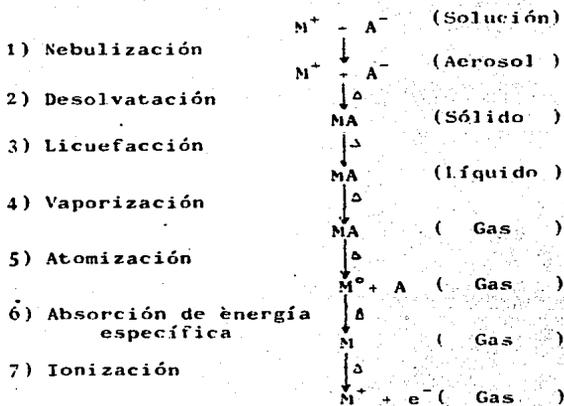
**Fuente de luz.-** Se requiere una fuente de luz la cual emite las líneas espectrales atómicas del elemento a ser determinado, para lo cual se usan las lámparas de cátodo hueco que contienen el elemento que se va a determinar (4). Estas lámparas son diseñadas para emitir energía de una particular longitud de onda, capaces de pasar del estado basal al estado excitado los átomos del elemento de interés en la muestra (11).

Una lámpara de cátodo hueco consiste en una envoltura de vidrio de unos 15 cm de largo y 5 cm de diámetro con ventana de cuarzo. Introducidos en su interior se encuentran el cátodo, capa metálica que contiene el elemento a excitar y el ánodo, formado simplemente por una varilla de tungsteno (9). El tubo se evacúa y se llena con un gas portador monoatómico, ultrapuro, comúnmente argón o neón, a una presión de 1 a 5 torr (31). Se

elige la presión del gas, así como el voltaje aplicado, para - que la descarga quede confinada en el interior del cátodo (9).

Sistema nebulizador - quemador.- Este sistema transforma a la sustancia problema de la solución en vapor atómico que -- absorbe la energía proveniente de la fuente, excitando a los - átomos neutros. No debe existir efecto de memoria. es decir, - el contenido de una muestra no debe quedar retenido y, afectar el resultado de otra muestra. Los otros requisitos del sistema son: facilidad de limpieza, resistencia a la corrosión y faci- lidad de ajuste (31).

Proceso de atomización en la flama.-



Primero, por el capilar del nebulizador, se aspira la muestra a la cámara del mechero, donde se mezcla como fino aerosol con los gases de combustión. En este punto, los metales están - todavía en solución en las finas gotas de aerosol. Conforme -- esas finas gotas pasan la flama, el calor evapora al solvente y deja finas partículas sólidas de la muestra. Mientras más calor se aplique, la licuefacción tendrá lugar y un calor adicio-

nal vaporizará la muestra. En este momento, el metal de interés está todavía enlazado con algún anión para formar una molécula. Aplicando todavía más energía calorífica, esta molécula es disociada en los átomos individuales que la forman. La temperatura de la flama es un parámetro importante que gobierna el proceso de atomización. Las temperaturas de algunas flamas usadas en absorción atómica, se enlistan a continuación (4).

Oxidante - Combustible	Temperatura (°C)
Aire - metano	1875
Aire - gas natural	1700 - 1900
Aire - hidrógeno	2000 - 2050
Aire - acetileno	2125 - 2400
N <sub>2</sub> O - acetileno	2600 - 2800

Mientras que la flama de aire - acetileno es satisfactoria para la mayoría de los elementos determinados por absorción atómica, se requiere una flama más caliente para muchos elementos que forman compuestos refractarios y es efectiva en el control de interferencias en otras situaciones.

El número de átomos metálicos en estado basal formados en el 5o. paso del proceso de flama, determinará la cantidad de luz absorbida. La concentración se determina por comparación de la absorbancia de la muestra con la absorbancia de una serie de estándares de concentración conocida. Las relaciones entre el número de átomos en la flama y la concentración del elemento analizado en solución, es gobernado por el proceso de atomización. Si cualquier constituyente de la muestra altera uno o más pasos de este proceso, existirá una interferencia y resultará una medida de concentración errónea si la interferencia no se elimina (4).

El atomizador debe ser hecho de materiales resistentes a la corrosión, que sobrevivan a altas temperaturas. Deben tener buena estabilidad y alta sensibilidad, ser versátiles y adecuados para un amplio número de elementos. El combustible, el gas

oxidante y la solución con la muestra, entran a través de canales separados, y emergen al mismo punto de ignición, pero antes son mezclados en una cámara separada. Grandes gotas caen al fondo de la cámara y sólo un fino "spray" llega a la flama (11).

**Monocromador.**- Se usa un monocromador para dispersar las varias longitudes de onda de luz que son emitidas de la fuente y para aislar la línea de particular interés. La selección de una fuente específica y una longitud de onda particular en la fuente es para la determinación de un elemento seleccionado en presencia de otros (4).

El monocromador se usa sólo para aislar la línea deseada de otras líneas de emisión y para reducir notablemente el flujo total de luz que llega al detector. Cuando es factible, las rendijas se pueden ensanchar hasta cierto límite para permitir la entrada de más luz. Esto se traduce en una mejora en la precisión y en el límite de detección (31), el cual indica la máxima concentración del elemento que puede ser medida (4).

**Fotodetector.**- La longitud de onda de la luz que es aislada por el monocromador se dirige al detector, el cual actúa como el "ojo" del instrumento. Esto es un tubo fotomultiplicador, que produce una corriente eléctrica dependiente de la intensidad de la luz que recibe. La corriente eléctrica es luego procesada por los instrumentos electrónicos para producir una señal correspondiente a la concentración de la muestra (4).

ANTECEDENTES DE ALGUNOS DE LOS  
ELEMENTOS EN ESTUDIO.-

En un estudio (16) se determinaron las concentraciones de plomo en microgramos por mililitro por espectrofotometría de -- absorción.

Se encontró lo siguiente: en 9 leches evaporadas descremadas: 1.04; en 9 fórmulas para infantes: 0.50; y en 14 leches -- humanas: 0.02.

Los cálculos de la ingesta de plomo por los infantes, indicaron que la leche evaporada descremada, la fórmula para infantes y la leche evaporada, darían respectivamente 0.52, 0.25 y - 0.18  $\mu\text{g}$  Pb/ml a los infantes. La leche en polvo, la leche de vaca homogenizada y la leche humana darían sólo 0.09  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 0.04  $\mu\text{g}/\text{ml}$  y 0.02  $\mu\text{g}/\text{ml}$ .

Somers (27) cita que Kirckpatrick y Coffin con anterioridad analizaron el contenido de cadmio, plomo y mercurio en carnes. El contenido de cadmio promedio fué de 0.02 ppm y el mercurio 0.006 ppm, excepto en carnes enlatadas donde fué de 0.16 -- ppm.

Somers también menciona que un afecto similar ha sido reportado por Bogen (1968), quien encontró que los vegetales enlatados tenían 3.6 veces la concentración de plomo que cuando estaban frescos.

En análisis limitados de alimentos para bebés, se encontró que el contenido de plomo promedio de los alimentos enlatados - estaba en un intervalo de 0.1 - 0.3 ppm, mientras que sin enlatar era de 0.04 - 0.08 ppm.

El siguiente cuadro muestra la ingesta promedio diaria --- ( $\mu\text{g}/\text{persona}$ ) de metales traza en alimentos en 1970 - 71.

Cadmio.....67	Manganeso.....3300
Cobalto.....50	Mercurio.....13
Cobre.....2100	Niquel.....460
Cromo.....144	Zinc.....16900
Fierro...16600	Plomo.....138

Un examen (30) para determinar el contenido de plomo de -- fuentes de alimentos para infantes se efectuó en el Distrito de Colombia. Las muestras fueron colectadas de varios lotes de marcas nacionales de fórmulas para infantes y leche evaporada, cartones de leche descremada en polvo, leche de vaca homogenizada y leche humana de madres voluntarias. Las concentraciones de -- plomo en fórmulas para infantes, leche evaporada y leche descremada en polvo, aparentemente excedieron de las de leche fresca de vaca y leche humana, coincidiendo con Lamm y colaboradores.

En un estudio (21) se determinaron los efectos de la acidez del jugo, tiempo de almacenamiento y temperatura en cuanto al contenido de plomo en jugo de toronja enlatado. El jugo --- procesado fresco tenía una concentración de 0.06 ppm. Los niveles de plomo promedio se incrementaron a 0.19 ppm después de 17 semanas de almacenamiento. Después de 52 semanas de almacenam--- miento, las concentraciones de plomo variaron de 0.13 a 0.26 -- ppm. Esos niveles están dentro de los estándares de la FAO y de la OMS. La temperatura de almacenamiento no tuvo un efecto significativo en las concentraciones de plomo. El factor que influyó más para alterar los niveles de plomo, fué el área de superficie de soldadura expuesta al jugo. El pH del jugo fué también un factor importante y mientras más ácido sea el jugo, tendrá -- parcialmente un mayor contenido de plomo. Esos resultados sugie--- ren que se pueden tomar medidas para reducir el contenido de -- plomo en la superficie interior de la soldadura.

De los alimentos para infantes analizados, los más altos -- niveles de plomo fueron encontrados en leche evaporada enlatada, jugo de naranja y manzana. En jugo de naranja enlatado para --- bebés, se encontró una concentración media de plomo de 0.38 ppm (21).

Se estima de hace 5 años el promedio de plomo ingerido diariamente de alimentos es 200 - 300  $\mu\text{g}$ . día para adultos y 75 --- 110  $\mu\text{g}$ /día para niños. En 1975, el Dr. Mahaffey (20) de la Food and Drug Administration (FDA), condujo un estudio dietético en Washington, D.C., el cual mostró la variabilidad del nivel de la ingesta diaria de plomo en 79 niños de seis y medio meses a 3 y medio años de edad. La tabla es la siguiente:

Consumo de plomo ( $\mu\text{g}$ /día)	No. de niños consumiendo
0 - 50	33
51 - 100	18
101 - 150	14
151 - 200	5
201 - 250	0
251 - 300	3
Más de 300	6

La siguiente tabla muestra una comparación de los niveles de plomo en los alimentos para infantes y niños pequeños en los 70's y 1980 (26)

Tipo de alimento	Pb en los 70's	Pb en 1980
Leche evaporada	0.52 ppm	0.08 ppm
Fórmula para infantes	0.10 "	0.02 "
Jugos para bebés	0.30 "	0.015 "
Alimentos sólidos para bebés <sup>a</sup>	0.15 "	0.03 "
Alimentos para adultos <sup>b</sup>	0.38 "	0.21 "

Se hizo un estudio(2) de 7 días en el que participaron 371 - niños preescolares de edades comprendidas desde el nacimiento - hasta los 5 años. El estudio indicó una relación lineal directa existente entre la edad y la ingesta de plomo en la dieta. La - ingesta promedio del plomo en la dieta fué variada. Los varios

a - envase de vidrio

b - enlatados

niveles de plomo ingeridos fueron atribuidos a la frecuencia -- del consumo de artículos alimenticios, a la cantidad del alimento consumido y al contenido de plomo de un particular artículo alimenticio. A juzgar por la variación en la cantidad de alimento consumido por varios niños, se calculó la ingesta promedio -- de plomo por 500 kcal consumidas y por 500 g de alimento consu- mido. Cuando se siguieron esos procesos de estandarización, se observó una igualdad en los valores de la ingesta de plomo dia- rria en la dieta entre los niños de varias edades.

Se estudiaron (15) las concentraciones de plomo y cadmio - en el período peri-natal en una población urbana británica. Se midieron las concentraciones en sangre de plomo y cadmio, así - como de fierro, en 28 infantes y madres, a los 5 días del parto. Se notó transferencia por la placenta de ambos metales.

Se analizó plomo y cadmio en leche materna, encontrándose concentraciones de 0.01 mmol/l de plomo, menor que en dos fórmu las comerciales. La concentración de cadmio en leche materna y fórmulas preparadas fué similar. El riesgo de que el infante in giriera un exceso de plomo o cadmio en la leche materna fué pe- queño.

Se hizo un estudio (10) en el que se discute la exposición de metales en los hombres, mujeres no embarazadas y en los des- cendientes. En el hijo se deben considerar los efectos sobre el óvulo fertilizado, el crecimiento del embrión y finalmente el - feto y el estado peri-natal. El sistema nervioso central puede ser especialmente vulnerable durante el desarrollo. La placenta también sufre cambios y la placenta o el feto pueden ser el --- blanco primario. En humanos, ciertos metales pueden causar abor- to u otros efectos sobre el concepto. Los efectos pueden tam---

bién ser producidos en el útero por exposición de los metales y en el infante que mama.

Efectos de plomo y arsénico son asociados principalmente - con exposiciones post-natales durante la infancia y la temprana niñez, pero hay razón para creer de los experimentos realizados con animales, que algunos efectos pueden ocurrir de exposiciones pre-natales de ciertos compuestos metálicos.

Se hizo una evaluación de 278 infantes aparentemente sanos, los cuales se probaron para deficiencia de hierro para determinar la frecuencia de efectos adversos atribuibles al tratamiento oral con hierro. Después de obtener el consentimiento de los padres, las pruebas de laboratorio de hierro fueron llevadas a cabo en sangre venenosa en infantes con nivel de hemoglobina mayor de 10.5 g/dl fueron escogidos al azar para recibir 1.2 ml - de  $\text{FeSO}_4$  en gotas (aprox. 3 mg de Fe/Kg/día) o igual volumen de un placebo durante 3 meses. Después del tratamiento, los infantes regresaron a la clínica para repetir las pruebas sanguíneas para obtener los posibles efectos adversos. No hubo diferencia significativa en la frecuencia del vómito y diarrea en infantes tratados con hierro (6%) comparados con los infantes tratados con placebo (9%). El estreñimiento fué ligeramente más frecuente reportado en los infantes tratados con placebo (9%) que los infantes tratados con hierro. La docilidad con terapia fué confirmada en 179 infantes evaluados completamente.

Los padres no reportaron evacuaciones oscuras como un efecto adverso a la terapia. Una vez al día, se dió terapia de dosis moderada a infantes de un año de edad, los cuales no tuvieron más efectos gastrointestinales que los de terapia con placebo (22).

En el caso de las preparaciones no lácticas y de las preparaciones lácticas concebidas para servir de alimento exclusivo o fundamental de los niños de menos de 6 meses, las normas propuestas por el comité del Codex, comprenden especificaciones sobre las concentraciones de magnesio, hierro, yodo, cobre, zinc.

manganeso, cromo, vanadio, níquel, estaño y selenio en concen--  
traciones (por 100 kcal) iguales o menores a las que se encuen--  
tran en leche humana. El comité considera justificado fijar el  
contenido de zinc de las preparaciones no lácticas en 0.5 mg/--  
100 kcal (24).

## II.- PARTE EXPERIMENTAL

### 1.- MATERIAL UTILIZADO.-

- Balanza Analítica.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Marca Perkin-Elmer, Modelo 2380.
- Estufa. Marca Eelisa. Modelo FE 291.
- Mufla. Marca Caisa. Modelo 301 M.
- Parrilla Eléctrica. Marca Labconco.
- Material de vidrio afín al laboratorio.

### 2.- MUESTRAS.-

Las muestras analizadas fueron las siguientes:

- A... Colado de guayaba
- B... Colado de plátano
- C... Colado de manzana
- D... Colado de postre de durazno
- E... Colado de mango
- F... Sopa colada de vegetales y pavo
- G... Sopa colada de vegetales e hígado con jamón
- H... Colado de hígado con vegetales y jamón
- I... Colado de pollo con vegetales
- J... Picado de carne de res con vegetales
- K... Colado de jugo de naranja
- L... Colado de jugo de frutas mixtas
- M... Colado de jugo de frutas tropicales
- N... Colado de jugo de naranja y piña con plátanos
- O... Colado de jugo de naranja y piña
- P... Cereal de arroz
- Q... Cereal de avena
- R... Cereal mixto

Todos los alimentos anteriores son de marca Gerber

S... Mezcla de arroz, trigo y soya. Marca Nutrim.  
T... Cereal de arroz. Marca Nutrim  
U... Harina de arroz. Marca Cisa  
V... Cerelac. Marca Nestlé  
W... Leche en polvo Plenilac  
X... Leche en polvo Nesbrum  
Y... Leche en polvo Nan 1  
Z... Leche en polvo Sma.

Todas las muestras mencionadas se adquirieron por triplicado en tiendas ubicadas en distintos rumbos del D.F. Cada muestra se analizó por duplicado. Este muestreo se hizo aleatoriamente, ya que no se pretende tener valores estadísticos, sino una idea en general de la cantidad que ingiere al día el infante de los alimentos analizados.

### 3.- PREPARACION DE LAS MUESTRAS.-

a) Homogenización. - Las muestras se homogenizaron en el envase original.

b) Secado. - Se usó una estufa a temperatura 90 - 100°C -- durante aproximadamente 8 horas.

Las muestras secas se guardaron en bolsas de plástico para prevenir que adquirieran humedad del ambiente.

c) Pesado. - Las muestras se pesaron en crisoles y cápsulas de porcelana en una balanza analítica. En el caso de papi--llas se pesaron aproximadamente 5 gramos y en el de cereales y fórmulas 10 gramos.

d) Calcinado. - Las muestras se quemaron en parrilla eléctrica para iniciar la carbonización de la materia orgánica. Posteriormente se transfirieron a una mufla y se carbonizaron durante 8 horas a una temperatura de 500 - 550°C. Al observar en algunas muestras la presencia de carbono mediante puntos negros, fué necesario humedecer con 4 gotas de agua desionizada y 1 gota de HCl concentrado, evaporar en la parrilla eléctrica y se--

guir la carbonización en la mufla, hasta la obtención de cenizas blancas o grises.

e) Disolución.-- Las cenizas obtenidas se disolvieron en ácido clorhídrico al 13% y se aforaron con agua desionizada a obtener un volumen de 25 mililitros (solución original).

Las muestras ya preparadas se guardaron en frascos de plástico tapados con parafilm. A partir de estas muestras se realizaron diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000, para así, dependiendo de la concentración del elemento a analizar, escoger la dilución adecuada. Estas diluciones se prepararon a veces directamente de la solución original y a veces a partir de la dilución anterior.

f) Lectura.-- Se prepararon soluciones patrón de 1000 ppm de los elementos a determinar, para a partir de éstos obtener los estándares, cuyas concentraciones finales fueron las siguientes:

Elemento	Concentración (ppm) de los estándares
Ca	5, 15, 30
Cd	2, 6, 12
Cr	5, 15, 30
Cu	5, 15, 30
Fe	5, 15, 30
Pb	5, 15, 30
Zn	1, 3, 6

Las condiciones del aparato al efectuar las determinaciones fueron:

Gas comburente : Aire  
Gas combustible: Acetileno

Elemento	Longitud de onda (nm)	Sensitividad (ppm)
Ca	422.7	0.092
Cd	228.8	0.028
Cr	357.9	0.078
Cu	324.8	0.077
Fe	248.3	0.10
Pb	283.7	0.19
Zn	213.9	0.018

g) Cálculos. - A partir de las lecturas de concentración - obtenidas para cada caso se efectuó la siguiente operación:

$$\text{Concentración (ppm)} = \frac{\text{Lectura} \times \text{Aforo} \times \text{Dilución}}{\text{Peso de la muestra}}$$

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro No. 1 en el capítulo de resultados.

### I I I .- R E S U L T A D O S

Cuadro No. 1

Contenido promedio de elementos esenciales y nocivos en mg/kg  
(ppm).

Base seca.

* Muestra	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
A	1797.53	N.D.	3.74	4.67	1.28	0.85	5.14
B	49.18	N.D.	0.40	6.61	0.61	0.59	6.05
C	81.66	N.D.	0.34	4.60	0.89	0.50	5.47
D	50.54	N.D.	1.06	8.44	0.84	0.65	4.60
E	1510.98	N.D.	0.36	5.20	0.48	0.56	4.28
F	5833.77	0.22	0.99	5.52	1.16	1.90	23.39
G	1372.72	0.41	0.27	35.35	2.45	1.03	84.65
H	1549.46	0.44	0.22	47.80	2.72	1.24	71.53
I	12722.78	0.31	0.53	3.72	1.17	1.06	31.39
J	915.99	0.20	0.61	4.19	1.23	0.74	70.80
P	9016.58	0.25	0.57	4.57	534.65	0.71	135.14
Q	7911.23	0.24	0.53	6.21	504.25	0.78	27.60
R	5483.15	0.23	0.53	5.21	290.36	1.07	19.29
S	2142.08	0.14	0.22	3.31	40.52	0.70	10.45
T	1346.87	0.49	0.79	4.94	38.35	0.87	16.23
U	3670.20	0.05	N.D.	2.68	25.35	0.37	12.34
V	2792.23	0.14	N.D.	1.31	63.84	1.06	12.25
W	9523.82	0.24	0.20	0.62	93.00	0.70	40.53
X	9477.04	0.34	0.33	0.31	92.94	1.60	39.24
Y	9514.98	0.05	N.D.	0.33	85.02	0.65	43.51
Z	9308.26	0.08	N.D.	0.32	92.86	0.53	38.98

N.D. = No detectable

\* Ver págs. No. 47 y 48

Cuadro No. 2

Contenido promedio de elementos esenciales y nocivos en mg/kg,  
(ppm).

Base húmeda.

M <sup>a</sup>	% H <sub>2</sub> O <sup>b</sup>	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
A	85.5	984.94	N.D.	2.05	2.56	0.70	0.46	2.81
B	"	26.95	N.D.	0.22	3.62	0.33	0.32	3.31
C	"	44.75	N.D.	0.18	2.52	0.49	0.27	3.00
D	"	27.69	N.D.	0.58	4.62	0.46	0.35	2.52
E	"	827.93	N.D.	0.19	2.85	0.26	0.31	2.34
F	88.5	3094.84	0.12	0.52	2.93	0.61	1.01	12.41
G	"	728.23	0.21	0.14	18.75	1.30	0.54	44.91
H	"	821.99	0.23	0.12	25.35	1.44	0.66	37.95
I	"	6749.48	0.16	0.28	1.97	0.62	0.56	16.65
J	"	485.93	0.10	0.10	2.22	0.65	0.39	37.56
P	8.2	8333.26	0.23	0.53	4.23	494.13	0.66	12.14
Q	"	7311.67	0.22	0.49	5.74	466.03	0.72	25.50
R	"	5067.61	0.21	0.49	4.82	268.35	0.99	17.83
S	"	1979.74	0.13	0.21	3.06	37.44	0.65	9.66
T	"	1244.80	0.46	0.73	4.57	35.45	0.81	15.00
U	"	3392.05	0.05	N.D.	2.48	23.43	0.34	11.40
V	1.5	2750.97	0.14	N.D.	1.30	62.89	1.05	12.07
W	2.5	9291.53	0.24	0.19	0.60	90.73	0.68	39.54
X	"	9245.89	0.34	0.32	0.30	90.67	1.56	38.29
Y	"	9282.91	0.04	N.D.	0.32	82.95	0.63	42.45
Z	"	9081.23	0.08	N.D.	0.31	90.59	0.52	38.03

a - M= Muestras (Ver págs. No.47 y 48)

b - Estos datos corresponden a la humedad de las muestras, obtenida del promedio de 10 determinaciones.

N.D. = No detectable

**Cuadro No. 3**

**Contenido promedio de elementos esenciales y nocivos en mg/100ml.**

Muestra*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
K	3.090	N.D.	N.D.	0.044	0.107	0.018	0.037
L	3.368	N.D.	N.D.	0.025	0.026	0.016	0.056
M	4.784	N.D.	N.D.	0.037	0.018	0.036	0.037
N	4.790	N.D.	N.D.	0.045	0.013	0.022	0.050
O	2.653	N.D.	0.023	0.037	0.105	0.031	0.025

N.D. = No detectable

**Cuadro No. 4**

**CONFORMACION DE LA DIETA PARA INFANTES MENORES DE 1 AÑO (12).**

**El consumo de alimentos es por día.**

Edad (meses)	Grupo de alimento	Cantidad Promedio
0 - 2	Fórmula	79.74 g
2 - 4	Fórmula	116.70 g
4 - 5	Fórmula	97.25 g
	Cereal precocido (sin mezclas)	35.00 g
	Jugo	120.00 ml
5 - 6	Fórmula	97.25 g
	Cereal precocido (sin mezclas)	35.00 g
	Jugo	120.00 ml
	Fruta	35.00 g
6 - 8	Fórmula	81.69 g
	o Leche	620.13 ml (77.51 g)
	Cereal (mixto,proteinado o precocido)	35.00 g
	Jugo	150.00 ml
	Fruta	35.00 g
	Carne con verduras	52.50 g

\* Ver págs. No. 47 y 48

Edad (meses)	Grupo de alimento	Cantidad promedio
8 - 12	Leche	826.49 ml (103.32 g)
	Cereal (mixto, proteinado o precocido)	35.00 g
	Jugo	210.00 ml
	Fruta	24.50 g
	Carne con verduras	70.00 g

A) DIETAS DETERMINADAS (mg/día)

En los siguientes cuadros se anotan las cantidades ingeridas diariamente de cada elemento que consume el infante, dependiendo de la edad, en dietas en las que se escogió un determinado alimento.

Los datos siguientes son para L.V. = leche de vaca (1) en mg/kg: Ca - 1300; Cu - 0.50; Fe - 1.95 y Zn - 4.50

Cuadro No. 5

Edad: Recién nacido - 2 meses

Alimento*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
W	740.90	0.01	0.01	0.04	7.23	0.05	3.15

Cuadro No. 6

Edad: 2 - 4 meses

Alimento*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Y	1083.31	0.00	0.00	0.03	9.69	0.07	4.95

Cuadro No. 7

Edad: 4 - 5 meses

Alimento*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Y	902.70	0.00	0.00	0.03	8.00	0.06	4.12
Q	255.90	0.00	0.01	0.20	16.31	0.02	0.89
U	3.18	0.00	0.02	0.04	0.12	0.03	1.94
	<u>1161.84</u>	<u>0.00</u>	<u>0.03</u>	<u>0.27</u>	<u>24.49</u>	<u>0.09</u>	<u>6.95</u>

\* Ver págs. No. 47 y 48

Cuadro No. 8

Edad: 5 - 6 meses

Alimento*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Z	883.14	0.00	0.00	0.03	8.80	0.05	3.69
P	291.66	0.00	0.01	0.14	17.29	0.02	0.42
K	3.70	0.00	0.00	0.05	0.12	0.02	1.57
G	<u>1.56</u>	<u>0.00</u>	<u>0.00</u>	<u>0.08</u>	<u>0.01</u>	<u>0.00</u>	<u>0.10</u>
	1180.06	0.00	0.01	0.30	26.22	0.09	5.78

Cuadro No. 9

Edad: 6 - 8 meses

Alimento*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
X	755.29	0.02	0.02	0.02	7.40	0.12	3.12
L.V.	100.76	---	---	0.03	0.15	---	0.34
R	177.36	0.01	0.01	0.16	9.39	0.03	0.62
C	1.56	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.10
L	5.05	0.00	0.00	0.04	0.03	0.02	4.14
J	<u>25.51</u>	<u>0.00</u>	<u>0.00</u>	<u>0.11</u>	<u>0.03</u>	<u>0.02</u>	<u>1.97</u>
c/fórm.	964.77	0.03	0.03	0.41	16.86	0.19	9.95
c/L.V.	310.24	0.03	0.03	0.42	9.61	0.19	7.17

Cuadro No. 10

Edad: 8 - 12 meses

Alimento*	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
L.V.	134.31	---	---	0.05	0.20	---	0.46
V	96.28	0.00	0.00	0.04	2.20	0.03	0.42
M	10.04	0.00	0.00	0.07	0.03	0.07	4.05
E	20.28	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.05
F	<u>216.63</u>	<u>0.00</u>	<u>0.03</u>	<u>0.20</u>	<u>0.04</u>	<u>0.07</u>	<u>0.86</u>
	477.54	0.00	0.03	0.42	2.47	0.17	5.84

\* Ver págs. No. 47 y 48

## B) DIETAS PROMEDIO (mg/día)

En los siguientes cuadros se anotan las cantidades ingeridas diariamente de cada elemento en dietas que consume el infante, dependiendo de la edad, en las cuales se promedian todos los productos analizados según el grupo de alimentos al que pertenecen.

Cuadro No. 11

Contenido promedio por grupo de alimento, de elementos esenciales y nocivos en mg/kg (ppm) Base húmeda.

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Fruta	382.45	N.D.	0.64	3.23	0.44	0.34	2.79
Carne c/veg.	2376.09	0.16	0.23	10.24	0.92	0.63	29.89
Jugo <sup>a</sup>	3.737	N.D.	0.023	0.038	0.053	0.024	1.734
Cereal <sup>b</sup>	7822.46	0.22	0.51	4.98	480.08	0.69	18.82
Cereal <sup>c</sup>	4297.15	0.20	0.35	3.74	198.24	0.74	14.80
Fórmula	9225.39	0.17	0.12	0.38	88.73	0.84	39.57
L.V.(1)	1300.00	---	---	0.50	1.95	---	4.50

a - (mg/100ml)

b - precocidos sin mezclas

c - de todo tipo

N.D. = No detectable

Cuadro No. 12

Edad: Recién nacido - 2 meses

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Fórmula	735.63	0.01	0.00	0.03	7.07	0.06	3.15

Cuadro No. 13

Edad: 2 - 4 meses

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Fórmula	1076.60	0.01	0.01	0.04	10.35	0.09	4.61

## Cuadro No. 14

Edad: 4 - 5 meses

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Fórmula	897.16	0.01	0.01	0.03	8.62	0.08	3.84
Cereal <sup>a</sup>	273.78	0.00	0.01	0.17	16.80	0.02	0.65
Jugo	<u>4.48</u>	<u>0.00</u>	<u>0.02</u>	<u>0.04</u>	<u>0.06</u>	<u>0.02</u>	<u>2.08</u>
	1175.42	0.01	0.04	0.24	25.48	0.12	6.57

## Cuadro No. 15

Edad: 5 - 6 meses

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Fórmula	897.16	0.01	0.01	0.03	8.62	0.08	3.84
Cereal <sup>a</sup>	273.78	0.00	0.01	0.17	16.80	0.02	0.65
Jugo	4.48	0.00	0.02	0.04	0.06	0.02	2.08
Fruta	<u>13.38</u>	<u>0.00</u>	<u>0.02</u>	<u>0.11</u>	<u>0.01</u>	<u>0.01</u>	<u>0.09</u>
	1188.80	0.01	0.06	0.35	25.49	0.13	6.66

## Cuadro No. 16

Edad: 6 - 8 meses

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Fórmula	715.05	0.02	0.00	0.02	6.87	0.06	3.06
L.V.	100.76	---	---	0.03	0.15	---	0.34
Cereal <sup>b</sup>	150.40	0.00	0.01	0.13	6.93	0.02	0.51
Jugo	5.60	0.00	0.03	0.05	0.07	0.03	2.60
Fruta	13.38	0.00	0.02	0.11	0.01	0.01	0.09
Carne							
c/veg.	<u>124.74</u>	<u>0.00</u>	<u>0.00</u>	<u>0.53</u>	<u>0.04</u>	<u>0.03</u>	<u>1.56</u>
c/fórm.	1009.17	0.02	0.06	0.84	13.92	0.15	7.82
c/L.V.	394.88	0.00	0.06	0.85	7.20	0.09	5.10

a - precocido sin mezclas

b - de todo tipo

Cuadro No. 17

Edad: 8 - 12 meses

Grupo	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
I.V.	134.31	--	--	0.05	0.20	--	0.46
Cereal (todos)	150.40	0.00	0.01	0.13	6.93	0.02	0.51
Jugo	7.84	0.00	0.04	0.07	0.11	0.05	3.64
Fruta	9.37	0.00	0.01	0.07	0.01	0.00	0.73
Carne c/veg.	<u>166.32</u>	<u>0.01</u>	<u>0.01</u>	<u>0.71</u>	<u>0.06</u>	<u>0.04</u>	<u>2.09</u>
	468.24	0.01	0.07	1.03	7.31	0.11	7.43

Cuadro No. 18

**CANTIDAD INGERIDA DE ELEMENTOS ESENCIALES Y NOCIVOS POR EL INFANTE (mg/día)**

**A) DIETAS DETERMINADAS.-**

Edad (meses)	Clase de leche	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
0 - 2	Fórmula	740.90	0.01	0.01	0.04	7.23	0.05	3.15
2 - 4	"	1083.31	0.00	0.00	0.03	9.68	0.07	4.95
4 - 5	"	1161.84	0.00	0.03	0.27	24.49	0.09	6.95
5 - 6	"	1180.06	0.00	0.01	0.30	26.22	0.09	5.78
6 - 8	"	964.77	0.03	0.03	0.41	16.86	0.19	9.95
6 - 8	Vaca	310.24	0.03	0.03	0.42	9.61	0.19	7.17
8 - 12	"	477.54	0.00	0.03	0.42	2.47	0.17	5.84

**B) DIETAS PROMEDIO.-**

Edad (meses)	Clase de leche	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
0 - 2	Fórmula	753.63	0.01	0.00	0.03	7.07	0.06	3.15
2 - 4	"	1076.60	0.01	0.01	0.04	10.35	0.09	4.61
4 - 5	"	1175.42	0.01	0.04	0.24	25.48	0.12	6.57
5 - 6	"	1188.80	0.01	0.06	0.35	25.49	0.13	6.66
6 - 8	"	1009.17	0.02	0.06	0.84	13.92	0.15	7.82
6 - 8	Vaca	394.88	0.00	0.06	0.85	7.20	0.09	5.10
8 - 12	"	468.24	0.01	0.07	1.03	7.31	0.11	7.43

#### IV . - D I S C U S I O N D E L O S R E S U L T A D O S

Los resultados que a continuación se analizan se obtuvieron de la dieta conformada de acuerdo a la información proporcionada por el Servicio de Nutrición (12).

La ingesta de calcio mientras se encuentra la fórmula en la dieta, indica que no se presentarán problemas nutricionales, ya que la cantidad ingerida por el infante excede el requerimiento diario recomendado de 600 mg, pero sin llegar de ninguna manera a los 2500 mg/día, donde este exceso pudiera traducirse en daño renal grave y en calcificación de tejidos blandos (7).

Se observa una deficiencia de este mineral de los 6 a los 12 meses de edad, al sustituir la fórmula por leche de vaca, ya que este producto contiene aproximadamente 7 veces menos calcio del existente en la fórmula y la suplementación con otro tipo de alimento no llega a cubrir las necesidades del infante, que como se encuentra en período de crecimiento rápido hay que poner especial atención al respecto. Sería recomendable para evitar problemas, acostumar al infante a partir de los 8 meses (antes puede seguir tomando fórmula) a una alimentación mixta, es decir, a base de leche de vaca y fórmula, para cubrir el requerimiento diario de calcio.

En cuanto a cadmio se refiere, el contenido ingerido diariamente por el infante no es ni la mitad de lo que tolera el organismo, por lo que este metal no causará problemas por toxicidad.

Por otra parte, Somers (27) menciona que Kirckpatrick y Coffin reportan en carnes un contenido de cadmio promedio de 0.02 ppm, mientras que en el presente estudio se encontró de 0.16 ppm, aunque como ya se indicó, la ingestión de cadmio al día no representa peligro alguno.

El cromo en las dietas postuladas se encuentra en el límite tolerado, que es hasta de 0.06 mg/día, a excepción de la dieta promedio en el intervalo de 8 a 12 meses, ya que aquí

este valor se excede en 0.01 mg, debido a que en esta edad la dieta marca la ingestión de 210 ml de jugo que contribuye al mayor contenido de cromo, como se observa en el cuadro No. 17.

La cantidad de cobre en todas las etapas de las dietas -- determinadas y en los primeros 6 meses de las dietas promedio, se encuentra por debajo de la ingestión recomendada diariamente, siendo mayor dicha deficiencia en los primeros 4 meses, -- debido a que la fórmula no llega a suplir el requerimiento, necesario de este elemento, cuya función principal consiste en la absorción del fierro; debido a esto, podría presentarse una hipocupremia. Este problema por la deficiencia del metal, tendería a corregirse después de los seis meses de edad con una dieta promedio, en la que al irse complementando la alimentación con carne principalmente, se aumenta el cobre ingerido, de tal forma que se llega al requerimiento diario para que --- este metal cumpla sus funciones metabólicas adecuadamente. En la dieta promedio de los 8 a los 12 meses de edad hay un ligero exceso (0.03 mg) que no causará ningún daño.

Debido a que el fierro tiene una función catalítica de -- extrema importancia en el organismo, es indispensable que se encuentre en la cantidad adecuada para prevenir una deficiencia de este mineral que pudiera manifestarse como anemia. En los cuadros 7 y 8 se observa que el requerimiento de fierro se excede, ya que a esa edad se recomienda cereal precocido, que mostró tener la mayor cantidad de este mineral que todos los demás alimentos analizados. Este caso también se presenta en el cuadro No. 8 con fórmula, porque tanto el cereal escogido -- como la fórmula contribuyen a este exceso de fierro.

Se observa en la dieta del cuadro No. 10, el caso contrario, la deficiencia de este mineral, debido a que se ha sustituido la fórmula por leche de vaca, que no presenta una apreciable cantidad de fierro, al igual que el cereal que en esta dieta se escogió, por lo que también se recomienda la alimentación mixta en esta etapa, para prevenir la deficiencia de fierro que pudiera manifestarse como anemia.

En los cuadros No. 14 y 15 se observa nuevamente que los cereales precocidos provocan un exceso de fierro, por lo que en este caso hay que poner especial atención al respecto.

Se sabe que el plomo es un metal muy peligroso, por lo que es deseable que no se encuentre en los alimentos. El contenido de plomo ingerido diariamente por el infante de acuerdo a las dietas anteriores, no llega a cantidades que presenten algún problema de toxicidad, porque se encuentran por debajo de los 0.3 mg/día a partir de los cuales empieza a haber problemas.

En un trabajo (27) reportan en alimentos enlatados para bebé un intervalo de 0.1 - 0.3 ppm de plomo, mientras que en alimentos sin enlatar el intervalo es de 0.04 - 0.08. En este estudio se encontraron cantidades mayores que las anteriores para el mismo metal, en alimentos sólidos, cereales y fórmulas.

En un estudio (21) referente al contenido de plomo en jugos enlatados, reportan 0.38 ppm en jugo de naranja, mientras que el jugo de la misma fruta aquí analizado tuvo una cantidad de plomo correspondiente a 0.18 ppm, lo que indica que se encontró una concentración menor de plomo en relación con el otro estudio.

Las concentraciones de plomo en el presente trabajo en cuanto a fórmulas se refiere, resultaron ser menores que las que Lamm y colaboradores (16) reportan; ellos encontraron en 9 fórmulas para infantes un promedio de 0.50  $\mu\text{g}/\text{ml}$  (3.78 mg/kg), mientras que el contenido promedio de las fórmulas aquí analizadas resultó ser de 0.84 mg/kg, como se aprecia en el cuadro No. 11.

En un estudio anterior (26) se determinó el promedio de plomo ingerido diariamente de alimentos, siendo de 75 a 110  $\mu\text{g}/\text{día}$  para infantes. La ingestión de plomo promedio durante el primer año de vida, resulta ser en el presente estudio de 110  $\mu\text{g}/\text{día}$  en la dieta determinada, 100  $\mu\text{g}$  por día en la dieta promedio con fórmula hasta los 6 meses y 110  $\mu\text{g}/\text{día}$  también en la dieta promedio, pero con fórmula hasta los 8 meses. En los

3 casos, los datos se encuentran en el intervalo del estudio anterior y como ya se mencionó, dicha ingestión no causa ningún problema.

También se realizó una investigación (26) en la que se compararon los niveles de plomo en alimentos para infantes y niños pequeños en los 70's y 1980. Se observa que el contenido de plomo se disminuye enormemente en 1980 comparado con los 70's. En este estudio los niveles de plomo resultaron ser aún más altos que en los datos que se tienen de los años 70's a excepción de los jugos, que tienen aproximadamente la misma cantidad de plomo que los analizados en los 70's.

El contenido de zinc es el adecuado en todas las dietas durante los primeros 4 meses, ya que se encuentra entre los 3 y 5 mg recomendados diariamente. En los meses siguientes se observa en todas las dietas un aumento en cuanto a la ingestión de este metal, debido a la suplementación de otros alimentos, de tal forma que se exceden los 5 mg/día requeridos y es hasta el año de edad donde se recomiendan los 10 mg/día, por lo que hay que tener cuidado al respecto de este exceso.

Los alimentos que resultaron con un mayor contenido de metales pesados, pueden haber adquirido los mismos mediante su procesamiento, como son el cereal de arroz Nutrim y la fórmula Nesbrum, que resultaron con un contenido de cadmio mayor a los otros alimentos de su tipo, lo que puede deberse a que el cadmio se usa a menudo en piezas del equipo. También el cromo contenido en el colado de guayaba, puede deberse a una contaminación durante su procesamiento, ya que se encuentra en una cantidad exagerada comparándolo con los otros colados de fruta.

Los alimentos que contienen plomo en abundancia, quizá también se deba a una contaminación en el procesamiento, pues este metal interviene en la reparación y fabricación de utensilios de preparación y almacenamiento. Tal es el caso del cereal, la fórmula Nesbrum y la sopa colada de vegetales y pavo. Quizá en este último el alto contenido de plomo provenga de los vegetales que se contaminaron de su siembra a su recolección.

## V. - CONCLUSIONES

1.- En las edades en que se observan menos problemas es de recién nacido a 2 meses y de 2 - 4 meses en los dos tipos de dietas. En ambos casos el único elemento que presentó problemas fué el cobre, ya que se encuentra en una cantidad deficiente que no llega al requerimiento diario.

2.- En la edad que se presentan más problemas es de los 8 a los 12 meses en los dos tipos de dietas. En la dieta determinada los problemas son: calcio, cobre y fierro por deficiencia y zinc por exceso. En la dieta promedio los problemas se deben a deficiencia de calcio y a ligeros excesos en cromo, cobre y zinc.

3.- Los alimentos que proporcionaron un mayor contenido de los elementos analizados son:

Para calcio: fórmulas y cereales precocidos

Para cadmio: cereal de arroz Nutrim y fórmula la Nesbrum.

Para cromo: colado de guayaba y cereal de arroz Nutrim.

Para cobre: productos cárnicos (hígado) y cereales.

Para fierro: cereales precocidos Gerber.

Para plomo: sopa colada de vegetales y pavo, cerelec y fórmula Nesbrum.

Para zinc: productos cárnicos y fórmulas.

4.- Los elementos que no causan problemas por su contenido en las dietas conformadas son el cadmio, cromo y plomo.

5.- Los elementos que presentan problemas son el calcio a partir de los 8 meses de edad por deficiencia, cobre por deficiencia en los 12 meses en la dieta determinada y en los 6 primeros meses en la dieta promedio. El zinc causa problemas debido a un exceso de los 4 a los 12 meses de edad en ambas dietas.

6.- La nutrición más adecuada la proporcionará la dieta - promedio, debido a que presenta menos problemas por la apropia da distribución y suplementación de alimentos, que contribuyen a un equilibrio que proporcionará en esta etapa de crecimiento la mejor nutrición y el más adecuado desarrollo al infante.

## V I . - B I B L I O G R A F I A

- 1.- Alais, Ch.: Ciencia de la leche. 1ª ed. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México D.F., 1984.
- 2.- Bander, L.K.; Morgan, K. J. and Zabik, M. E.: Dietary lead intake of preschool children/n. Am. J Public Health., 73 - (7): 789-794 (1983).
- 3.- Bauchinger, M.; Dresp, J.; Schmid, E.; Englert, N. and --- Krause, C.: Chromosome analyses of children after ecological lead exposure. Mutat Res., 56 (1): 75 - 80 (1977).
- 4.- Beaty, R. D.: Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin Elmer., U.S.A., 1978.
- 5.- Bohinski, R. C.: Bioquímica. 2ª ed. Fondo Educativo Interamericano, S.A., U. S. A., 1978.
- 6.- Bourges, H.: El Hierro. Cuadernos de Nutrición., 6 (7): -- 3 - 12 (1983).
- 7.- Bourges, H.: Calcio y Fósforo. Cuadernos de Nutrición., -- 6 (9): 3 - 10 (1983).
- 8.- Bourges, H.: Nutrimientos inorgánicos (2ª parte). Cuadernos de Nutrición., 8 (2): 33 - 42 (1985).
- 9.- Browning, D. R.: Espectroscopia. 1ª ed. Toray - Mason, S.A., España., 1971.
- 10.- Clarkson, T. W.; Nordberg, G.F. and Sager, P. R.: Reproductive and developmental toxicity of metals. Scand J. Work - Environ. Health., 11 (3): 145 (1985).
- 11.- Conor, R.: Metal Contamination of Food. 1ª ed. Applied --- Science Publishers Ltd., London, England., 1980.
- 12.- Dept. of Health & Human Services. Nutrition Services. City of Houston, Texas, U.S.A., 1986.
- 13.- Gilbert, C.; Tuthill, R. W.; Calabrese, E. J. and Peters, H. A.: A comparison of lead hazards in the housing environment of lead poisoned children vs. nonpoisoned controls. J. Environ. Sci. Health Part A Environ. Sci., 14 (3): --- 145 - 158 (1979).

- 14.- Horiguchi, S.; Kurono, T. and Teramoto. K.: Amounts of -- lead detected from household articles in elution tests. - Osaka City Med. J., 28 (1): 49 - 58 (1982).
- 15.- Kovar, I. Z.; Strehlow, C.D.; Richmond, J. and Thompson, M. G.: Peri natal lead and cadmium burden in a british -- UK urban population. Arch. Dis. Child., 59 (1): 36 - 39 - (1984).
- 16.- Lamm, S.; Cole, B.; Glynn, K. and Ullmann, W.: Lead content of milks fed to infants. New England Journal of Medicine., 289 (11): 574 -575 (1973).
- 17.- Little, P.; Fleming, R.G. and Heard, M. J.: Uptake of --- lead by vegetable foodstuffs during cooking. Sci. Total - Environ., 17 (2): 111 - 132 (1981).
- 18.- Lindner, E.: Toxicología de los alimentos. 1ª ed. Editorial Acribia. España., 1983.
- 19.- Martínez Galindo Juan Manuel.: Contaminación de alimentos por metales pesados (Pb, Cd, Cu, Sn, Zn, Fe), tesis de licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional --- Autónoma de México, México D.F., 1979.
- 20.- Moore, M. R.; Goldberg, A., Pocock, S. J.; Meredith, A.; Stewart, I. M. and Macanespie, H.: Some studies of maternal and infant lead exposure in Glasgow Scotland UK. ---- Scott Med. J., 27 (2): 113 - 121 (1982).
- 21.- Rauseff, R. L. and Ting, S.V.: Lead uptake of grapefruit juices stored in cans as determined by flameless atomic - absorption spectroscopy. Journal of Food Science., 45 (4): 965 - 968 (1980).
- 22.- Reeves, J.C. and Yip, R.: Lack of adverse side effects of oral ferrous sulfate therapy in 1-year-old infants. Pediatrics., 75 (2): 352 - 355 (1985).
- 23.- Ryu, J. E.; Ziegler, E. E.; Nelson, S. E., and Fomon, --- S. J.: Dietary intake of lead and blood lead concentration in early infancy. Am. J. Dis. Child., 137 (9): 886 - 891 (1983).
- 24.- Serie de informes técnicos: Organización Mundial de la Salud: No. 532. Ginebra., 1973.

- 25.- Saldívar, L.; Luna, M.; Reyes, E. y Soto, R.: Determinación de cadmio en tabacos de consumo nacional. En prensa. (1986).
- 26.- Schaffner, R. M.: Lead in canned foods. Food Technology.. 35 (12): 60 - 64 (1981).
- 27.- Somers, E.: The toxic potential of trace metals in foods. A review. Journal of Food Science., 39 (2): 215 - 217 -- (1984).
- 28.- Spirey, M. R.: Effect of essential minerals on Cadmium toxicity. A Review. Journal of Food Science., 39 (2): 321 -- 324 (1974).
- 29.- Underwood, E. J.: Trace elements in human and animal nutrition. 4<sup>a</sup> ed. New York Academic., U. S. A., 1977.
- 30.- Walker, B. Jr.: Lead content of milk and infant formula.- J. Food Prot., 43 (3): 178 - 179 (1980).
- 31.- Willard, H. H.; Merritt, L. L. Jr. and Dean, J. A.: Métodos instrumentales de análisis. 1<sup>a</sup> ed. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V., México D.F., 1981.