

Nº 44
2.E.S.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DETERMINACION DE Fe, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Hg y Pb.
EN HIGADOS DE POLLO PARA ABASTO
EN LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A
GABRIEL ENRIQUE CEBALLOS GUTIERREZ

ASESORES:

MVZ. ROGELIO LOPEZ LOPEZ

MVZ. JUAN MANUEL HORTA RAMIREZ



MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

CONTENIDO

Página

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	13
RESULTADOS.....	16
DISCUSION.....	19
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	26
APENDICE (Antecedentes de los minerales en estudio)	
HIERRO.....	31
COBRE.....	37
ZINC.....	43
PLOMO.....	48
ARSENICO.....	53
CADMIO.....	56
CROMO.....	59
MERCURIO.....	62
ESPECTOFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.....	66
CUADROS Y FIGURAS.....	70

RESUMEN

Ceballos Gutierrez Gabriel Enrique. Determinación de Fe, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Hg Y Pb en hígados de pollo para abasto en la ciudad de México (bajo la dirección de MVZ's Rogelio López López y Juan Manuel Horta Ramirez).

En el presente trabajo se analizó la existencia de ocho elementos minerales (Fe, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Hg Y Pb) en hígados de pollo, para comprobar la viabilidad de éste, como alimento para infantes y así mismo cocnocer la cantidad "normal" de estos minerales en el hígado, por el metodo de espectofotometria de absorción atómica por flama. Se colectaron 96 muestras de hígado de pollo; las que se obtuvieron visitando al azar tres pollerías, en cada una de las 16 Delegaciones del Distrito Federal, tomando dos hígados por pollería. Las muestras se secaron y se homogenizaron, haciendo un total de 48 muestras, a las cuales se les sometió a una digestión ácida, para eliminar la materia orgánica y así ser leidas en el espectofotometro. Los resultados obtenidos fueron los siguientes; el promedio de Hierro encontrado fue de 307.43 $\mu\text{g/g}$, teniendo un aporte promedio por hígado de 3743.53 $\mu\text{g/g}$. De Cobre se tuvo un promedio de 10.99 $\mu\text{g/g}$ y por hígado de 133.89 $\mu\text{g/g}$. El Zinc tuvo una media de 109.276 $\mu\text{g/g}$ y un promedio por hígado de 1330.65 $\mu\text{g/g}$. Se encontraron dos minerales toxicos, Arsénico cuyo promedio en las 14 Delegaciones que se encontro fue de 1.016 $\mu\text{g/g}$ y 2.03 $\mu\text{g/g}$ por hígado y Plomo, el cual se encontró

solamente en cuatro Delegaciones, tuvo un promedio en éstas, de 8.068 $\mu\text{g/g}$ y de 98.244 $\mu\text{g/hígado}$. Se concluye que los hígados de pollo son un excelente aporte de Hierro y Cobre, y lo son medianamente de Zinc. Se considera que son libres de Cadmio, Cromo y Mercurio, debido a que las lecturas fueron inferiores a los estandares o basales de determinación. Se considera al hígado como un buen complemento alimenticio, debiéndose tomar en cuenta los niveles encontrados de Arsénico y Plomo, minerales que son potencialmente tóxicos.

INTRODUCCION

En el mundo de la nutrición animal y humana, existen una gran variedad de elementos o nutrimentos que deben estar presentes en la forma y cantidad requerida por cada especie, por ejemplo están; las proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales, (6).

Todos y cada uno de ellos juegan un papel muy importante en el desarrollo nutricional integral, en la población infantil y en el ser humano en general. Es por esto que una gran cantidad de científicos, en especial los nutriólogos, se han dado a la tarea de establecer medidas tendientes a evitar la deficiencia de éstos en el cuerpo humano, a través del establecimiento de tablas de requerimientos nutricionales y de dietas balanceadas, entre otras; apoyadas a su vez por programas gubernamentales de abasto popular (7,11).

De todos los nutrimentos, los minerales que son ahora nuestro tema de estudio, siempre han sido tema de controversia, entre los estudiosos del área, con respecto a la necesidad real de estos elementos en el organismo. Debido a las pequeñas cantidades en las que son requeridos, pueden, en un momento dado, estar en niveles anormales (altos o bajos) en las dietas y ocasionar trastornos fisiopatológicos en los individuos que cursan con tales alteraciones en sus dietas (6,22).

Antes de mediado el siglo XIX se tenían ideas confusas sobre la naturaleza, origen y funciones de los componentes minerales de los tejidos animales y vegetales.

El primer experimento conocido que demostró claramente la importancia nutritiva de los minerales fue el realizado por Fordyce (1971) en Inglaterra, quien demostró que cuando los canarios eran alimentados con una dieta a base de semillas, necesitaban un suplemento a base de "tierra calcárea" para mantenerse sanos y producir huevos. Chatin (1850-54) investigando en Francia, publicó sus notables estudios que demostraron por primera vez la relación entre la deficiencia de iodo y la incidencia de bocio endémico en el hombre y los animales (8,9).

Durante el segundo cuarto del siglo XX se alcanzaron notables avances en el conocimiento de la importancia nutritiva de los minerales. Estos avances procedieron de las investigaciones aplicadas sobre problemas locales de presentación natural en los que animales confinados en determinadas zonas padecían deficiencias, intoxicaciones o desequilibrios de ciertos minerales, así como de estudios más básicos con animales de laboratorio alimentados con dietas especialmente purificadas (11,17).

Estudios posteriores realizados en años recientes han demostrado plenamente la esencialidad de los elementos minerales en el desarrollo normal de todos los organismos (32).

Algunos de ellos no se han demostrado plenamente ni se tienen pruebas de que sean necesarios en la dieta, pero 22 de ellos si son indispensables como elementos de valor nutritivo y con funciones fisiológicas conocidas (22,32).

Los elementos minerales presentes en las células y tejidos del organismo animal, se hallan formando diversas combinaciones químicas funcionales y según concentraciones características que varían con el elemento y el tejido. Las concentraciones se deben mantener dentro de límites bastante estrechos o márgenes normales, para salvaguardar la integridad estructural y funcional de los tejidos y mantener inalterados, el crecimiento, la salud y la productividad animal (32,33).

Un elevado número de seres vivos, incluyendo a los humanos, consumen dietas que en ocasiones no alcanzan a cubrir los requisitos elementales de nutrición; en consecuencia padecen desordenes nutritivos que oscilan desde enfermedades agudas por deficiencia o toxicidad mineral, caracterizadas por síntomas clínicos y cambios patológicos bien acentuados que suelen provocar alteraciones ligeras y transitorias difíciles de diagnosticar con exactitud, hasta una mortalidad elevada (3,21).

Las deficiencias e intoxicaciones de esta naturaleza adquieren una gran importancia en la nutrición de los animales domésticos, por su difusión y la facilidad con que pueden confundirse con los efectos del agotamiento por

desnutrición, por la deficiencia de proteína y distintos tipos de infestaciones por parásitos (32,36).

Los consumos inadecuados o excesivos de elementos minerales son infrecuentes en los ambientes naturales, a menudo son aliviados o exacerbados por la amplitud con que otros componentes de la dieta, con los que el mineral interactúa metabólicamente, están presentes en la dieta completa (2,32,17).

Dentro del organismo los minerales realizan tres tipos de funciones:

1) Actúan como componentes estructurales de órganos y tejidos corporales, tal como sucede con el calcio, fósforo, magnesio, silicio y flúor en huesos y dientes, y con el fósforo y azufre en las proteínas musculares.

2) Se encuentran presentes en líquidos corporales en forma de electrólitos, que intervienen en el control de la presión osmótica, del equilibrio ácido-básico, de la permeabilidad de las membranas y de la irritabilidad tisular. Así actúan, el sodio, el potasio, el cloro, el calcio y el magnesio en la sangre, el líquido cerebroespinal y en el jugo gástrico.

3) Actúan como catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales en forma de componentes integrales y específicos de la estructura de metaloenzimas o como catalizadores menos específicos en dichos sistemas (2,13).

Además de las funciones generales en las que pueden participar varios minerales, cada elemento esencial cumple uno o más papeles específicos (16,21).

Por lo antes mencionado es de vital importancia que los minerales se encuentren en la ración diaria, tanto de los animales domésticos como de los humanos, en las cantidades requeridas por cada especie; no sin antes recordar que cualquier variación en el aporte de dichos elementos, ya sea en aumento o disminución tendrá efectos adversos en las especies que los ingieran (11,13).

Las necesidades minerales de los animales se expresan en cantidades por día o por unidad de producto, tal como leche, huevo o ganancia de peso, o en forma de proporciones, por ejemplo: porcentajes o partes por millón, de la sustancia seca de la dieta total esto dependiendo de la especie, la raza, la intensidad de producción que permiten otros aspectos de la dieta o del medio, y los criterios de adecuación empleados (16).

La necesidad mínima básica o "verdadera" de cualquier mineral, puede concebirse como aquella en la que son óptimas todas las condiciones de la dieta que afectan a dicho mineral y al consumo de voluntario de "pienso" por el animal.

Como rara vez se cumplen con exactitud estas condiciones, puede no existir una necesidad mínima única, sino una serie de necesidades dependientes del grado alcanzado por tales factores "condicionantes", cuando se presentan o no en un determinado pastizal o ración (5).

Por el mismo razonamiento, debe existir una serie de niveles dietéticos máximos de "seguridad" correspondientes a un mineral potencialmente tóxico, basados en la concentración que alcanza dicho mineral en la dieta, dependiendo de la cuantía presente en la dieta total de otros minerales o compuestos que influyen en su absorción, retención y excreción (8).

Dentro de los minerales existentes en la naturaleza se encuentran algunos que, por características propias son tóxicos en cantidades relativamente pequeñas (microgramos o miligramos); éstos abundan en la corteza terrestre y océanos (11).

La capa superficial de la corteza terrestre, (lo que conocemos como suelo) contiene metales que obtiene de una amplia variedad de fuentes; entre éstas, están principalmente las rocas, fertilizantes y otros materiales adicionados en el curso de las labores agrícolas, además de la contaminación ambiental (1,4).

Estos contaminantes pasan del suelo a los alimentos y de ahí a los animales y humanos (no olvidando que también los alimentos de origen animal son fuente de contaminación para el hombre), como sucede con las sales mercuriales utilizadas como fungicidas y herbicidas y con los compuestos arsenicales utilizados como promotores del crecimiento y como herbicidas (5).

La concentración de minerales en una muestra de suelo dependerá de la naturaleza de la roca madre, su grado de

mineralización y otros factores. En el cuadro 1, se muestra la abundancia en la Litosfera de una cierta cantidad de minerales, así como su intervalo de concentraciones comunmente encontradas en el suelo (5) (ver apéndice).

Por lo mencionado en líneas anteriores es inevitable que trazas de dichos elementos puedan ser detectados en plantas, animales y en alimentos para el consumo humano (2,4,5,14).

Dentro de este contexto y tomando en cuenta que existe una gran variedad de alimentos empleados para el consumo humano y en especial para la población infantil, surge una interrogante, ¿que tan seguros son los alimentos empleados en dicha población?. Desde entonces se han venido realizando una serie de investigaciones tendientes a demostrar la viabilidad y no viabilidad de tales alimentos, y considerando que una de las funciones del Médico Veterinario Zootecnista es la preservar, controlar y supervisar que los alimentos de origen animal se encuentren en las mejores condiciones para su consumo, es de su competencia estar ala vanguardia de tales investigaciones (1,4,35).

Dentro de los alimentos de origen animal empleados en la nutrición de infantes, el hígado de pollo, tiene una gran aceptación por parte de las madres en la alimentación de sus hijos, siendo éste el motivo para la realización de esta investigación (23,29).

Debido a que la alimentación de las aves es principalmente a base de granos y tomando en cuenta que para

la elaboración de premezclas minerales se emplea roca fosfórica, se puede pensar en la posibilidad de que en el hígado de dichos animales se encuentren concentraciones de algunos minerales considerados como tóxicos (As, Cd, Cr y Pb) (25), aunque es cierto que no se tiene información de intoxicación por cualesquiera de estos minerales asociada a la ingestión de hígado de pollo, existe la posibilidad de que se estén ingiriendo cantidades considerables de dichos elementos, ya que éstos, no pueden ser destruidos por ninguno de los tratamientos a que son sometidas las materias primas empleadas en la elaboración de alimentos para aves (12,23,29,30).

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como finalidad determinar los niveles de: Fe, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Hg y Pb, en hígado de pollo destinado para consumo humano en la Ciudad de México.

Evaluar el aporte de los elementos minerales mencionados anteriormente, a través del hígado de pollo a la población infantil.

Contribuir al conocimiento de los valores "normales" de Fe, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Hg y Pb en hígado de pollo.

HIPOTESIS

Debido al empleo frecuente del hígado de pollo para la alimentación de infantes, pudiesen ciertos elementos minerales como el Fe, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Hg y Pb, estar en concentraciones elevadas en dicho órgano, lo que conllevaría a una posible intoxicación.

MATERIAL Y METODOS

Se colectaron 96 hígados de pollo, los que fueron adquiridos en pollerías establecidas en la Ciudad de México, para lo cual se consiguió (por medio del Departamento de Estadística de la Secretaría de Salud), un listado por Delegación de las pollerías existentes en cada una de ellas.

Aleatoriamente se eligieron tres pollerías, que fueron muestreadas en cada una de las 16 Delegaciones, tomándose en cada una dos hígados por pollería, conforme se colectaban las muestras, se ponían en refrigeración y eran mantenidas así hasta su procesamiento.

Las muestras se trabajaron en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo proceso fue el siguiente:

El primer paso, fue tomar el peso húmedo de las muestras, para por cual, se utilizó una balanza analítica y de esta manera, tener el peso lo más exacto posible.

Posteriormente las muestras se introdujeron a una estufa con una temperatura de 80°C, permaneciendo ahí durante 24 horas; terminado el proceso de secado, las muestras se pesaron, y por diferencia con el peso húmedo se obtuvo el peso seco de las mismas.

Las muestras individuales (2) por pollería, se hicieron una, moliéndolas para dejarlas finamente divididas y bien mezcladas, quedando después de este proceso un total de

48 muestras, de estas "nuevas" muestras, se tomó una alicuota y se pesó nuevamente, pero ahora dentro de un matraz microkjeldahl (este pesaje se realizó, para conocer la cantidad exacta de materia seca en la que estarían contenidos los elementos minerales, y poder realizar los cálculos finales), a éste se le adicionaron 10 ml de ácido Nítrico concentrado y se le dejó reposar a temperatura ambiente durante doce horas.

Para finalizar con la digestión, los matraces se colocaron en una platina caliente o digestor a una temperatura entre 50-60°C, agregándoles durante el calentamiento 1ml de ácido perclórico. Concluida la digestión el sobrenadante se aforó con ácido Nítrico al 1N a 50 ml. Paralelamente se corrieron muestras testigo o blancos de reactivos, cuya única finalidad fue la de verificar que los reactivos analíticos empleados en el proceso de digestión, no aportaran elementos minerales a las muestras.

La cuantificación de los elementos minerales se realizó por espectrofotometría de absorción atómica por flama, determinando Fe, Cu, Zn, Cd, Cr y Pb y por generación de hidruros (ésta técnica, consiste en agregar a la muestra sospechosa, 10ml de ácido Clorhídrico al 1.5% para el caso del arsénico, y 10ml de ácido Nítrico para el mercurio, mezclándose posteriormente en un accesorio conectado a un tanque de Nitrógeno, donde por medio de una reacción química se generaban los hidruros que más tarde eran leídos por el

espectrofotometro), se cuantificaron As y Hg, expresandose los resultados obtenidos en μg . del elemento por gr. de muestra.

Los resultados obtenidos se agruparon y se analizaron estadísticamente utilizándose para ello, estadísticas descriptivas y dentro de éstas, las que se emplearon en el análisis son: media, desviación estándar, varianza y rango, también se aplicaron los intervalos de confianza.

Estos resultados se relacionaron con el aporte de los elementos a la población infantil.

RESULTADOS

HIERRO

El contenido promedio de hierro en hígado de pollo, fue de 307.43 $\mu\text{g/g}$ de muestra. La desviación estándar de 134.22 $\mu\text{g/g}$ y un intervalo de 121.37 a 754.03 $\mu\text{g/g}$. El intervalo de confianza (95%) con respecto a la media fue de 235.17 a 379.67.

La figura número 1 muestra la concentración promedio del hierro en los hígados de pollo de las Delegaciones muestreadas (ver apéndice).

COBRE

El contenido promedio de cobre en hígados fue de 10.99 $\mu\text{g/g}$, con una desviación estándar de 4.22 $\mu\text{g/g}$ y un intervalo de 3.62 a 31.12 $\mu\text{g/g}$. El intervalo de confianza (95%) con respecto a la media fue de 8.95 a 13.04.

La figura 2 muestra la concentración promedio de cobre, alcanzado en cada una de las Delegaciones muestreadas (ver apéndice).

ZINC

El contenido promedio de zinc fue de 109.28 $\mu\text{g/g}$, una desviación estándar de 45.21 $\mu\text{g/g}$ y un intervalo de 40.19 a 302.58 $\mu\text{g/g}$. El intervalo de confianza (95%) con relación a la media fue de 83.42 a 135.13.

En la figura No 3 se representa el contenido promedio de zinc en cada una de las Delegaciones muestreadas (ver apéndice).

ARSENICO

Se encontraron niveles de arsénico en 14 Delegaciones del D.F., el contenido promedio de este elemento mineral en las muestras fue de 1.016 $\mu\text{g/g}$. En las dos restantes el contenido promedio fue menor a 0.005 $\mu\text{g/g}$ (estándar).

En la figura No 4 se observara la concentración por Delegación de arsénico (ver apéndice).

CADMIO

El contenido de este mineral en las 16 Delegaciones muestreadas, fue inferior a 0.05 $\mu\text{g/g}$, cantidad que corresponde a la lectura del estándar de dicho elemento, debido a esto, no se considera representativo.

CROMO

La concentración promedio de este elemento fue inferior a 0.05 $\mu\text{g/g}$ (lectura del estándar), por lo que se marcan como libres del elemento dichas muestras.

MERCURIO

Las lecturas arrojadas por las muestras examinadas, fueron inferiores a 0.005 $\mu\text{g/g}$ (lectura del estándar), por lo

que no es representativo y se pueden considerar libres del elemento.

PLOMO

Solo en cuatro Delegaciones se encontraron concentraciones de plomo, éste, tuvo un promedio de 8.068 $\mu\text{g/g}$, en dichas Delegaciones; en las restantes el contenido fue inferior a 0.07 $\mu\text{g/g}$ (lectura del estándar).

En la figura No 5, se observan las Delegaciones que tuvieron presencia de plomo en sus hígados, así como el nivel alcanzado por éste (ver apéndice).

En los cuadros 2 y 3, se observa la concentración promedio de plomo y arsénico, agrupados por Delegación, así como su promedio general y los valores máximos y mínimos encontrados.

DISCUSION

Los resultados obtenidos reflejan un aporte promedio de hierro, de 0.0307 mg/g y un promedio de 3.74 mg/hígado completo, teniendo un aporte mínimo de 1.478 mg y un máximo de 9.182 mg por hígado.

Las necesidades promedio de hierro en los infantes son de 0.05 a 1.5 mg diarios, suponiendo un 10% de absorción para este tipo de hierro (10) (ver apéndice).

De esta manera y tomando en cuenta las necesidades mencionadas anteriormente y los resultados obtenidos, se puede decir que un hígado de pollo cubre el requerimiento diario de un niño de un 249% a un 748%, teniendo la seguridad de que los hígados que se consuman le cubrirán en su valor mínimo, entre el 98.5% al 295% y en su valor máximo, entre el 612% al 1833% de sus necesidades diarias de hierro.

La posibilidad de intoxicación por hierro asociada a la ingestión de hígado de pollo es muy remota, debido principalmente a la existencia de los depósitos de reserva y al mecanismo de autoprotección que tiene el organismo, el cual evita la absorción de hierro cuando las células de la mucosa intestinal se saturan con este elemento, reactivándose nuevamente cuando éste es liberado al plasma sanguíneo.

Además, se tendría que hacer una dieta exclusiva a base de hígado para causar la intoxicación por hierro.

Así mismo, los resultados que se obtuvieron con el cobre indican que 1g de muestra aporta en promedio 0.11 mg de

cobre y un hígado completo aportará un promedio de 0.134 mg de cobre siendo su aporte mínimo de 0.044 mg y el máximo de 0.38 mg de cobre por hígado completo.

Se menciona que las necesidades de cobre para infantes son de 0.042 a 0.135 mg/g diarios (10,24) (ver apéndice).

Observando las necesidades y los resultados, se aprecia que el valor promedio de aporte de cobre por hígado, cae dentro del intervalo de requerimientos, cubriendo sus necesidades en un 99.25% a un 319%, afirmandose que por cada hígado que se consume, estarán cubriendo entre un 32.59% a un 104% en su valor mínimo y un 218% a un 904% en su valor máximo, de sus requerimientos diarios de cobre.

La cantidad en la que este mineral es requerido es muy baja, pero es la suficiente para cumplir con las funciones metabólicas en las que participa. El nivel al cual el cobre se torna tóxico es a 100mg/g, esto da un amplio margen de seguridad para este alimento, ya que para que se produjera el efecto tóxico se necesitaría que los hígados aportaran en promedio 13 mg de cobre por hígado y 1.06 mg/g (tomando como referencia para esta afirmación, el peso promedio de todas las muestras analizadas, así como el aporte promedio de cobre), cosa que no se aprecia en este estudio.

El zinc es un elemento esencial en el desarrollo y crecimiento normal, tiene la particularidad de almacenarse en el hígado, alcanzando el doble de la concentración encontrada en otros tejidos.

Los requerimientos de este mineral en niños de 1 a 10 años de edad son de 5 a 10 mg diarios. En los resultados se observa que 1g de muestra aporta en promedio 0.11 mg de zinc, siendo el aporte promedio por hígado completo de 1.33 mg, con un aporte mínimo de 0.489 mg y un máximo de 3.685 mg de zinc.

Con esto niveles de concentración solo se estarán cubriendo en promedio, de un 13.3% a un 26.6% de las necesidades diarias, aportandose un intervalo de 4.89% al 9.78% en su aporte mínimo y un 36.85% a un 73.7% en su aporte máximo, de los requerimientos de zinc, por hígado consumido.

Aparentemente el aporte de zinc es bajo, pero si se toma en cuenta que no se espera cubrir el 100% de la necesidad, y que además, se cuenta con alimentos alternativos (como los vegetales y el resto de los alimentos de origen animal), con los que fácilmente se cubrirá el 100% de la necesidad, entonces el aporte de zinc vía hígado de pollo es bueno.

El arsénico es uno de los elementos potencialmente tóxicos, ha sido por mucho tiempo causa de intoxicación tanto en los animales como en el hombre. La Organización Mundial de la Salud(OMS), fijó una cantidad diaria tolerable de arsénico para niños de 0.03 a 0.05mg.

Los resultados nos muestran un promedio de 0.001 mg/g y por hígado completo 0.024 mg con un aporte mínimo de 0.0008 y un máximo de 0.009 mg de As por hígado. Comparando os resultados con el límite tolerable, se aprecia que en ningún momento se alcanza el nivel máximo permisible de arsénico

diario, sin embargo, la lectura máxima de este mineral es de considerarse debido a la potencial toxicidad de este elemento.

La presencia de arsénico en las muestras analizadas, puede explicarse por varias razones: a) El uso inmoderado de compuestos arsenicales como promotores del crecimiento en pollos de engorda.

b) El empleo de roca fosfórica para la elaboración de premezclas minerales en pollos de engorda, que pueden tener cantidades elevadas de arsénico (25).

c) El uso de compuestos arsenicales como herbicidas, en cosechas como; trigo, maíz, cebada, sorgo, etc. granos que son utilizados para la elaboración de alimentos concentrados para aves. Este elemento tiene la propiedad de acumularse por mucho tiempo en el suelo, lo cual explicaría el porque de la aparición de este metal, aún cuando no se hubiera utilizado como herbicida en cosechas actuales.

d) En algunas granjas se utiliza harina de pluma como parte integral del concentrado de las aves, ésta, puede estar contaminada con arsénico (9), que si bien, no está en cantidades suficientes para producir intoxicación en los pollos, si es la suficiente como para acumularse en el hígado y de ahí pasar a los humanos.

Otro de los minerales potencialmente tóxicos, es el plomo, está ampliamente distribuido en el medio, y se encuentra en pequeñas cantidades en casi todos los órganos y tejidos del cuerpo.

Los resultados obtenidos rebelan la existencia promedio de 0.008 mg de plomo/g de muestra, en las cuatro Delegaciones en las que se detectó, y un promedio de 0.098 mg por hígado, habiendo un valor mínimo de 0.048 mg y un máximo de 0.0236 mg de plomo por hígado.

Se habla de una dosis tóxica de 0.25 mg/día/durante un mes, y los aportes encontrados no alcanzan esta cantidad, pero la lectura máxima obtenida debe tomarse en cuenta, debido a la potencial toxicidad del elemento. La existencia del plomo en las muestras analizadas, refleja la difusión que tiene este metal como contaminante ambiental y de lo peligroso del mismo como agente tóxico.

La roca fosfórica puede tener ciertos niveles de plomo que pudieran acumularse en los pollos de engorda.

Una segunda explicación, es la contaminación ambiental. Existen granjas de traspatio en algunas Delegaciones del Distrito Federal, las cuales sacrifican su propio pollo y lo reparten a las pollerías de su zona sin pasar por el rastro, y debido a la cercanía de estas granjas con la ciudad, es que se piensa en la contaminación como causa directa de la aparición de plomo en hígado.

Analizando el cuadro 2 se observará que en las Delegaciones que mostraron presencia de plomo, aún existen granjas de traspatio.

Las concentraciones de Cadmio, Cromo y Mercurio estuvieron por debajo de la lectura estándar o basal (0.05,

0.05 y 0.005 respectivamente), por lo que los hígados analizados se consideran libres de estos elementos.

CONCLUSIONES

Los hígados de pollo aportan cantidades suficientes de hierro, que alcanzan a cubrir con mucho, las necesidades diarias de éste, en los infantes. El aporte de cobre en promedio, cubre los requerimientos de este mineral, siendo necesario tener fuentes adicionales para llenar el 100%. En cuanto al zinc, los hígados de pollo no cubren el requerimiento mínimo indispensable, pero el nivel que aportan a la dieta es muy bueno, debido a la existencia de otros alimentos con los que se puede cubrir el 100% de la necesidad.

Se considera que los niveles de plomo y arsénico detectados en las muestras, son preocupantes, ya que representan un riesgo inminente de intoxicación, si la ingesta de este alimento es continua.

Finalmente se concluye que el hígado de pollo es una excelente fuente de hierro, lo es muy buena de cobre y es una fuente moderada de zinc.

Se puede considerar que están libres de cadmio, cromo y mercurio, debido a que las lecturas de tales elementos estuvieron por debajo de los estándares de determinación.

Aporta niveles de minerales tóxicos (As y Pb), que se deben tener en cuenta, porque aunque no son muy elevadas sus concentraciones; debido a la vida media tan larga y al efecto acumulativo de éstos, pudiesen desencadenar cuadros de intoxicación aguda o crónica.

LITERATURA CITADA

- 1.- Alfaro,G.J.: Determinación Comparativa por colorimetría y absorción atómica de Sn, Pb, Cu y As como elementos contaminantes en algunos alimentos. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1978.
- 2.- Blazquez,L.L.R.: Toxiinfecciones e Intoxicaciones alimentarias en la Ciudad de México, prevención y control. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1976.
- 3.- Calderón,R.F.J.: Sodio y Potasio y su relación con la producción de pollo de engorda. Tesis de Licenciatura. Escuela de Med. Vet. y Zoot. Durango, Durango. 1980.
- 4.- Casillas,C.J.: Determinación de Cu y Hg en alimentos, cereales, vino y pescado por los métodos de colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1977.
- 5.- Connor,R.: Metal contamination of food. Applied science publishers, LTD, London, 1980.
- 6.- Cotton,A.F. and Wilkinson,G.: Advanced Inorganic Chemistry. 4th ed. John Willey & Sons, USA, 1980.
- 7.- Church,D.C.: Livestock feeds and feeding. 2th ed. O & B Books, USA, 1977.

- 8.- DeAlba, J.: Alimentación del ganado en América Latina. 2th ed. La prensa Médica Mexicana, México, 1983.
- 9.- Delgado, Z.L.E.: Grado de acumulación de As en plumas de ave. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1980.
- 10.- DePavia, M.Y.: Ensayo de la detección de cinco elementos tóxicos (Cd, Cr, Cu, Pb y Zn) y dos minerales (Ca y Fe) en alimentos procesados para infantes. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1988.
- 11.- Deroche, R.: Toxicología y seguridad de los Alimnetos. 2ª ed. Omega Barcelona, España, 1990.
- 12.- Ensminger, M.E. y Olentine, C.G.: Alimentos y Nutrición de los animales. 1th ed. The Ensminger publishing company, California, USA, 1983.
- 13.- Fabian, F. y Rosiles, M.R.: Alteraciones de los parámetros productivos por el consumo de cromo anionico hexavalente en gallinas de postura. Vet. Mex. 13: 71-78 (1982).
- 14.- Flores, M.J.A.: Bromatología Animal. 4th ed. Limusa, México, 1980.
- 15.- Garner, R.J.: Veterinary Toxicology. 3th ed. Bailliere, Tindall and Cox, London, 1981.
- 16.- Gonzalez, A.M.Y.: Determinación de compuestos organoclorados en grasa, hígado y músculo de pollo de engorda comercial. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1978.

- 17.- Hafez, E.S. y Dyer, I.A.: Desarrollo y Nutrición animal. 1th ed. Acribia, España, 1972.
- 18.- Hamken, R.W.; Ammerman, C.D.; Bath, D.L.; and Clarc, J.H.: Nutrients Requeriments of Domestic Animals. 6^a ed. National Research Council, USA, 1988.
- 19.- Harrison, P.M. and Hoare, R.J.: Metals in Biochemistry. 1th ed Chapman and Holl, London, 1980.
- 20.- Hernandez, D.C.: Determinación de Pb en alimentos infantiles industrializados. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1987.
- 21.- James, E.H.: Inorganic Chemistry. 2th ed. Harper Row publishers, London, 1980.
- 22.- Keenan, W.Ch. and Kleinfelter, C.D.: Química general Universitaria. 3^a ed. Compañía Editorial Continental, México, 1986.
- 23.- Kustsky, R.J.: Handbook of Vitamins, Minerals and Hormones. 2th ed. Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA, 1981.
- 24.- Lagunes, P.M.L.: Estudio previo sobre la presencia de minerales (Ca, Fe, Cd, Cr, Mg, Mn, Pb, Zn) en algunos alimentos de la canasta básica mexicana. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1987.
- 25.- López, L.R. y Rosiles, M.R.: Determinación de veintitrés elementos minerales en roca fosfórica utilizada como suple-

mento para la alimentación animal. Vet. Mex. 19: 237-240 (1988).

26.- Mackay, K.M. and Mackay, R.A.: Introducción a la Química Inorgánica Moderna. 2th ed. Reverte S.A., Barcelona, España, 1976.

27.- Martínez, G.J.M.: Contaminación de alimentos por metales pesados. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1974.

28.- Martínez, F.K.F.: Estudio Monográfico para la determinación de: As, Cd, Cr, Pb, Cu, y Zn en pescados, por el método de absorción atómica. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1979.

29.- Myra, L.C.; Harvey, D.G. and Humphreys, D.J.: Veterinary Toxicology. 2th ed. Bailliere Tindall, London, 1980.

30.- Radeleff, R.D.: Veterinary Toxicology. 2th ed. Lee and Febiger, Philadelphia, USA, 1970.

31.- Rivera, V.M.I.: Determinación de macro y microminerales en gallinaza y pollinaza, procedentes de varios Estados de la República Mexicana. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1988.

32.- Rosiles, M.R. y Rodriguez, V.L.M.: Concentraciones de once elementos minerales catiónicos esenciales en pollos de engorda con y sin ascitis. Vet. Mex. 19: 111-115 (1988).

33.- Rosiles, M.R. y Gonzalez, A.: Efectos del cromo catódico trivalente en pollos de engorda. Vet. Mex. 11: 7-10 (1980).

34.- Rosiles, M.R.; Gonzalez, P.A. y Villarón, S.L.: Metodología analítica de flúor y su presencia en alimentos y excretas de pollos y gallinas. Vet. Mex. 17: 159-164 (1986).

35.- Sainz de la Rosa, N.: Estudio toxicológico de los ingredientes más comunes en alimentos enlatados y empacados. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1984.

36.- Underwood, J.E.: Los minerales en la Nutrición del ganado. 2ª ed. Acribia, España, 1983.

37.- Willard, H.H.; Merrit, L.L.; Dean, J.E. y Settle, F.A.: Metodos Instrumentales de Análisis. 2ª ed. C.E.C.S.A., México, 1986.

APENDICE

Antecedentes de los minerales en estudio

HIERRO

El hierro es el segundo metal más abundante, después del aluminio, en la corteza terrestre. Se piensa que el núcleo o centro de la tierra está formado por hierro y níquel y debido a la existencia de meteoritos de hierro se cree que también abunda en otras partes del sistema solar. La importancia de este metal se muestra por su participación en la vida humana (la civilización como la conocemos, no existiría sin el hierro), se emplea más que cualquier otro metal, tanto en forma pura como en sus mezclas (5).

El cuerpo humano y la mayoría de los organismos vivientes han, durante el curso de su evolución, llegado a depender del hierro para subsistir. La producción y utilización de la energía de los alimentos y el aire que se respira, son dependientes de la presencia del hierro en células y tejidos. Sin el hierro los pigmentos sanguíneos no pueden ser formados ni otras miles de reacciones enzimáticas se llevarían a cabo (6,18).

Resulta interesante, que de todos los organismos que habitan la tierra, aparentemente solo un grupo de bacterias ácido lácticas no poseen enzimas que contengan hierro, y parece ser que son totalmente libres de hierro y cobre (18,25).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

El hierro tiene un peso atómico de 55.85 UM, es un metal pesado con una densidad de 7.86. El hierro puro es un metal blanco, lustroso, con un punto de fusión de 1528°C. Es dúctil, maleable, buen conductor del calor y la electricidad (5).

Químicamente es bastante reactivo. En ambientes húmedos se oxida rápidamente para dar óxido hidroso, el cual es generalmente reconocido como moho. Comúnmente forma dos series de compuestos; los ferrosos y los férricos (5).

El metal es disuelto en ácidos para formar sales. Con ácidos no oxidantes y en ausencia de aire se forman sales de hierro.

Aunque muchos suelos contienen hierro en cantidades considerables, el metal no es extraído de esta fuente, en cambio, se utilizan un número de diferentes minerales ampliamente distribuidos en la corteza terrestre, para extraerlo. La mayoría de éstos son : Hematita, Limonita, Magnetita y Siderita (23).

FUNCIONES

El hierro desempeña un papel muy importante en la respiración en sus diferentes niveles, desde la distribución de oxígeno en el organismo, hasta la transformación 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 (19).

La molécula de hierro tiene una gran capacidad para transportar oxígeno y electrones, de ella se derivan los dos grandes tipos de funciones que realiza en el organismo y que son los siguientes:

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

b) Como cofactor de reacciones enzimáticas.

El hierro se distribuye en forma compleja en el organismo, 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 (5,19).

METABOLISMO

El tipo de hierro es quizá más importante que la cantidad que está presente, ya que de ello depende la proporción absorbida (5).

En primer término, cabe distinguir al hierro contenido en la hemoglobina y mioglobina, de aquel que proviene de todas las demás fuentes, se le conoce como hierro "hem" y es el que se encuentra en la "moronga", hígado y carnes, se caracteriza por absorberse en una proporción casi invariable del 10%, es decir que no está sujeto al control en la absorción (10,24).

El hierro de todas las demás fuentes (granos, frutas, verduras, huevo e incluso las sales de hierro administradas

con fines terapéuticos) si está sujeto al control en la absorción, la cual es por tanto, muy variable y casi siempre inferior a la del hierro "hem" (10).

Al llegar los alimentos al estómago, el hierro no "hem" que contienen, se libera y solubiliza en el jugo gástrico, y si están presentes ciertos monosacáridos y ciertos aminoácidos o la vitamina C, el hierro se une a ellos para mejorar su absorción. Aunque puede absorberse en cualquier porción del intestino delgado, en la práctica, la mayor parte de la absorción se realiza en el duodeno en forma relativamente rápida, favoreciéndose ésta en su forma ferrosa (24).

El hierro tomado por las células de la mucosa intestinal se convierte a ferritina, cuando las células llegan al punto de saturación fisiológico, con ferritina, se impide la absorción extra de hierro, hasta que éste es liberado al plasma, entonces se reactiva la absorción (35,36).

Altos niveles de fosfatos y fitatos en la dieta reducen la absorción de hierro (24).

La ingestión elevada de Co, Zn, Mn, interfieren con la absorción del hierro, a través de la competencia por los sitios receptores para la absorción (24).

El hierro es excretado como ferritina y como hierro contenido en los alimentos a través del:

Riñón	2%
Intestino	94%

Sudor 4%

(5,10,24).

DEFICIENCIA

Los requerimientos normales en adultos son:

Mujeres	8mg/día
Hombres	10mg/día

En los infantes la ingestión recomendada, suponiendo un 10% de absorción, es de 10 mg/día, siendo el requerimiento diario de 0.5-1.5 mg-día (10).

Se dice que la deficiencia de hierro es la más común y difundida de todas las deficiencias nutrimentales. Hablando exclusivamente de los humanos, afecta no solo a poblaciones marginadas, sino también con notable frecuencia a poblaciones de alto nivel socioeconómico (8,11).

Clínicamente se expresa por anemia microcítica hipocrómica, disminución en el número y tamaño de los glóbulos rojos, en la concentración de hemoglobina y el hierro circulante. Sin embargo, la deficiencia de hierro no se circunscribe a la anemia, afecta a todo el organismo y todos los pasos del metabolismo en los que este elemento mineral toma parte (23).

Así por ejemplo, produce alteraciones de la conducta, fatiga muscular, reducción de la capacidad inmune, una serie de manifestaciones digestivas, mala absorción, geofagia, inflamación de la lengua y otras alteraciones no relacionadas con la anemia misma; ésta, por su parte, como todas las anemias, produce palidez, debilidad y taquicardia (2,5,6,23).

La deficiencia puede originarse, en una dieta pobre en hierro o en la que el hierro no se absorba bien.

La deficiencia en 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 hierro (10,24).

TOXICIDAD

A pesar de los obstáculos fisiológicos, es posible la producción de una sobrecarga de hierro. La ingestión de grandes dosis o su administración parenteral pueden producirla (15,30).

El exceso de hierro es atrapado inmediatamente en los depósitos de reserva. De continuar el exceso y saturarse las reservas, el hierro puede precipitarse en otros tejidos (hígado, páncreas, corazón, etc.), produciéndose la llamada hemosiderosis (8,10).

La intoxicación aguda por ingestión de sales de hierro, usualmente sulfato ferroso, ocurre con alarmante frecuencia en niños (15).

Se reconocen tres fases distintas en la intoxicación por hierro en los humanos. Una fase aguda temprana, en la que se presenta gastroenteritis hemorrágica, asociada con diarrea y vómito, shock en 24-48 hrs., acompañado con frecuencia de convulsiones y posiblemente después de un mes, necrosis aguda del hígado y muerte debido a coma hepático (10).

Los hallazgos a la necropsia muestran; degeneración muscular y en ocasiones hidropericardio e hidrotórax.

El tratamiento en la intoxicación aguda en niños, se basa en la aplicación de "desferrioxamine" y un agente quelante del hierro, por vía parenteral incrementa el rango de excreción del hierro, si es aplicada oralmente, detoxifica y mantiene al hierro en el tracto alimentario (11,17,19).

COBRE

El cobre está dentro de los primeros metales utilizados por el hombre en forma pura, es fácilmente extraído de sus derivados mediante sencillos procesos metalúrgicos, pero también se encuentra en forma elemental en ocasiones (11).

Debido a su naturaleza física suave, el cobre fue utilizado para ornamentos, no fue sino hasta el descubrimiento de su capacidad para combinarse y mezclarse con otros metales, que empezó a utilizarse en gran escala para la fabricación de instrumentos de diversas clases, incluyendo armas (11).

La edad de bronce se fundó en el descubrimiento y desarrollo de la producción de una mezcla de estaño y cobre. Incluso desde el inicio de la civilización el cobre ha estado asociado a los alimentos en una forma u otra (4,5,6).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Tiene un peso atómico de 63.34 UM, densidad de 8.96, su punto de fusión es de 1083°C, es un metal suave, aunque fuerte, es dúctil y maleable, buen conductor de la electricidad, mejorado solo por la plata (26).

Es resistente a la corrosión en el sentido de que cuando es expuesto al medio, solo se oxida superficialmente.

El cobre forma una amplia variedad de sales inorgánicas, cuprosas y cúpricas. Los compuestos cúpricos son los más importantes y la mayoría de los compuestos cuprosos son rápidamente oxidados a la correspondiente forma cúprica.

El cobre y sus derivados están ampliamente distribuidos en la naturaleza, los principales son: la malaquita, azurita, bornita y cuprita. Los de mayor importancia son los sulfidos, pero los óxidos y los carbonatos, también como los arsénidos y clóridos están presentes. Muchos derivados del cobre también contienen otros minerales como: zinc, cadmio y molibdeno (5,28).

El uso primario del cobre es en la industria eléctrica, en la fabricación de diodos, cables y equipo similar que requiere de una excelente conductividad eléctrica.

Las sales de cobre tienen algunas aplicaciones en la agricultura y en la industria farmacéutica. Uno de los usos más importantes que se le ha dado en la industria agrícola es a través de una mezcla llamada "bordeaux", un fungicida utilizado para prevenir el "tizón" en papas, uvas y otros cultivos (1,27,35).

El cobre está ampliamente distribuido en los alimentos, por lo tanto, la dieta humana contiene cantidades suficientes de este elemento mineral; generalmente las concentraciones de éste, en el alimento, es de alrededor de 1mg/kg (24).

Las mejores fuentes de este metal son; la carne, el hígado, el riñón, el corazón, el pescado y los vegetales verdes. Los cereales refinados y la leche de vaca son pobres en cobre con concentraciones menores a 100mg/kg (24).

FUNCIONES

El organismo humano contiene cantidades muy pequeñas de cobre (entre 1.5-2.5 mg/kg de tejido magro), pero cumple funciones metabólicas esenciales. Aunque se distribuye en todos los tejidos el cobre predomina en el hígado, cerebro, corazón y riñón (10,24).

El plasma contiene alrededor de 110µg/100ml; el 90% de éste, se encuentra unido a una proteína de gran tamaño llamada 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 metal (5,10).

En los eritrocitos, el cobre alcanza concentraciones similares a las del plasma 115µg/100ml en un 60% se halla unido a otra proteína llamada eritrocupreína

Entre las principales funciones del cobre se encuentran las siguientes:

Influye sobre la absorción del hierro y sobre la movilización de las reservas hepáticas.

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

Actúa como el grupo prostético de varias enzimas que participan en reacciones oxidativas (oxidasa del citocromo C, oxidasas de monoaminas y diaminas) y de una enzima que participa en la síntesis de la elastina y la colágena que forman el tejido conectivo. Una enzima que contiene cobre y está en el tejido de las plantas, es la ácidoascórbico-oxidasa, la cual es responsable de la pérdida de vitamina C en frutos y vegetales (24).

Activa la lecitinasa, la descarboxilasa oxalacética y la tirosinasa que participa en la síntesis del pigmento llamado melanina.

METABOLISMO

La absorción de cobre se realiza en el estómago y duodeno con un porcentaje de absorción del 32-60% , esto depende de la cantidad y forma química del cobre ingerido, así como de los niveles de otros iones metálicos y sustancias orgánicas presentes en la dieta, otro factor importante es la edad.

Existen dos mecanismos de absorción de cobre:

1.- Involucra el transporte del cobre del lumen intestinal a la célula de la mucosa.

2.- De la célula, a la mucosa del plasma.

El cobre que entra al plasma sanguíneo a partir del intestino, se une débilmente a la albúmina sérica y a los aminoácidos en cuyas formas se distribuye ampliamente a los tejidos y puede pasar gran cantidad a los glóbulos rojos (24).

El cobre es almacenado en estos sitios o liberado para que se incorpore a la eritrocupreína, ceruloplasmina y numerosas enzimas que contienen cobre en las células (12).

Altos niveles de Ca, Zn, Fe, Pb, S y Mo en la dieta afectan marcadamente la absorción, retención y distribución del cobre en el organismo, debido a la competencia por los sitios de unión a las proteínas. Los fitatos forman complejos muy estables con el cobre y reducen la asimilación de este elemento (10).

La mayoría del cobre que no fue absorbido, es excretado a través de las heces. El hígado también provee la vía principal de excreción del cobre, por medio de la bilis (24).

Ingestión Tolerada

El requerimiento de cobre para infantes en rápido crecimiento con pocas reservas de éste mineral, se ha estimado entre 42-135 μ g/kg/día (5,10).

Para adultos en general se recomienda; 2mg/día (24).

DEFICIENCIA

La deficiencia de cobre suele deberse a dos causas principalmente:

a) Insuficiencia por bajo aporte del mismo en la dieta.

b) Interacción de antagonistas en el metabolismo.

Las manifestaciones que se presentan por tal alteración, varían con la edad, sexo y especie animal.

No hay evidencia clara de que se presente una deficiencia de cobre en adultos ya que existe una adecuada distribución de cobre en los alimentos.

En los infantes la falta de este elemento interviene en la etiología de tres síndromes clínicos (24).

En el primero de ellos se presenta anemia e hipoproteinemia. La hipoproteinemia resulta de la inhabilidad de los infantes para obtener suficiente cobre de su leche y así prevenir el agotamiento 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 niños malnutridos, rehabilitados con altas calorías, dietas bajas en cobre y exhibiendo anemia, neutropenia marcada, diarrea crónica o recurrente, cambios en huesos e hipocupremia, todos los cuales son sensibles al tratamiento con cobre.

La tercera, es una enfermedad causada por un defecto genético en la absorción del 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 (18,19).

TOXICIDAD

En cantidades mayores a 250mg/día es tóxico en adultos, aunque se ha demostrado que un adulto puede consumir hasta 400 mg (5,10).

En niños cerca de 100mg inducen vómito (10,24).

ZINC

La importancia biológica del zinc se ha resaltado solo durante las últimas dos décadas, en un principio solo se le dio importancia a los efectos nocivos de este mineral, pero en la actualidad es evidente su esencialidad en el desarrollo y crecimiento normal de todos los seres (5,11).

En realidad a pesar del importante papel desarrollado por el zinc a lo largo de la vida biológica y económica del hombre, nunca ha llamado mucho la atención de los científicos, por esta razón, fue una sorpresa para muchos saber que el cuerpo humano necesita y contiene casi tanto zinc como hierro, y alrededor de 10 veces más que de cobre, dos metales que son conocidos como nutrientes inorgánicos esenciales (7).

Hoy en día se sabe que un poco más de 120 enzimas contienen zinc en su molécula, la mayoría de las cuales han sido identificadas en los últimos 15 años (11).

En ausencia de una dieta con niveles adecuados de zinc suelen presentarse serios problemas de salud (11,12,15).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

El zinc tiene un peso atómico de 65.37 UM, su densidad es de 7.14, con un punto de ebullición de 420°C, es muy volátil tomando en cuenta que es un metal pesado (23).

Es de un color blanco-azuloso, brillante o lustroso con gran maleabilidad. Se torna a un color gris-azuloso debido a la formación de una capa adherente de carbonato básico; esta capa protege al metal propiamente dicho, de una futura corrosión y es la base para el uso del zinc en la galvanización de otros metales para protegerlos de la corrosión (26).

El zinc es un metal reactivo, se combina rápidamente con ácidos no oxidantes, liberando hidrógeno y formando sales. También se desenhueve en bases fuertes para formar iones zincato. Reacciona con oxígeno, especialmente en presencia de calor produciendo óxido de zinc, también reacciona directamente con los halógenos y con sulfuros y otros no-metales (36).

Forma un número de mezclas, las más conocida e importante es el latón. Esta mezcla ha sido producida y usada por el hombre por más de 2000 años y sigue siendo de

considerable importancia. El bronce también contiene pequeñas cantidades de zinc (23).

El zinc y sus derivados están ampliamente distribuidos en la corteza terrestre, sus principales derivados son los sulfidos, tales como las mezclas de zinc. Normalmente aparece en asociación con otros metales como el plomo, cadmio y cobre (5,15).

El principal uso del zinc durante muchos siglos fue en la producción del latón. Fue elaborado en grandes cantidades en China e India y fue un importante artículo de comercio cuando las naves europeas comenzaron a penetrar en el Océano Pacífico (11).

Otro empleo del zinc es para proteger al hierro y otros metales de la corrosión por aire y agua, en la forma de hierro y acero galvanizado (11).

El óxido de zinc es usado en la manufactura de caucho y como pigmento blanco. Una cantidad considerable de zinc, es también utilizada en la manufactura de celdillas Solares (5).

Es también importante en la industria farmacéutica, donde es usado en suplementos nutricionales, shampoos y otras preparaciones. El carbonato de zinc ha sido usado como pesticida (6,26).

FUNCIONES

Este mineral juega un papel muy importante en la fisiología normal de todos los seres, participa en varios sistemas enzimáticos; uno de los más importantes es la anhidrasa carbónica, la cual está involucrada en el

transporte de bióxido de carbono en la sangre y es liberado a través del pulmón durante la respiración (10,28).

Forma parte estructural del páncreas, lo encontramos en las células "beta", donde parece estabilizar la molécula de insulina (24).

Interviene también en la síntesis de proteínas y en la de ácidos nucleicos; además se cree que juega un papel importante en el tejido conectivo, participa en el metabolismo de carbohidratos y lípidos y en el mantenimiento de glándulas sexuales (12,24,26).

METABOLISMO

La absorción se realiza en el intestino delgado, ya absorbido y en la sangre, se enlaza a proteínas de bajo peso molecular secretadas por el páncreas (probablemente la albúmina o transferrina) (24,26).

La forma química en la que se ingiere este elemento influye en su absorción, favoreciéndose ésta, en su forma de sales y quelatos (10).

El zinc absorbido se acumula rápidamente en el hígado, bazo, páncreas y riñones. También se acumula en pelo uñas y tejido queratinizado (10).

Se ha demostrado que algunos componentes de la dieta como ácido fítico, fibra y calcio, interfieren en la absorción del zinc y el cadmio.

La eliminación del zinc se realiza principalmente por:

a) Heces.- Contiene la totalidad del zinc de excreción endógena (secreciones pancreáticas e intestinales), y el zinc alimentario no absorbido.

b).- Orina.- Varía entre 0.4 y 0.6mg/24 hrs.

c).- Sudor.- Es importante en zonas tropicales donde la sudoración es mayor.

La ingestión tolerada diaria en niños lactantes, es de 3-5mg y para mayores de 1-10 años de 10 mg. Para adultos, se acepta una cantidad de 15mg/día (5,8,10).

DEFICIENCIA

Las manifestaciones clínicas principales de la deficiencia de zinc son; retraso en el crecimiento, enanismo, hipogonadismo, pérdida del sentido del gusto, alopecia y mala cicatrización de las heridas (23,24).

En las aves la deficiencia se manifiesta por baja en la producción de huevo, ausencia de miembros o partes, deformación de la columna y fusión de vértebras toracolumbares (5,10).

TOXICIDAD

El zinc es relativamente no tóxico en 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 que depende de la naturaleza de la dieta, particularmente del contenido de

calcio, cobre, hierro y cadmio, con los cuales interactúa en el proceso de utilización y absorción (29).

Las sales de zinc a niveles tóxicos actúan como irritantes gastrointestinales y han sido reportados como resultado de enfermedades agudas y transitorias, con síntomas de vómito, náusea, dolor abdominal y diarrea (5,10,29).

PLOMO

El plomo es uno de los metales que se ha conocido desde épocas muy remotas, el descubrimiento de una estatuilla en las ruinas de Troya haría remontar el origen de su empleo a 3500 años a.c. Parece que los egipcios lo utilizaban desde el 2500 a.c. para las soldaduras, y los asirios como moneda (11).

Los romanos lo utilizaron para cerrar herméticamente las uniones de sus acueductos, y trataban sus utensilios de cocina, de cobre, con una capa de palta y plomo. Una de las costumbres frecuentemente mencionadas en la literatura es la de emplear el plomo en la fabricación y conservación de los vinos. En una investigación realizada por Hoffman en 1983, reconstruyendo una de las recetas para la elaboración de vinos, le permitió obtener vinos que contenían entre 390-780 mg de plomo/L (11,29).

La vía digestiva siempre ha tenido una función primordial en el caso de intoxicaciones por plomo, éste junto con el arsénico es uno de los venenos más antiguos (8).

El saturnismo o plumbismo, como se le llamaría más tarde, que fue la primera enfermedad reconocida por Francia (país en el cual se dio un brote de esta enfermedad, teniendo como causa la ingestión de vinos con alto contenido de plomo), describe el cólico, en ocasiones acompañado por delirio y parálisis, que Hipócrates había notado alrededor del año 400 a.c. en hombres que trabajaban con plomo (11,14).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

El plomo tiene un peso atómico de 207.19 UM es uno de los elementos más pesados, con una densidad de 11.4; es suave y puede ser doblado y cortado con navaja, cuando se hace un primer corte en su superficie, ésta, es muy brillante, parecida a un espejo, pero pronto se transforma, al mezclarse con el aire se forma en la superficie una delgada capa de carbonato de plomo básico. Su punto de fusión es de 1725°C, es un pobre conductor del calor y la electricidad, sus sales, óxidos y sulfatos son solubles en agua, a excepción del acetato de plomo (5,6).

El plomo se encuentra en pequeñas cantidades en todo el mundo. No se encuentra como elemento puro, normalmente se le halla combinado con otros elementos, formando sales, aunque también suele estar asociado con metales como el zinc, hierro, mercurio y cadmio (5,23).

METABOLISMO

El plomo está presente en casi todo órgano y tejido del cuerpo humano, las cantidades presentes varían con la edad, ocupación y aún, con 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. Una dieta alta en carbohidratos, pero escasa en proteínas puede tener un efecto similar (24).

El plomo una vez absorbido en la corriente sanguínea se transporta alrededor del cuerpo como la mayoría de los metales pesados, se une a las células sanguíneas. Se distribuye en sangre a tejido blando y hueso. 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 (5,10,17).

El tiempo de vida biológica para el plomo se ha estimado en 5 años. El grupo TASK (36) 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 penetrar más y más profundamente dentro de la estructura ósea y era mantenido ahí permanentemente, sin embargo, no hay evidencia de esto (36).

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. La absorción y retención de plomo es más elevada en los niños, que en los adultos (10).

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 (1,3,10).

Durante muchos años la administración de vitamina D y fosfatos constituyeron uno de los pilares clave (hasta la introducción de los quelatos) del tratamiento de la intoxicación saturnina.

El plomo es eliminado del organismo, a través de las heces, en un 90% aproximadamente y el resto a través de la orina y el sudor (24).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) marca como ingestión máxima tolerable a la semana de plomo, de 3mg por persona o 0.05mg/kg, estos niveles no son aplicables a niños (10,24).

TOXICIDAD

El plomo es un metal muy venenoso, impide la síntesis porfirínica por inhibición de varias enzimas, entre las cuales se cuentan; ácidoaminosacáricodeshidrogenasa, a la coproporfiríndescarboxilasa y a la ferroquetalasa (30).

Los síntomas de una intoxicación aguda por plomo se tienen bien establecidos, cosa que no sucede con casos de intoxicación crónica, la que se presenta solo después de un largo periodo de acumulación de este elemento mineral en el organismo (30).

Los problemas que se presentan en la intoxicación aguda, están relacionados con los siguientes órganos y sistemas; hematopoyético, nervioso, renal y gastrointestinal (10).

Aparecen cólicos, espasmos de los vasos sanguíneos que pueden producir gangrena, hay anorexia, dispepsia y constipación, además de dolor abdominal intenso, puede elevarse la presión sanguínea, haber parálisis nerviosa, anemia, la cual es causada por los efectos combinados de la inhibición en la síntesis de hemoglobina y el acortamiento en la vida media de los eritrocitos. También se manifiestan cambios en la conducta, hiperquinécia y comportamiento agresivo, presentándose en ocasiones retraso mental (10,11,29,36).

La ingestión oral de 200-300 μ g de plomo /día durante algunos meses o 5000-10000 μ g/día /1 mes, producirá los efectos clásicos de envenenamiento por plomo en adultos (36).

En los niños, se presenta cuando el consumo ha sido de 1000 μ g/día durante 4-6 meses (36).

La exposición excesiva origina daños en los túbulos renales en los niños; daños que no son comunes en los adultos. En los niños la encefalopatía, va seguida

generalmente de daños cerebrales permanentes. Basta la entrada de 0.6 mg/día para que estos signos se presenten a las pocas semanas (29,36).

ARSENICO

El arsénico y sus compuestos están ampliamente distribuidos en la naturaleza, y los derivados de la mayoría de los otros metales contienen pequeñas cantidades de éste.

Ha sido por mucho tiempo causa frecuente de intoxicación sobre todo en animales de granja, y dentro de éstos, el ganado bovino de carne es el más afectado (7,11).

Las fuentes más comunes de arsénico, son los diversos pesticidas empleados en los sembradíos y también las preparaciones usadas como herbicidas. El arsénico persiste por muchos años en el suelo, es por eso, que aunque no se utilicen derivados arsenicales en los sembradíos, es factible que se encuentren ciertas concentraciones de este mineral debido al efecto acumulativo ya mencionado (29).

El arsénico se asocia en numerosos compuestos, con otros metales, como sodio, plomo y cobre. En algunas ocasiones la presencia de estos otros metales sirve para confundir los signos síntomas y lesiones, de aquellos normalmente asociados al arsénico (8,10,11).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Tiene un peso atómico de 74.9 UM, su densidad es de 5.7. En su forma cristalina es color gris, su punto de ebullición es de 613°C (5).

Sus dos compuestos inorgánicos más comunes son el trióxido de arsénico y el pentóxido de arsénico, y los compuestos orgánicos de interés son el ácido arsenioso, ácido dimetilarsenioso y ácido cacodílico (5).

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en el medio, usualmente en la forma de trióxido, el cual es vaporizado durante su extracción. Tiene un uso limitado en la industria metalúrgica, aunque en su forma elemental, es usado en pequeñas cantidades en la producción de algunas mezclas; tiene la propiedad de aumentar la resistencia del acero al calor (5,11).

El principal uso del arsénico ahora, es en la agricultura, en donde se utiliza como herbicida, fungicida, como conservador de la madera, insecticidas, etc. (29).

METABOLISMO

El rango de absorción de los arsenicales inorgánicos, desde el tracto digestivo depende de su solubilidad. El arsenito de sodio es relativamente soluble, rápidamente absorbido y altamente tóxico, el trióxido de arsénico, por otro lado, es poco soluble, se absorbe lentamente y se excreta vía heces, durando mucho tiempo su excreción (29).

El arsénico tiende a acumularse en el hígado, del cual es lentamente liberado y se distribuye a otros tejidos. Después de una administración continua, hay una tendencia de este mineral, a almacenarse en huesos, piel y tejidos queratinizado, como uñas, pelo, plumas, etc. y tiende a desaparecer de tejidos suaves, una vez que el arsénico es depositado en células queratinizadas de pelo y plumas, éste es irremovable (9,29).

Se excreta por orina, heces, sudor y leche, el rango de excreción varía con el tipo de compuesto y es en general inversamente relacionado con la toxicidad (29).

TOXICIDAD

La Organización Mundial de la Salud (OMS) fijó una dosis diaria admisible para el hombre adulto de $50\mu/\text{kg}$ de peso y en niños es de aproximadamente 0.03-0.05mg.

La toxicidad de los compuestos arsenicales varía considerablemente de acuerdo a su composición química y a su solubilidad. El arsénico forma dos tipos de compuestos en los cuales se encuentra en forma tri y pentavalente. El arsénico trivalente es mucho más tóxico que la forma pentavalente, se cree que los compuestos que contienen arsénico en su forma pentavalente, ejercen su acción tóxica, solamente después de su conversión hacia la forma trivalente.

En los casos agudos de intoxicación, hay pérdida de coordinación, dolor abdominal y en ocasiones vómito, puede estar elevada la temperatura corporal, postración y muerte

que suele presentarse entre las 12-48 horas después de la aparición de los signos (10,24).

En la intoxicación crónica, hay pérdida del apetito y consecuentemente de peso, problemas gastrointestinales, neuritis periférica con Dolores en los miembros, conjuntivitis, lesiones cutáneas y en mucosas, hiperqueratosis, melanosis, aparición de estrías blancas en las uñas.

Hay que añadir una posible lesión hepática, que evolucionará a cirrosis, así como una alteración en la circulación general que se caracteriza por gangrena de las extremidades y en general del pie (23,29).

CADMIO

Aunque el cadmio ha tenido un uso muy extendido solo en épocas recientes, es muy probable que esta, potencialmente tóxico metal, halla sido causa de contaminación de los alimentos, en épocas antiguas (11).

Normalmente se encuentra asociado a otros metales, pequeñas cantidades de éste, son suficientes para causar intoxicación (5).

Es soluble en ácidos orgánicos, por lo tanto, penetra fácilmente en los alimentos. Es de los más peligrosos contaminantes de los alimentos, no solo por su toxicidad sino, por su amplia distribución y sus múltiples aplicaciones en la industria moderna (5,6).

Linnman y col. en (1973) confirmaron la fácil contaminación del trigo a partir de diferentes disoluciones de barros residuales con solo 10 ppm de cadmio; mostraron también que la disminución de pH del suelo facilitaba la transferencia del cadmio hacia el vegetal, sin duda debido a un aumento de su porción intercambiable (11).

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Tiene un peso atómico de 112.4 UM, es de color blanco-plateado, maleable, su punto de fusión es 320.9°C, forma un número de compuestos inorgánicos, varios de los cuales son muy solubles en agua, tal como el clórido, sulfato y acetato.

Forma compuestos con complejos orgánicos tal como el ditiozono y tiocarbamato, también como con proteínas a través de grupos sulfidrilo-SH (6,19,26).

El cadmio es particularmente útil como una capa antioxidante en el hierro, algunas mezclas de cadmio, son utilizadas como fertilizantes y como parte importante en la industria automotriz (11).

La ingesta diaria de cadmio varía considerablemente según las cantidades y tipos de alimentos consumidos. El cuerpo humano tiene pequeñas cantidades de cadmio, que tiende a aumentar con la edad. Se encuentra principalmente en hígado y riñón. Aún no se ha demostrado que sea un mineral esencial, pero su presencia constante en el organismo, hace suponer que cumple alguna función (10,11,24).

Esta suposición se basa en la existencia de una proteína llamada metalotioneína, que contiene cadmio, el que a su vez puede ser sustituido por zinc, interviene en el transporte y almacenamiento selectivo de cadmio (10,24).

METABOLISMO

Cerca del 6% del cadmio contenido en los alimentos es absorbido por el organismo, del cual, la mayoría se retiene, una vez que ha penetrado en éste, se fija en los tejidos combinándose de forma selectiva con la metalotioneína, proteína rica en grupos "tiol", cuya síntesis es a su vez, estimulada por exposición al mineral. Del 50-65% de la carga total de cadmio fijada por el organismo se acumula en el hígado y los riñones. El cadmio es almacenado inicialmente en el hígado, donde se realiza la principal síntesis de metalotioneína, es progresivamente trasladado por esta proteína hacia el riñón, donde queda almacenado de forma casi definitiva, ya que su vida media a nivel de este órgano podría sobrepasar 17 años. Esta retención se realiza en el cortex (5).

Se ha calculado, que gracias a esta retención tan "eficiente" el cadmio alcanza una vida media biológica de un poco más de 40 años; incluso en bajos niveles de exposición al cadmio ambiental, el cuerpo lo acumula a lo largo de su vida (5,11,24).

La OMS ha establecido para los adultos, una ingestión provisional tolerable de 400-500µg/semana. El comité mixto de

la FAO-OMS determina un nivel de tolerancia para niños de $1\mu\text{g}$ (10,11).

TOXICIDAD

No han sido reportados efectos tóxicos de la ingestión oral de cadmio en personas no expuestas a fuentes industriales de este elemento (11).

Los envenenamientos por cadmio, observados en Japón, manifestados por lesiones renales y gastrointestinales, así como osteomalasia, resultaron de contaminación industrial de alimentos y agua (10,11).

La ingestión de cadmio en alimentos o bebidas, puede causar síntomas de náusea, vómito, dolor abdominal y cefaleas, a los pocos minutos de su ingestión. En casos severos, se pueden desarrollar también diarreas y shock. Una larga ingestión de cadmio, trae como consecuencia una enfermedad seria de los riñones y de los huesos. Otros síntomas son anemia e hipertensión (10,11).

CROMO

El cromo está ampliamente distribuido en la corteza terrestre, formando alrededor del 0.04% de la materia sólida.

Hay una gran variedad en el contenido de cromo que muestran las rocas y el suelo, pero al parecer se encuentra en cantidades suficientes en éste último, como para satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas y

de los animales, incluyendo al hombre. Industrialmente el cromo es un metal nuevo, se emplea en la moderna industria acerera y otras mezclas metálicas.

Ahora el cromo se reconoce como un mineral esencial para los animales y el hombre (5,7).

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

Tiene un peso atómico de 52 UM, es un metal pesado, con una densidad de 7.2 y un punto de fusión de aproximadamente 1860°C, es muy duro, blanco, lustroso y frágil, es también extremadamente resistente a muchos agentes corrosivos. Las sales de cromo de mayor uso son; el acetato, citrato y clórico, también forman un gran número de compuestos relativamente inertes.

La mayor aplicación del cromo es en la industria metalúrgica, como un elemento involucrado en la producción de acero inoxidable y recubriendo objetos de metal para protegerlos de la corrosión. Es también utilizado para la producción de pigmentos, y en la industria de la imprenta (2,12).

METABOLISMO

La absorción del cromo está relacionada con la forma química del elemento en los alimentos. Los experimentos con animales, demuestran que el cromo trivalente se absorbe

pobremente (un 1% del total de la cantidad ingerida), mientras que los cromatos en un 2% son más rápidamente absorbidos. Una vez absorbido, se disipa en la sangre, mucho es distribuido a varios órganos en particular al hígado, donde se encuentra en forma trivalente. La concentración de cromo en todos los tejidos, decrece con la edad, excepto en los pulmones, donde la contaminación ambiental puede producir un aumento. La forma en la que el cromo llega a los tejidos, es, unido a la transferrina y en éstos se distribuye en las fracciones subcelulares y en la fracción nuclear (5,10,23).

La presencia de agentes antagonistas como el zinc, vanadio, hierro y magnesio, afectan la absorción del cromo.

Este metal se excreta principalmente en la orina, aunque pequeñas cantidades se pierden en las heces por medio de la bilis e intestino delgado y posiblemente, a través de la piel (24).

FUNCIONES

Interviene en funciones tales como el metabolismo de la glucosa, metabolismo de lípidos, síntesis de proteínas (10).

Juega un papel importante en el mantenimiento de los niveles normales de glucosa en el organismo.

La forma trivalente del cromo es la única que tiene actividad biológica y forma parte de los alimentos, mientras que la forma exavalente se ha encontrado que tiene propieda-

des tóxicas, sin embargo, éste último se absorbe mejor que el cromo trivalente (23,24).

La ingestión tolerada que se recomienda es de 10-60 $\mu\text{g}/\text{día}$ en niños lactantes y de 10-20 μg en adultos.

La deficiencia del metal en la dieta, se asocia con metabolismos alterados de glucosa y lípidos, y puede causar enfermedades diabéticas y arteriosclerosis (en humanos). La deficiencia en animales de experimentación, se caracteriza por un retraso en el crecimiento y por alteraciones en el metabolismo de glucosa, lípidos y proteínas (5,10,24).

TOXICIDAD

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, desencadenan daños, entre los que se encuentran; congestión e inflamación intestinal, desprendimiento de las membranas de la mucosa gástrica e incluso muerte. En casos crónicos se presenta inflamación y congestión solo en el estómago.

En humanos la exposición crónica al polvo de cromato, ha sido correlacionada con incidencia de cáncer pulmonar (10,29).

MERCURIO

En años recientes, la importancia del mercurio en la cadena alimenticia se ha comprendido mejor. El mercurio

inorgánico y los derivados aromáticos de éste, proceden de derivados o desechos de procesos industriales y se convierte en el fondo de los ríos y lagos, a su forma de metil mercurio soluble, de donde es arrastrado hacia el mar; aquí es consumido por organismos que tienden a acumularlo en sus tejidos, constituyendo un riesgo potencial para las personas que consumen productos del mar con mayor frecuencia.

Se ha demostrado también la toxicidad de los pesticidas organomercuriales utilizados en la agricultura.

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

Tiene un peso atómico de 200.59 UM, temperatura de fusión de 38.9°C, es un metal blanco, brillante y líquido.

El mercurio puede estar presente en los alimentos en forma de; mercurio elemental, mercurio mercúrico y alquil mercurio (5).

La forma química en la que se encuentra este elemento mineral influencia la absorción, distribución y vida media biológica. En general, sin embargo, puede decirse que (excepto en situaciones especiales y normalmente como resultado de contaminación extrema o uso inadecuado de ciertos compuestos), el nivel de mercurio en la dieta, es muy bajo (11).

El alquil mercurio, junto con otros compuestos mercuriales orgánicos, son los que comunmente están

involucrados en casos de intoxicación, como lo ocurrido en la Bahía de Minamata en Japón (11,29).

METABOLISMO

El metil mercurio ingerido en el alimento, es absorbido eficientemente en el intestino, pasando al torrente sanguíneo, en donde la mayoría del metil mercurio se acumula en los eritrocitos. El compuesto es lentamente distribuido hacia otros tejidos. El cerebro muestra una especial afinidad a este compuesto, pudiendo alcanzar hasta 6 veces más la concentración que en cualquier otro tejido (5,31).

Es excretado parcialmente, por vía renal y la mayoría es excretado por vía hepática en bilis, llegando finalmente a las heces. La vida media biológica, parece ser de alrededor de 70 días. Muchos del metil mercurio en la bilis es reabsorbido por el intestino, pero el mercurio orgánico, formado por desmetilación en el hígado, es eliminado a través de las heces por un tiempo prolongado (33,35).

La ingestión tolerada aún no se tiene fija, pero el comité mixto de la FAO-OMS, en 1972, postularon una ingestión semanal de 0.3mg (11).

TOXICIDAD

Una vez que se ha ingerido una dosis tóxica, el elemento se retendrá por un periodo largo, causando daños y disturbios funcionales. Parece existir un periodo de latencia entre la absorción de la dosis tóxica y la aparición de los signos. Los signos clínicos de una intoxicación, están caracterizados inicialmente por disturbios sensoriales en los parpados, la lengua y alrededor de los labios; cuando la intoxicación se incrementa los signos son más severos.

El sistema nervioso central es dañado irreversiblemente, teniendo como resultado: ataxia, temores, visión alterada, ceguera, pérdida del sentido del oído y muerte, la cual generalmente ocurre por colapso circulatorio (8,12,15).

ESPECTOFOTOMETRIA 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 lámparas de cátodo hueco que contienen al elemento a determinar (37). Estas lámparas son diseñadas para emitir energía de una particular longitud de onda, capaces de pasar del estado basal al estado excitado a 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 longitud y 5 cm de, diámetro con ventana de cuarzo. Introducidos en su interior se encuentran el cátodo, copa metálica que contiene el elemento a excitar y el ánodo, formado por una varilla de tungsteno. El tubo se evacúa y se llena con un gas portador monoatómico, ultrapuro, comúnmente argón o neón.

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 facilidad de ajuste (10,37).

Proceso de atomización de la flama.-

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

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 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 en una medida de concentración errónea si la interferencia no se elimina. (10,37).

El atomizador debe ser hecho de materiales resistentes a la corrosión, que sobreviva 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 solo un fino "spray" llega a la flama (10).

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 (37).

El monocromador se usa solo 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 expandir 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 el cual indica la más baja concentración del elemento que puede ser medida.

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 (37).

CUADRO #1

Concentración de algunos minerales en una muestra de
suelo

Mineral	Litosfera mg/kg	Contenido-suelo.....
.Fe	50000	7000-55000
.Mn	1000	200-5000
.Cr	200	5-3000
.V	150	20-25
.Ni	100	10-20
.Zn	80	10-300
.Cu	70	2-100
.Co	40	1-5
.Mo	2	-----
.As	6	-----
.Cd	0.06	-----
.Pb	10	-----
.Hg	0.3	-----
.Sn	10	-----

CUADRO # 2
 Concentración de plomo en hígados de pollo en el Distrito
 Federal

Delegación	Concentración promedio de plomo $\mu\text{g/g}$ por Delegación
Alvaro Obregón	6.38
Milpa Alta	6.41
Tláhuac	8.61
Xochimilco	10.88
Promedio General en las cuatro Delegaciones	8.068 $\mu\text{g/g}$
Valor mínimo	3.97 $\mu\text{g/g}$
Valor máximo	19.39

μg microgramos

g gramos

CUADRO # 3
 Concentración de arsénico en hígados de pollo en la Ciudad de México

Delegación	Concentración promedio de As $\mu\text{g/g}$ por Delegación
Azcapotzalco	6.598
Benito Juárez	1.619
Coyoacán	0.263
Cuahutémoc	0.046
Cuajimalpa	2.546
Gustavo A Madero	0.093
Iztapalapa	3.73
Magdalena Contreras	2.667
Milpa Alta	1.926
Miguel Hidalgo	0.009
Tláhuac	2.5
Tlalpan	4.274
Venustiano Carranza	0.043
Xochimilco	1.694
Promedio General	2.004
Valor mínimo	0.007
Valor máximo	9.587
Las dos restante Delegaciones tuvieron valores menores a	0.005

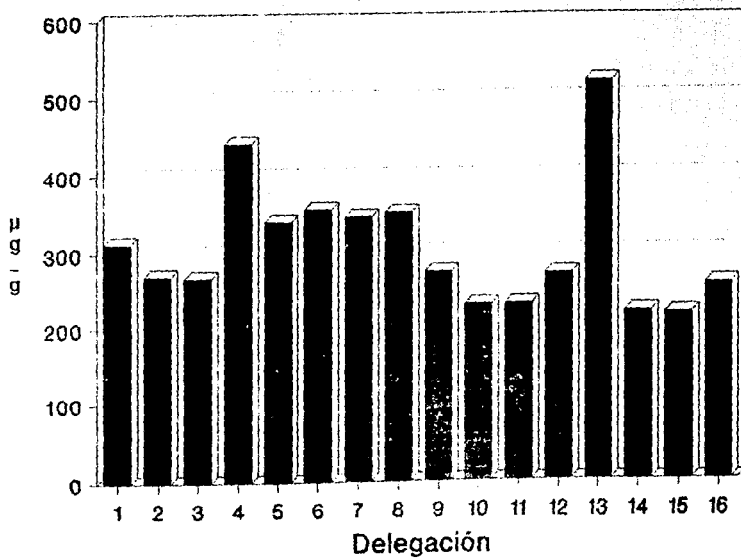
μg microgramos
 g gramos
 As arsénico

DELEGACIONES

Xochimilco.....	1
Tláhuac.....	2
Milpa Alta.....	3
Iztapalapa.....	4
Benito Juárez.....	5
Iztacalco.....	6
Coyoacán.....	7
Tlalpan.....	8
Cuajimalpa.....	9
Cuahutémoc.....	10
Alvaro Obregón.....	11
Miguel Hidalgo.....	12
Azcapotzalco.....	13
Venustiano Carranza.....	14
Gustavo A Madero.....	15
Magdalena Contreras.....	16

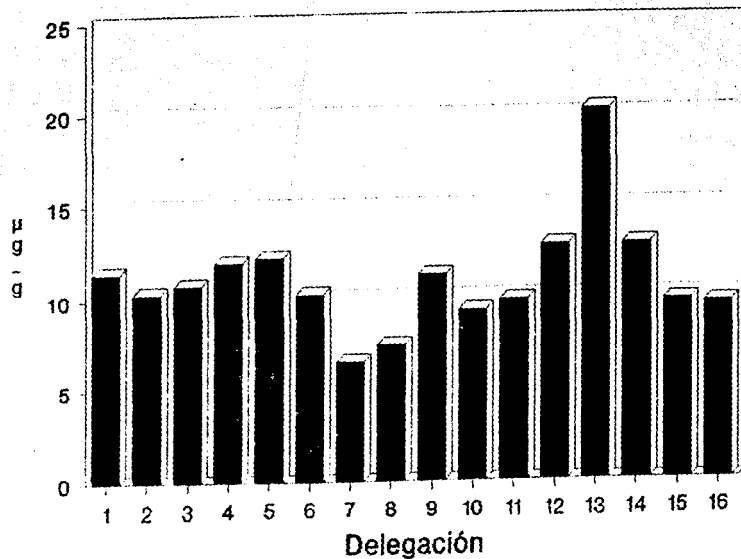
El orden que guardan las Delegaciones que aparecen en las figuras, corresponden a la lista que aquí se muestra, a excepción de la figura 4, en donde el orden de las Delegaciones corresponde al cuadro número 2 (favor de remitirse a éste para ubicar a dichas Delegaciones y sus concentraciones).

FIGURA 1



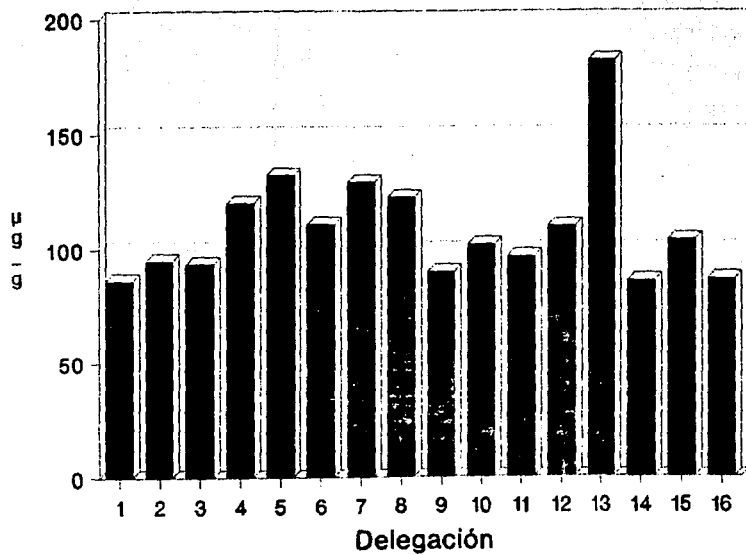
Concentración de Fe

FIGURA 2



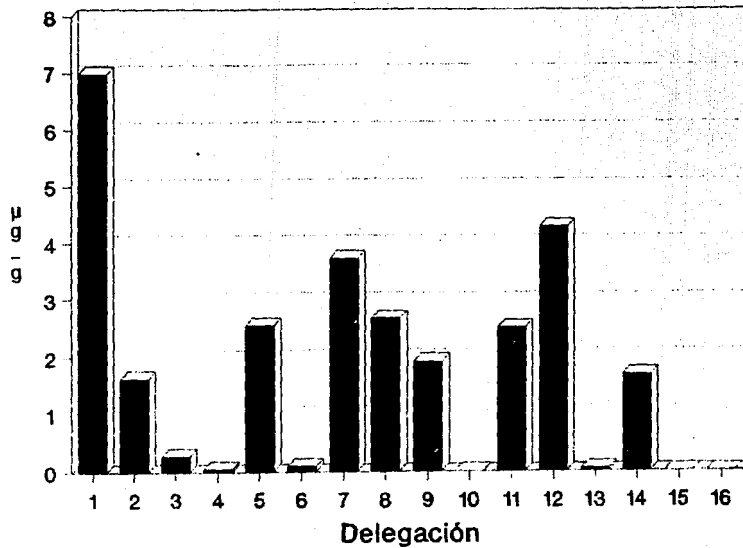
Cocentración de Cu

FIGURA 3



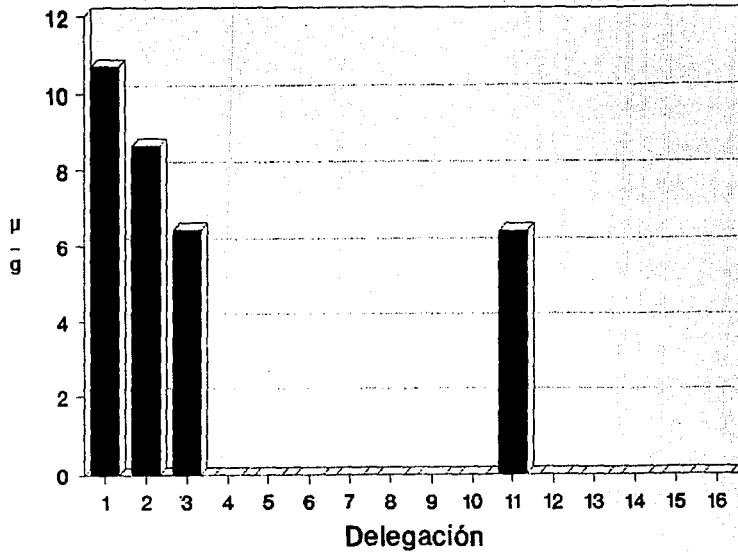
Cocentración de Zn

FIGURA 4



Concentración de As

FIGURA 5



Concentración de Pb

77